

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE

DOTTORATO DI RICERCA IN TRASPORTI, TRAFFICO E AMBIENTE

XII CICLO

**GLI INDICATORI PER UNA COMUNITA'
SOSTENIBILE: UN SISTEMA DI VALUTAZIONE E
CONTROLLO PER IL SETTORE TRASPORTI**

Dottoranda:

Elisabetta CESCHIA

Coordinatore:

Chiar.mo Prof. Giacomo BORRUSO

Università degli Studi di Trieste

Tutore:

Chiar.mo Prof. Sergio CARACOGlia

Università degli Studi di Trieste

Anno Accademico 1999-2000

Al mio piccolo figlio Emanuele

INDICE

INDICE.....	I
INTRODUZIONE.....	III
1. IL CONCETTO DI SOSTENIBILITÀ.....	1
1.1. INTRODUZIONE.....	1
1.2. CHE COS'È LA SOSTENIBILITÀ.....	3
1.3. LE BASI SCIENTIFICHE DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE.....	5
1.4. INTERAZIONI TRA TRASPORTI E AMBIENTE.....	11
1.5. PER UNA MOBILITÀ SOSTENIBILE.....	15
1.5.1. Introduzione.....	15
1.5.1. Obiettivi generali.....	17
1.5.3. Situazione della mobilità stradale in Italia.....	19
1.5.4. Il Nuovo Piano Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile: gli obiettivi prioritari	23
2. IL SISTEMA DEGLI INDICATORI.....	30
2.1. LA CONTABILITÀ AMBIENTALE.....	30
2.2. CARATTERISTICHE GENERALI DEGLI INDICATORI.....	36
2.3. GLI INDICATORI DI SOSTENIBILITÀ.....	39
2.4. IL MODELLO PRESSIONE STATO RISPOSTA (PSR).....	46
2.5. IL MODELLO DETERMINANTI PRESSIONE STATO IMPATTI RISPOSTE (DPSIR).....	50
2.5.1. Applicazione dello schema DPSIR ai trasporti.....	52
2.6. COSTRUZIONE DEGLI INDICATORI.....	55
2.6.1. Il core set di indicatori per i fondi strutturali.....	56
2.7. CRITERI DI SCELTA DEGLI INDICATORI PER UNA COMUNITÀ.....	59
2.7.1. Selezione degli indicatori per i trasporti.....	62
3. INDICATORI VS. INDICI DI SOSTENIBILITÀ.....	66
3.1. INTRODUZIONE.....	66
3.2. IL SISTEMA EUROPEO DI INDICATORI E DI INDICI DI PRESSIONE AMBIENTALE.....	67
3.2.1. Identificazione degli indicatori nel progetto TEPI.....	67
3.2.2. La qualità dei dati.....	68
3.2.3. La scelta dei primi 60 indicatori TEPI.....	69
3.2.4. Criteri di selezione degli indicatori.....	71
3.2.5. I principi di aggregazione adottati.....	74
3.3. PRINCIPALI PROPRIETÀ E FUNZIONI DEGLI INDICATORI NELLO SCHEMA DPSIR.....	78
3.4. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI CAMPI DI AZIONE DEL SETTORE TRASPORTI.....	79

3.4.1.	<i>Inquinamento atmosferico, cambiamento del clima, riduzione dello strato di ozono: emissioni da traffico veicolare.....</i>	79
3.4.2.	<i>Perdita di biodiversità.....</i>	80
3.4.3.	<i>Rifiuti.....</i>	80
3.4.4.	<i>Ambiente marino e zone costiere.....</i>	80
3.4.5	<i>Inquinamento dell'acqua e risorse d'acqua.....</i>	80
3.4.6	<i>Riduzione delle risorse.....</i>	80
3.4.7	<i>Dispersione di sostanze tossiche.....</i>	81
3.4.8	<i>Problemi dell'ambiente urbano.....</i>	81
3.5	IDENTIFICAZIONE DEGLI INDICATORI IMPORTANTI PER IL SETTORE TRASPORTI...82	
3.5.1.	<i>Gli indicatori del progetto TEPI.....</i>	82
3.5.2.	<i>Insieme degli indicatori suddivisi per campo di intervento.....</i>	84
3.6	PROGETTO TERM (TRANSPORT AND ENVIRONMENT REPORTING).....88	
3.6.1.	<i>Introduzione.....</i>	88
3.7.	IL SISTEMA DI INDICATORI DELL'OECD PER I TRASPORTI.....97	
3.7.1.	<i>Introduzione.....</i>	97
3.7.2.	<i>Indicatori proposti.....</i>	97
3.7.3	<i>Criteri di selezione e valutazione.....</i>	97
3.8	GLI INDICATORI PER UNA COMUNITÀ SOSTENIBILE SECONDO HART.....100	
3.8.1.	<i>Indicatori proposti per i trasporti.....</i>	100
3.8.2.	<i>Valutazione dei ranghi.....</i>	100
3.9	ALCUNI ESEMPI SIGNIFICATIVI DI INDICATORI DI MOBILITA' E TRASPORTI DI ALCUNE SITUAZIONI ITALIANE.....102	
4. PROPOSTE DI UN SISTEMA DI VALUTAZIONE E CONTROLLO DELLE RISPOSTE PER LA SOSTENIBILITÀ DEL SETTORE TRASPORTI.....		106
4.1	INTRODUZIONE.....	106
4.2	IL MODELLO.....	108
4.3	I DATI.....	110
4.4.	CALCOLO DEL MODELLO.....	135
4.5	RISULTATI E CONCLUSIONI.....	140
BIBLIOGRAFIA.....		146

INTRODUZIONE

Questo lavoro nasce dalla consapevolezza, ormai radicata nella comunità, dell'importanza di una maggiore compatibilità ambientale dei trasporti e dal desiderio di dare un contributo scientifico sia all'approfondimento della conoscenza delle problematiche generali del comparto, già fortemente dibattute al livello internazionale e nazionale, sia all'applicazione di nuove tecniche di analisi finalizzate a sostenere le risposte delle comunità.

Invero, il sistema dei trasporti ha avuto e continua ad avere un ruolo prioritario nello sviluppo delle moderne società industriali, per quanto concerne il livello di benessere raggiunto sia in termini economici che di ampliamento delle potenzialità individuali di mobilità.

D'altra parte, alle attività dei trasporti sono legate esternalità negative e problemi strutturali molto rilevanti. Infatti, per l'Italia in particolare, al settore trasporti è imputabile circa un terzo dei consumi finali di energia e di emissioni di gas serra. I trasporti in generale sono la maggior fonte di inquinamento atmosferico ed acustico delle città e la causa di impatti negativi sul territorio, tra cui l'occupazione e la parcellizzazione del territorio, nonché il danneggiamento o distruzione del patrimonio storico-architettonico. Inoltre, essi rappresentano la prima causa di incidentalità.

Pertanto, la tendenza in atto del continuo aumento del traffico sia di passeggeri che di merci ha imposto recentemente anche per il settore trasporti la necessità di una pianificazione della mobilità, in modo che possa divenire compatibile con le esigenze sempre più impellenti di uno sviluppo sostenibile della Terra.

In tale contesto, la parte preliminare della *Tesi* è stata spesa per illustrare le fasi storiche essenziali dell'evoluzione del concetto di sostenibilità, a partire dal famoso Rapporto Brundtland (1987), dove per la prima volta venne introdotto il principio di equità e giustizia intergenerazionale.

Dopo un'analisi dettagliata dello sviluppo del concetto di sostenibilità e delle sue molteplici sfaccettature, le conclusioni del primo capitolo portano a considerare, come riferimento per il sistema proposto di indicatori del settore trasporti, il cosiddetto modello del Prisma della sostenibilità. Tale modello comprende accanto alle tre classiche dimensioni (ambientale, economica e sociale) una quarta (denominata istituzionale) che rappresenta le regole che governano una comunità.

La recente relazione dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA), sull'ambiente nell'Unione Europea alle soglie del 2000, individua nel trasporto il settore che

rischia di pregiudicare maggiormente il raggiungimento degli obiettivi di politica ambientale dell'Unione Europea.

In Italia, in particolare, la frammentazione delle competenze amministrative ed istituzionali ha particolarmente favorito una scarsa incisività della pianificazione dei trasporti sia a livello nazionale che a livello locale. Questo stato di cose ha avuto ripercussioni sia sull'efficienza economica ed ambientale sia sull'efficacia funzionale del sistema, con quanto ne consegue in termini di *deficit* economico e finanziario, di impatti energetico-ambientali, di qualità dell'offerta (in particolar modo dei servizi).

Nel Capitolo 2 vengono illustrate le molteplici difficoltà incontrate per raccordare le esigenze contrapposte delle differenti componenti in gioco, tipicamente quella ambientale e quella economica. L'obiettivo di raccordare tali dimensioni si scontra con molte difficoltà, di cui alcune sono dovute all'insufficienza delle informazioni disponibili e alla loro disorganizzazione, altre sono legate alle incertezze nella valutazione del patrimonio naturale e ai sistemi di valori che definiscono la qualità della vita. In conclusione, tale obiettivo può essere raggiunto solo gradualmente, attraverso la costruzione di un *insieme efficace di indicatori* (possibilmente quantitativi e sintetici) correlabili da una parte alle politiche ambientali e sociali e dall'altra ai settori di attività che determinano la pressione sull'ambiente.

Al fine di definire le proprietà di un indicatore ideale, dopo aver discusso le caratteristiche generali degli indicatori, viene messa in luce l'importanza degli indicatori di sostenibilità a fronte di quelli tradizionali. Infatti, ignorando i legami tra i diversi settori, gli indicatori tradizionali danno l'impressione che l'economia, l'ambiente e la società siano separati ed indipendenti l'uno dall'altro. La sostenibilità, invece, implica una visione integrata del mondo e richiede indicatori multidimensionali che mostrino le relazioni tra l'economia, l'ambiente e la società.

Per effettuare la scelta degli indicatori utilizzati nel *modello di valutazione* presentato, sono state analizzate varie proposte di sistemi di indicatori individuate dai principali Enti di ricerca del settore, e più in dettaglio sono stati considerati il modello *Pressure-State-Response (PSR)* dell'OECD e *quello Driving forces-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR)* dell'EEA, in quanto più adatti a rappresentare in uno schema sistemico la realtà di una comunità sostenibile. Il modello di valutazione è basato sulla struttura di relazioni causali che legano tra di loro le categorie logiche che intervengono nello schema DPSIR.

In questo contesto di analisi, nel capitolo finale viene proposta un'architettura generale di un sistema di valutazione e controllo dei provvedimenti di intervento per la sostenibilità del settore trasporti basato sull'uso della tecnica delle reti neurali artificiali (RNA). Tale proposta rappresenta una potenzialità di analisi complessiva per la valutazione dell'efficacia ambientale delle politiche di settore avvalendosi di una tecnica operativa moderna non ancora collaudata per tali finalità. Per sviluppare modelli del genere con la tecnica delle RNA, al di là dell'impostazione e risoluzione pratica del problema, permangono ulteriori difficoltà operative, tra cui principalmente la scarsa disponibilità ed affidabilità dei dati (per quanto concerne in particolare alcuni importanti indicatori), la scelta del tipo di indicatore (se tradizionale o di sostenibilità, se determinante, di pressione, di stato, ecc.), la determinazione dell'orizzonte temporale di utilizzo dell'indicatore, il monitoraggio degli interventi.

Il risultato attuale comprende la risoluzione pratica di un primo approccio del modello generale, col quale è stato possibile determinare il trend futuro dei determinanti di consumo energetico pro capite e per unità di GDP, sulla base di un opportuno insieme di indicatori chiave (*di tipo determinanti e risposte*) scelto tra quelli individuati attualmente al livello dell'Unione Europea. Sono stati utilizzati dati effettivi tratti dal database TERM, dal compendio statistico dell'EEA, e dai principali rapporti tecnici dell'OECD. In conclusione, è stato così possibile costruire alcuni scenari di previsione dei consumi energetici, finalizzati a stabilire l'entità delle azioni politiche più efficaci e le loro priorità di attuazione, in modo da poter calibrare gli interventi di riduzione delle emissioni di gas serra, e poterne stimare i *target* di sostenibilità.

1. IL CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

1.1 Introduzione

Il concetto di sostenibilità¹ proviene essenzialmente dalla letteratura scientifica e naturalistica, e ha il significato che intuitivamente ciascuno di noi potrebbe suggerire. Si definisce, infatti, sostenibile la gestione di una risorsa se, nota la sua capacità di riproduzione, non si eccede nel suo sfruttamento oltre una determinata soglia.² In questo senso, gestione sostenibile significa, per esempio, utilizzare il mare per pescare rispettando il ciclo naturale di riproduzione dei pesci e assicurando quindi la possibilità di continuare a pescare. Al contrario, quando l'uso di una risorsa supera la soglia di sopportabilità, si va incontro ad importanti diminuzioni della risorsa stessa, spesso con danno non solo economico per la comunità, ma con profonde implicazioni per l'ambiente e la vita sociale. Se l'ambiente sostiene le attività, è evidente che esso ha valore, per cui l'idea di valore, non solo strumentale ma anche di non uso delle risorse, assume forte rilevanza, per cui (già nella più elementare concezione sistemica) emerge con chiarezza la necessità di considerare con particolare attenzione accanto alla componente economica, quella ambientale e sociale.

La sostenibilità³ implica l'idea di mantenimento/conservazione nel lungo periodo delle condizioni esistenti e di capacità di garantire un supporto e un sostentamento alle future generazioni, senza produrre degrado. Lo sviluppo, invece, coinvolge cambiamento e trasformazione dello status quo, con alterazioni e modifiche, e quindi instabilità, oscillazioni e turbolenze del sistema.

Lo sviluppo sostenibile adombra una sintesi possibile del conflitto ambientale. Si tratta di un sistema con diversi ingressi, in cui categorie differenti e conflittuali, come sostenibilità e sviluppo, danno vita ad un'unione complessa, per altro contraddittoria, ma certamente ricca di spunti

¹Lanza A. (1997), *Lo sviluppo sostenibile*, il Mulino.

²Con stretto riferimento al termine, Macchi (1995) osserva che "il significato del verbo inglese *to sustain* fa riferimento sia alla nozione di peso (*to support*) che a quella di tempo (*keep going continuously*) ... Anche se l'accezione temporale sussiste nel verbo italiano *sostenere*, tuttavia nella nostra lingua prevale sicuramente il significato associato alla nozione di peso. La traduzione ormai adottata in Italia per *sustainable development*, ossia *sviluppo sostenibile*, rischia quindi di mettere in ombra la valenza temporale propria del termine originale. Di fronte a un problema analogo i francesi hanno preferito evitare l'uso del verbo *soutenir* optando per una traduzione decisamente sbilanciata sul versante temporale (*développement durable*).

³Fusco Girard L. e Nijkamp P. (1997), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, FrancoAngeli.

e suggestioni. In generale, il tema della sostenibilità è riferito alle risorse naturali rinnovabili, quelle cioè che hanno capacità di riprodursi o rinnovarsi: la pesca e gli alberi sono, ad esempio, risorse rinnovabili. Le risorse che non hanno questa caratteristica, come ad esempio le risorse minerarie, sono invece definite esauribili. Per le risorse esauribili, più che di sostenibilità, si può parlare di ottimizzare i tempi e le condizioni dello sfruttamento della risorsa. Va però osservato che, come alcuni sottolineano, nel caso delle risorse esauribili può esistere una relazione fra lo sfruttamento della risorsa e la ricerca di nuove fonti.

Estendere i concetti relativi alla sostenibilità, da singole risorse naturali all'intero sistema economico, è stato un passaggio cruciale e non privo di contraddizioni. In particolare, quando ci si riferisce all'intero sistema, si applicano indistintamente anche a risorse esauribili, concetti nati per spiegare dinamiche relative alle risorse rinnovabili. Inoltre, il tentativo di spiegare i problemi posti dalle risorse, ricorrendo a strette analogie con la scienza, finisce per far perdere di vista la dimensione sociale. Secondo alcuni, ad esempio, l'intero sistema del pianeta può essere interpretato come una realtà fisica da gestire secondo criteri di sostenibilità. Altri si spingono fino ad affermare che l'intero pianeta sia un unico organismo vivente, anzi un superorganismo, dotato di capacità di autoregolamentazione.

Il diagramma a triangolo equilatero (**figura 1**) rappresenta efficacemente la nozione di sviluppo sostenibile.⁴ Esso evidenzia i diversi approcci, da quello dell'economista interessato alla crescita, a quello dell'ambientalista interessato alla tutela, a quello del sociologo interessato all'equità. Promuovere lo sviluppo sostenibile equivale a ricercare l'equilibrio tra queste tre differenti componenti/dimensioni. Si tratta di un equilibrio dinamico, che varia sotto l'azione delle pressioni dovute al cambiamento, di cui si fanno portatori i molteplici e diversi soggetti (pubblici, sociali, privati) e che rimette continuamente in discussione le priorità tra i tre obiettivi fondamentali.⁵

⁴Giaoutzi M. e Nijkamp P. (1993), *Decision Support Models for Sustainable Development*, Aldershot, Avebury.

⁵Tiezzi E., a cura di (1995), *Ecologia e*, Laterza, Bari.

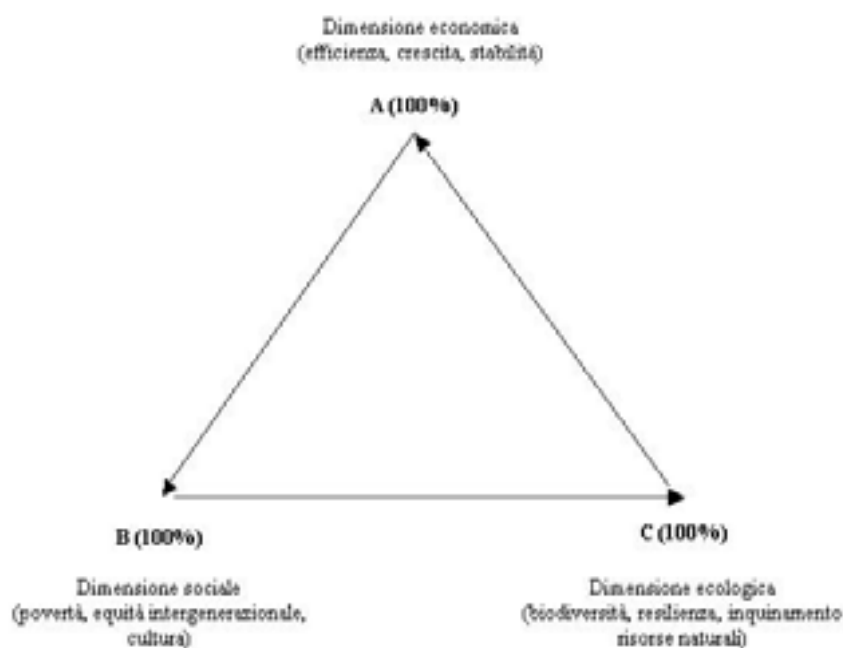


Fig. 1 - La rappresentazione grafica della nozione di sviluppo sostenibile

1.2 Che cos'è la sostenibilità

Anche se il concetto di sostenibilità è entrato ormai a pieno diritto nel lessico familiare della produzione di piani e programmi territoriali e di settore, e costituisce il tema principale del Quinto programma d'azione ambientale dell'Unione Europea, esso è tuttora poco conosciuto nelle sue definizioni più formalizzate.⁶ Nel famoso Rapporto Brundtland (1987), elaborato dalla Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo presieduta dalla signora Brundtland (diventata poi primo ministro della Norvegia), è stata data per la prima volta una definizione di Sviluppo Sostenibile ed introdotto il principio di equità intergenerazionale.⁷ Questo

⁶Donati A., Rambelli L. e Zambrini M., a cura di (1998), *Ambiente e politica dei trasporti*, ed. Ambiente.

⁷Osserviamo che nella definizione di sviluppo sostenibile sono implicitamente contenute due tipologie di equità sociale:

- equità infragenerazionale (tanto a livello locale che internazionale) che implica parità di accesso alle risorse (siano queste ambientali o meno), da parte degli attuali cittadini del pianeta, senza distinzioni rispetto al luogo/paese in cui vivono;
- equità intergenerazionale, che significa invece pari opportunità fra successive generazioni.

Va inoltre ricordato come alcuni autori abbiano sottolineato con forza la necessità di una sostenibilità anche culturale: in altre parole, il processo di modernizzazione che caratterizza

documento, altrimenti noto come *Our Common Future*, continua ad avere un importante ruolo di stimolo e discussione.

"Uno sviluppo sostenibile esige che siano soddisfatti i bisogni primari di tutti e che sia estesa a tutti la possibilità di dare realtà alle proprie aspirazioni per una vita migliore (. . .). *Uno sviluppo sostenibile deve perlomeno non apportare danni ai sistemi naturali che costituiscono la base della vita sulla Terra, vale a dire l'atmosfera, le acque, il suolo e gli esseri viventi. Non esistono precisi limiti alla crescita in termini di popolazione o di uso delle risorse, superati i quali si abbia il disastro ecologico. Per il consumo di energia, materie prime, acqua e terra valgono limiti differenti; molti di essi si manifestano in forma di costi crescenti e profitti calanti, anziché in forma di un'improvvisa scomparsa di una base di risorse. L'accumulo di conoscenze e lo sviluppo della tecnologia possono incrementare la capacità di conservare tale base; ma esistono pur sempre limiti ultimi, e la sostenibilità esige che, assai prima che li si raggiunga, il mondo assicuri equo accesso alle risorse limitate e riorienti gli sforzi tecnologici allo scopo di alleggerire le pressioni sull'ambiente (. . .). In sostanza, lo sviluppo sostenibile è un processo di cambiamento nel quale lo sfruttamento delle risorse, l'andamento degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i mutamenti istituzionali sono in reciproca armonia e incrementano il potenziale attuale e futuro di soddisfazione dei bisogni e delle aspirazioni umane*".⁸

La definizione di sviluppo sostenibile elaborata nell'ambito del rapporto Brundtland assume dunque la necessità di *assicurare il soddisfacimento dei bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni* introducendo problemi di equità e giustizia non solo *intra* ma anche *inter*-generazionali. Pertanto, da una parte anche l'ambiente (come disponibilità dei beni ambientali) rientra in una concezione di bisogno pubblicamente rilevante, e nello stesso tempo la cittadinanza etica viene estesa anche alle generazioni future. Tali fattori del problema possono tuttavia entrare in conflitto dato che talora il perseguimento dell'equità nelle generazioni può ostacolare quello tra le generazioni stesse (e viceversa).

Comunque l'idea di sviluppo implica chiaramente che sia necessario passare da una condizione quantitativa della crescita (indifferente ai limiti ambientali) ad un'ipotesi qualitativa dello sviluppo. Con riferimento all'uso delle risorse ambientali, la condizione di sostenibilità è dunque verificata quando:

un paese deve cercare di trovare le forze del cambiamento all'interno di una continuità culturale.

⁸*Il futuro di noi tutti*, Rapporto della Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo(1988), Ed. it. Bompiani.

- il tasso di utilizzazione delle risorse rinnovabili non sia superiore al loro tasso di rigenerazione;
- l'immissione di sostanze inquinanti e di scorie nell'ambiente non superi la capacità di carico dell'ambiente stesso;
- lo *stock* di risorse non rinnovabili resti costante nel tempo.

Da tale definizione derivano alcune considerazioni di carattere generale circa la sostenibilità dell'attuale modello di sviluppo:

- il nostro modello di sviluppo, pur essendo intervenute negli ultimi decenni diverse politiche di controllo della pressione sull'ambiente, e pur essendo maturate numerose tecnologie che hanno consentito di conseguire (in alcuni settori) consistenti riduzioni dell'inquinamento, non rappresenta tuttora un modello di sviluppo sostenibile, né per quanto concerne il tasso di utilizzazione delle risorse rinnovabili e non rinnovabili, né per quanto concerne la limitazione delle immissioni al di sotto della capacità di carico dell'ambiente;⁹
- a maggior ragione, la mobilità e il sistema dei trasporti non possono essere considerati sostenibili, e ciò sia per la ovvia difficoltà a impostare un sistema di trasporti sostenibile nell'ambito di un'economia che non è sostenibile, sia per i tassi di incremento che tuttora caratterizzano la mobilità italiana (nonché quella europea), i suoi consumi di energia, le sue emissioni di gas di serra, ed infine i costi esterni da essa determinati sia direttamente che indirettamente.

1.3 Le basi scientifiche dello sviluppo sostenibile

L'elemento fondamentale per garantire la sostenibilità è la conservazione del "capitale complessivo di una comunità", cioè comprendente il capitale manufatto, naturale, umano e sociale.

A tale proposito il noto economista *Herman Daly* scrive:¹⁰

⁹E' opportuno ricordare che le ipotesi che stanno alla base dei vari approcci si fondano sul concetto di capitale naturale critico e di capacità di carico. Per capitale naturale critico si intende il livello minimo necessario alla riproducibilità biologica dell'ecosistema. Per capacità di carico si intende invece la quantità di inquinamento (in senso lato) e di rifiuti che il pianeta è in grado di sopportare. I due concetti sono ovviamente legati, nel senso che quando un sistema oltrepassa la propria capacità di carico, scende oltre il limite del capitale naturale critico. Queste nozioni sono comuni e accettate dai sostenitori dei vari approcci che si distinguono per ritenere molto lontano (Smd) o, al contrario, molto vicino (Smf) il raggiungimento della soglia del capitale naturale critico. Sulla base di queste ipotesi si ritiene, o meno, ancora possibile la sostituzione, per esempio, di capitale fisico (strade, ferrovie, aeroporti) con capitale naturale.

¹⁰Herman E. Daly and J. J. Cobb (1994), *For the Common Good*, 2nd Ed. Beacon Press, Boston.

"Per la gestione delle risorse ci sono due ovvi principi di sviluppo sostenibile. Il primo è che la velocità del prelievo dovrebbe essere pari alla velocità di rigenerazione (rendimento sostenibile). Il secondo, che la velocità di produzione dei rifiuti dovrebbe essere uguale alle capacità naturali di assorbimento da parte degli ecosistemi, in cui i rifiuti vengono emessi. Le capacità di rigenerazione e di assorbimento debbono essere trattate come capitale naturale, e il fallimento, nel mantenere queste capacità, deve essere considerato come consumo del capitale e perciò non sostenibile."

Le diverse teorie sullo sviluppo sostenibile spaziano da una sostenibilità *molto debole* (caratterizzata da un accentuato tecnocentrismo) ad una *molto forte* (tipicamente ecocentrica) a seconda dei livelli di sostituibilità di una forma di capitale con un'altra.

A tale proposito, lo stesso *Daly* abbandonando le certezze dell'economia classica e il determinismo della "mano invisibile del mercato", così affronta il tema della complessità ecologica:

"Ci sono due modi di mantenere il capitale totale intatto. La somma del capitale naturale e di quello prodotto dall'uomo può essere tenuta ad un valore costante; oppure ciascuna componente può essere tenuta singolarmente costante. La prima strada è ragionevole qualora si pensi che i due tipi di capitale siano sostituibili l'uno all'altro. In quest'ottica è completamente accettabile il prelievo del capitale naturale finché l'uomo è in grado di produrre un capitale di valore equivalente. Il secondo punto di vista è ragionevole qualora si pensi che il capitale naturale e quello prodotto dall'uomo siano complementari. Ambedue le parti devono quindi essere mantenute intatte (separatamente o congiuntamente ma con proporzioni fissate) perché la produttività dell'una dipende dalla disponibilità dell'altra. La prima strada è detta della *sostenibilità debole*, la seconda è quella della *sostenibilità forte*. Il capitale naturale e quello prodotto dall'uomo sono fondamentalmente complementari e, solo in misura marginale, si possono considerare intercambiabili. Quindi è la sostenibilità forte il concetto rilevante, anche se la sostenibilità debole è un utile primo passo avanti. Il flusso di risorse naturali e lo stock di capitale naturale che lo genera sono la causa materiale della produzione; lo stock di capitale che trasforma gli input di materia grezza in prodotti è la causa efficiente della produzione. Non si può sostituire una causa efficiente con una causa materiale: non si può costruire la stessa casa di legno con metà legname, non importa quante seghe o martelli si pensa di sostituire. Alcuni preconcetti non ci permettono di vedere l'evidenza: in particolare che la pesca è limitata dalla popolazione dei pesci nel mare e non dal numero di pescherecci; che il legname è limitato da ciò che rimane delle foreste e non dal numero delle segherie. Più segherie o più pescherecci non danno come risultato maggior legname o più

pesce pescato. A tal fine c'è bisogno di più foreste o di un maggior numero di pesci nel mare. Il capitale naturale e il capitale prodotto sono complementari; e il capitale naturale è divenuto il fattore limitante. Più capitale viene prodotto, lungi dal sostituire quello naturale, aumenta la domanda di quest'ultimo in maniera complementare, facendolo diminuire per supportare temporaneamente il valore del capitale prodotto e rendendolo, in tal modo, ancora più limitante per il futuro."

Oggi si sta vivendo la transizione da un'economia da mondo vuoto ad un'economia da mondo pieno: in questa seconda fase l'unica strada di sostenibilità passa dall'investire nella risorsa più scarsa, nel fattore limitante.¹¹ Sviluppo sostenibile significa quindi investire nel capitale naturale e nella ricerca scientifica sui cicli biogeochimici globali che sono la base stessa della sostenibilità della biosfera. Infatti secondo Daly se si accetta il fatto che il capitale naturale e quello prodotto dall'uomo sono complementari e non possono sostituirsi l'uno all'altro, cosa ne consegue? Ne consegue che se i fattori sono complementari allora quello in minore quantità sarà un fattore limitante. Se i due fattori sono intercambiabili allora nessuno dei due può essere un fattore limitante perché la produttività dell'uno non dipende dalla disponibilità dell'altro. L'idea, secondo cui o il capitale naturale o quello prodotto possano essere dei fattori limitanti, non può emergere, finché si continua a pensare che i due fattori si possano sostituire a vicenda. Solo quando uno si rende conto che essi sono complementari, nasce spontanea la domanda su quale dei due sia il fattore limitante, cioè quale sia quello disponibile in minor misura.

Il precedente ragionamento implica la tesi che:

Il Mondo sta passando da un'era in cui il fattore limitante era il capitale prodotto dall'uomo ad un'era in cui il fattore limitante è quello che rimane del capitale naturale. "Oggi, scrive Daly, la quantità di petrolio greggio estratta è limitata dalla disponibilità di petrolio nei pozzi (...), non dalla capacità di estrazione; la produzione agricola è spesso limitata dalla disponibilità d'acqua, non dai trattori o dalle mietitrici. Siamo passati da un mondo relativamente ricco di capitale naturale e privo di capitale prodotto (e di uomini), ad un mondo che è, al contrario, povero di capitale naturale e ricco di capitale prodotto. In un processo produttivo, un flusso di materia e di energia di origine naturale è trasformato in un flusso di prodotti finali da parte di un certo numero di agenti di trasformazioni, ossia lavoro e capitale. Capitale e lavoro sono sostituibili l'uno all'altro fino a un certo grado, perché in un processo di produzione la loro funzione qualitativa è la stessa: sono infatti entrambi agenti di trasformazione del flusso di materia prima di

¹¹Tiezzi E., *Le basi scientifiche dello sviluppo sostenibile e il global change*, Atti del Convegno internazionale "Agenda XXI della Regione Liguria: Ambiente e Sviluppo Sostenibile", Genova, 13-15 ottobre 1999.

prodotti finiti. Ma i ruoli qualitativi di risorse e capitale sono totalmente differenti: la stessa differenza che c'è tra trasformatore e trasformato, tra stock e flusso."

Daly identifica, a tale proposito, tre approcci:

1. l'imperialismo economico, che si ha quando il sistema economico incorpora gli ecosistemi, mettendo i flussi di materiali e di energia sotto l'influenza regolatoria dei prezzi;
2. il riduzionismo ecologico, che si ha quando il sistema economico viene trattato come un sottosistema dell'ecosistema;
3. lo stato stazionario, che si ha quando i flussi di materiali e di energia tra l'economia e l'ambiente vengono limitati dalla sostenibilità.

Nella passata era di economia da mondo vuoto, il capitale umano era, come abbiamo visto, il fattore limitante. Noi ora stiamo entrando in un'era di economia da mondo pieno, in cui il capitale naturale sarà sempre più il fattore limitante. Lo sviluppo sostenibile richiede che il capitale naturale rinnovabile sia mantenuto intatto. Rimane la categoria delle risorse non rinnovabili che, strettamente parlando, non possono essere mantenute intatte a meno di non rinunciare al loro uso. E' tuttavia possibile sfruttare le risorse non rinnovabili in maniera *quasi sostenibile*, graduandone la velocità di sfruttamento in base a un corretto confronto con la velocità di creazione di sostituti rinnovabili. L'uso quasi sostenibile di risorse non rinnovabili richiede che ogni investimento nello sfruttamento di una risorsa non rinnovabile sia bilanciato da un investimento compensativo in un sostituto rinnovabile (per esempio, che l'estrazione del petrolio venga bilanciata dalla coltura di alberi che consentano di produrre alcool da legna). Fino ad oggi l'economia ha trattato, correttamente, il capitale prodotto dall'uomo (per esempio le macchine) usando le grandezze fisiche energia e materia nel rispetto dei principi di conservazione della fisica. L'economia ortodossa ha assunto *in toto* le idee della fisica classica e, con esse anche la reversibilità del tempo. Ma il capitale naturale¹² (ieri trascurabile, oggi fattore limitante e,

¹² Per capitale naturale si intende qualsiasi *stock* di materiale di origine naturale dal quale sia possibile ricavare un flusso di beni e servizi per il futuro. Solitamente si considerano tre categorie di capitale naturale: rinnovabile, ricostituibile e non rinnovabile. Il capitale naturale rinnovabile comprende le risorse naturali prodotte dalla natura che, una volta usate, in tempi umani essa è già in grado di riprodurre per nuovi impieghi produttivi o di consumo (ad es. acqua e relativo ciclo), nonché quelle prodotte dall'uomo (beni agro-forestali) attraverso i processi biologici naturali (fotosintesi clorofilliana). Il capitale naturale ricostituibile comprende le sorgenti idriche di superficie e sotterranee e la fascia di ozono situata nella stratosfera. A differenza di quello ricostituibile l'uso del capitale non rinnovabile (combustibili fossili e minerali, ecc.) costituisce un "prelievo netto" dall'ambiente che vi ritorna trasformato come rifiuti o scarti poco o per nulla recuperabili, per di più inquinandolo.

quindi, fondamentale) appartiene a un'altra categoria di sistemi che non possono essere interpretati classicamente, quello dei sistemi complessi in evoluzione temporale, lontano dall'equilibrio. È allora conseguente trattare il capitale naturale in termini non stazionari (caratterizzato da fenomeni di entropia con strutture dissipative e processi irreversibili, e finalmente dal caos dinamico), assumendo il ruolo costruttivo del tempo e della probabilità. Ciò equivale a sostituire (negli studi economici ed ecologici) i concetti della fisica classica con quelli della "fisica evolutiva".

SCHEDA 1

PERCORSI DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE

1972 - Per conto del Club di Roma viene pubblicato il **rapporto I Limiti allo sviluppo**. Con questo rapporto, a cura di Dennis e Donella Meadows, si ha l'avvio della riflessione intorno ai possibili equilibri per il futuro del pianeta con un approccio scientifico e modellistico. La principale questione sul tappeto è la crescita demografica e l'esaurimento delle risorse del pianeta.

1972 - Conferenza di Stoccolma sull'ambiente umano. La Conferenza, organizzata dalle Nazioni Unite, indirizza il dibattito sui modi in cui l'ambiente antropico, dagli insediamenti agli aspetti sociali, economici e fisici, viene realizzato. La Conferenza termina con una dichiarazione che si articola in sette punti e 26 principi in cui già si parla di benefici per le attuali, ma anche per le future generazioni; di mantenere intatta la capacità di carico della Terra; dei diritti dei Paesi in via di sviluppo, del problema dell'inquinamento, di pianificazione razionale come strumento essenziale per lo sviluppo, di importanza della ricerca scientifica nel settore dell'ambiente.

1974 - A seguito della Conferenza di Stoccolma **nasce l'UNEP**, il Programma ONU per l'Ambiente e lo Sviluppo.

1977 - Piano d'azione UNEP sullo strato d'ozono

1980 - Viene pubblicato il **rapporto Global 2000**, inviato al presidente Carter dove vengono disegnati gli scenari al 2000 per la popolazione, l'economia, la tecnologia, l'energia, l'acqua, le foreste e la disponibilità di risorse.

1985 - Convenzione di Vienna per la protezione dello strato di ozono.

1987 - Adozione del protocollo di Montreal, nel corso della Conferenza dell'UNEP, sulle sostanze che danneggiano lo strato di ozono. Firmano inizialmente 24 nazioni. Il protocollo sarà successivamente rivisto e migliorato e otterrà la ratifica di oltre 150 Paesi.

1987 - Pubblicazione del **Rapporto Our Common Future** di Gro Harlem Brundtland alla WCED (World Commission on Environment and Development), contenente la prima definizione storica di *Sviluppo sostenibile* ed il principio di equità intergenerazionale.

1989 (dicembre) - L'Assemblea Generale delle Nazioni Unite decide con la sua risoluzione 44/228, per il ventesimo anniversario della Conferenza di Stoccolma, di organizzare la Conferenza sull'Ambiente e lo Sviluppo a Rio de Janeiro.

1992 (9 maggio) - **Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici**. La convenzione entrerà in vigore nel 1994.

1992 (3-14 giugno) - **Conferenza Earth Summit di Rio de Janeiro** delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo sviluppo (UNCED). Partecipano oltre 100 capi di stato. Vengono enunciati i 27 principi di Rio e viene pubblicata l'**Agenda XXI**, il documento di circa 300 pagine con cui vengono date indicazioni su come raggiungere lo sviluppo sostenibile nel ventunesimo secolo. Vengono firmate le Convenzioni sul clima (UNFCCC), sulla biodiversità (UNCBD) ed enunciati i principi sulle foreste.

1992 (22 dicembre) - La 47^{esima} Sessione dell'assemblea Generale delle Nazioni Unite, con la risoluzione 47/191, istituisce la **Commissione Sviluppo Sostenibile (UN CSD)** per verificare l'attuazione dell'Agenda XXI.

1992 V° Programma di azione - Il V° Programma d'azione dell'Unione Europea a favore dell'ambiente, sottotitolato "per uno sviluppo durevole e sostenibile" rappresenta la contestualizzazione in sede comunitaria dei principi introdotti dalla Conferenza di Rio e, in particolare dall'Agenda XXI. I trasporti costituiscono uno dei cinque settori prioritari.

1993 (14-25 giugno) - Prima sessione della CSD presso il palazzo dell'ONU a New York.

1993 (Risoluzione di Bruxelles) - Le Regioni Europee rappresentate alla Conferenza di Bruxelles si sono accordate di incontrarsi ogni due anni per varare un regolare scambio di esperienze e lavorare verso comuni obiettivi influenzando la formulazione della politica e delle normative ambientali europee.

1993 - Il 28 dicembre in Italia il Cipe delibera il primo **Piano nazionale per lo Sviluppo sostenibile** "In attuazione dell'Agenda 21".

1994 (17 giugno) - A Parigi è approvata la Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la Desertificazione (UNCCD), la Convenzione entra in vigore il 26 dicembre 1996.

1994 - Ad Aalborg, organizzata dall'ICLEI e della Commissione Europea, viene tenuta la conferenza sulle città europee sostenibili e viene pubblicata la **Carta di Aalborg**. Firmata dalle oltre 300 autorità locali presenti, è il primo passo dell'attuazione dell'Agenda XXI locale: vengono definiti i principi base per uno sviluppo sostenibile delle città e gli indirizzi per i piani d'azione locali.

1994 (settembre) - Al Cairo viene tenuta la **Conferenza Internazionale sulla popolazione e lo sviluppo** organizzata dalle Nazioni Unite, partecipano oltre 2000 delegati. Parallelamente è organizzato il forum delle organizzazioni non governative.

1996 - **Conferenza di Lisbona delle Città Europee Sostenibili**, approvazione della *Carta di Lisbona*. E' un aggiornamento della carta di Aalborg in senso più applicativo; vengono promossi alcuni strumenti operativi (indicatori, gestione ambientale, VIA, EMAS, ecc.) e socio-politici (partecipazione, consenso, cooperazione).

1997 - (giugno) - Sessione speciale dell'assemblea generale dell'ONU (UNGASS), nota come *Rio+5* per esaminare lo stato di attuazione mondiale dell'Agenda 21.

1997 - Terza COP della UNFCCC: **Conferenza di Kyoto**, approvazione del protocollo di Kyoto che impegna i Paesi sviluppati a ridurre le emissioni di gas serra.

1997 - **Conferenza di Göteborg** (Svezia). Le Regioni Europee hanno sottoscritto la omonima Risoluzione che riguarda tre argomenti principali: l'attuazione e gli ulteriori sviluppi della legislazione ambientali della U.E., i processi dell'Agenda XXI regionale, il "greening" dei fondi strutturali.

1998 - Quarta COP sui Cambiamenti Climatici a Buenos Aires.

1998 - Sesta riunione della Commissione per lo Sviluppo Sostenibile, New York (USA).

1999 (16-18 giugno, Londra) - **Carta su Trasporto, Ambiente e Salute**, adottata dai Governi Europei nel corso della Terza conferenza ministeriale su Ambiente e Sanità. Contiene un piano di azione e gli obiettivi volti ad una maggiore integrazione dell'esigenza di tutelare la salute all'interno delle politiche di trasporto e della pianificazione del territorio.

1999 - Conferenza di Wexford (Irlanda). La quarta conferenza delle Regioni Europee in materia di ambiente, ha ribadito le conclusioni di Göteborg, sottolineando l'impegno per la protezione del clima, attraverso l'utilizzo di energie pulite, il risparmio energetico e interventi nel campo dei trasporti, della pianificazione territoriale e della forestazione.

2000 - Quinta COP, a Nairobi, Kenia, **Convenzione sulla diversità biologica**.

2000 - Ottava Commissione sullo Sviluppo Sostenibile, New York, USA.

2000 - 18-22 Giugno, **EcoSummit 2000**, Halifax, Canada. Si discutono le basi di soluzioni sostenibili ai problemi ambientali. I temi in discussione comprendono: Modellizzazioni integrate e valutazioni; Sistemi complessi, adattabili, gerarchici; Servizi ecosistemici; Scienza e interventi; Salute degli ecosistemi e salute umana; Qualità della vita e distribuzione del benessere e delle risorse.

1.4 Interazioni tra trasporti e ambiente

Il trasporto è uno dei settori economici che esercitano le maggiori pressioni sull'ambiente. L'Agenzia Europea dell'Ambiente, nella recente relazione *L'ambiente nell'Unione europea alle soglie del 2000*, individua nel trasporto il settore che rischia di pregiudicare maggiormente il raggiungimento degli obiettivi di politica ambientale dell'Unione Europea.

Il sistema dei trasporti continua ad avere un ruolo assolutamente prioritario nello sviluppo delle moderne società industriali, dipendendo da esso il livello di benessere raggiunto sia in termini economici che di godimento del tempo libero ed, in generale, di ampliamento delle potenzialità individuali di mobilità.

Alle attività dei trasporti, tuttavia sono legate esternalità negative e problemi strutturali sempre più rilevanti:

- ai trasporti è imputabile circa un terzo dei consumi finali di energia e di emissioni di gas serra; gli stessi sono in crescita sia in valore assoluto sia in percentuale (secondo alcune proiezioni, nel 2010 al settore trasporti sarà addebitabile circa il 40% dei consumi nazionali);
- i trasporti in Italia sono legati per la massima parte ai consumi di prodotti petroliferi e presentano, quindi, una flessibilità minima in termini di sostituzione di fonti energetiche ed una elevata vulnerabilità in termini di approvvigionamenti;

- i trasporti sono la maggior fonte di inquinamento atmosferico ed acustico nelle città e la causa di impatti negativi sul territorio per l'occupazione e la parcellizzazione del territorio stesso;
- i trasporti, inoltre, rappresentano la prima causa di incidentalità.¹³

Le tendenze in atto nel settore non lasciano intravedere soluzioni che non siano una decisa azione di indirizzo verso modelli di sviluppo diversi da quelli attuali. Infatti i traffici complessivi, sia di passeggeri che di merci, continuano ad aumentare e l'incremento di mobilità viene assorbito quasi completamente dalla modalità stradale. I motivi della crescita di mobilità sono da ricercarsi negli importanti cambiamenti sociali ed economici dell'ultimo decennio, mentre la crescita relativa del trasporto su strada è da attribuirsi, oltre che alle peculiarità proprie del trasporto stradale, ad una scarsa lungimiranza nella pianificazione di settore, che ha lasciato troppo spazio alla mobilità privata ed individuale e non ha sostenuto adeguatamente le modalità di trasporto collettivo.

In Italia, in particolare, la frammentazione delle competenze amministrative ed istituzionali¹⁴ ha particolarmente favorito una scarsa incisività della pianificazione dei trasporti sia a livello nazionale che a livello locale (regionale e comunale). Questo stato di cose ha avuto ripercussioni sia sull'efficienza economica ed ambientale sia sull'efficacia funzionale del sistema, con quanto ne consegue in termini di deficit economico e finanziario, di impatti energetico-ambientali, di qualità dell'offerta (in particolar modo dei servizi).

La convinzione della necessità di indirizzare radicalmente la politica dei trasporti verso una maggiore compatibilità ambientale non è ormai patrimonio solo di esperti o di particolari settori di opinione ma fa parte di un sentire comune e sempre più, specialmente nelle realtà urbane, i cittadini

¹³Ministero dell'Ambiente-ENEA (1999), Nuovo Piano Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile del Settore Trasporti.

¹⁴Le competenze in materia di trasporti, in Italia, sono alquanto frammentate: al Ministero dei Trasporti, attraverso la redazione del PGT, spetta il compito di fornire le linee di indirizzo dello sviluppo infrastrutturale e delle modalità di gestione del sistema nazionale dei trasporti; il Ministero dei Lavori Pubblici gestisce le risorse statali destinate alle infrastrutture (ad eccezione di quelle ferroviarie che sono state, fino ad oggi, appannaggio delle Ferrovie dello Stato) e, con questa delega, può indirizzare l'effettivo utilizzo dei capitali d'investimento; il Ministero dell'Ambiente, mediante l'Istituto della Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA), valuta e decide sulla compatibilità ambientale dei grandi progetti con potere di veto. Questo stato di cose, nel garantire la pluralità dei punti di vista e delle posizioni, contemporaneamente impone la necessità di un consenso allargato e duraturo, che abbia inizio dalla fase d'impostazione delle politiche e dei piani strategici e continui durante la lunga fase d'attuazione dei programmi operativi. Troppo spesso questo consenso è mancato oppure è decaduto, con il risultato di un rallentamento nelle procedure d'intervento sul sistema nazionale dei trasporti, che adesso risente di pesanti ritardi, con effetti negativi anche sul profilo energetico ed ambientale.

associano all'idea di traffico quella di inquinamento e di conseguenti danni alla salute. Gli impatti ambientali dei trasporti sono, per la massima parte, legati all'esercizio dei mezzi. Il movimento dei veicoli stradali, ferroviari, aerei e navali provoca, innanzitutto, consumo di risorse energetiche da fonti non rinnovabili.¹⁵

I processi di combustione dei carburanti utilizzati per muovere i mezzi di trasporto provocano l'emissione di sostanze (per lo più gassose) dannose agli equilibri chimico-fisici dell'atmosfera ed alla salute dell'uomo e degli animali (con particolare riferimento ai danni all'apparato cardio-circolatorio ed alla produzione di tumori di varia natura).¹⁶

Oltre a causare il consumo di risorse energetiche e l'emissione nell'atmosfera di sostanze inquinanti, il movimento dei veicoli produce rumore; in particolare il traffico stradale è il principale responsabile di livelli di rumore nelle aree urbane spesso dannosi alla salute. Secondo l'OMS (*Concerning for Europe's Tomorrow*, 1995) oltre il 97% della popolazione europea è esposta, a causa del traffico stradale, a rumori oltre i 55 dB(A), il 72% a livelli di rumore più alti di 65 dB(A), il 27% a livelli di rumore superiori a 75 dB(A). Al di sopra dei 55 dB(A) si registrano già effetti sul

¹⁵Secondo le stime del Ministero dei Trasporti, nel 1996, per le attività di trasporto (esclusi i bunkeraggi internazionali), sono stati consumati circa 18,1 Mtoe di benzine, 14,8 Mtoe di gasolio, 2,6 Mtoe di carboturbo, 1,7 Mtoe di GPL, 0,3 Mtoe di gas naturale, oltre a 0,7 Mtoe di energia elettrica prodotta, per lo più, da centrali termoelettriche (dati Conto Nazionale Trasporti, ed. 1998). I consumi per i trasporti sono in costante aumento, sia in valore assoluto (+54% dal 1980 al 1996 in termini di tonnellate equivalenti di petrolio - toe) sia come percentuale sui consumi nazionali complessivi; attualmente (1996) tale percentuale si attesta intorno al 32% mentre nel 1980 era circa il 25%. Fra i Paesi europei dell'OCSE, i consumi energetici per i trasporti in Italia (circa 40 Mtoe nel 1996) sono secondi solo a quelli della Germania (64 Mtoe), del Regno Unito (50 Mtoe), della Francia (47 Mtoe). Questi dati sono tratti da OECD, Environmental Directorate, Environment Policy Committee: Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies, October 1999.

¹⁶Secondo stime ENEA basate sui dati sperimentali CORINAIR e COPERTII, nel 1995 in Italia, dal settore dei trasporti (esclusi i bunkeraggi internazionali) provengono le seguenti emissioni percentuali:

- il 26% di quelle di anidride carbonica (i soli trasporti stradali hanno contribuito per un 24%), pari a circa 106 Mton
 - il 77% delle emissioni di monossido di carbonio (73% considerando il solo traffico su strada), pari a circa 6 Mton;
 - il 56% delle emissioni di ossidi di azoto (52% solo su strada), pari a 1 Mton circa;
 - il 52% delle emissioni di idrocarburi volatili non metanici (47% solo su strada), pari a 1,2 Mton;
 - il 3% degli ossidi di zolfo (quasi tutti emessi da veicoli stradali), pari 0,1 Mton;
- Il traffico urbano, inoltre, è il maggior responsabile delle emissioni di benzene (per oltre il 90%) e delle particelle sospese totali (PST).

sistema nervoso, disturbi del sonno, della comunicazione e della capacità di concentrazione.

Infine il traffico stradale è una delle principali cause di morte per incidenti nei Paesi ad elevato tasso di sviluppo tecnologico. Nella "Relazione al Parlamento sullo stato della sicurezza stradale in Italia" presentata dal Ministero dei Lavori Pubblici nell'agosto 1998, nell'ultimo decennio sono morte in Italia 97.000 persone e 2,5 milioni di persone sono rimaste ferite a causa di incidenti su strada. Un'elevatissima quota di tali incidenti si è verificata nelle aree urbane (73%), causando il 69% dei feriti ed il 47% dei morti; gran parte delle vittime degli incidenti in ambito urbano è costituita da pedoni (prevalentemente anziani o bambini), per i quali non si è registrata una diminuzione di decessi pari a quella registrata per i conducenti ed i passeggeri dei veicoli.¹⁷

L'uso diffuso del trasporto a motore, specie individuale, oltre a produrre effetti su salute e sicurezza di tipo *diretto*, determina anche effetti per così dire *indiretti*. Infatti, come indicato nel Programma Sanitario Nazionale dell'Italia e in altri documenti programmatici di diversi Paesi europei (vedi il recente Libro Bianco inglese *A New Deal for Transport*), la riduzione delle modalità di spostamento naturali (a piedi ed in bicicletta) aumenta la predisposizione verso l'infarto e gravi malattie croniche quali diabete, ipercolesterolemia, ipertensione.

Le evidenze sulle relazioni tra attività per i trasporti e salute sono al centro dell'attenzione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. La Carta, adottata nel corso della Terza Conferenza Ministeriale su Ambiente e Sanità, tenutasi a Londra dal 16 al 18 Giugno 1999, contiene un piano di azione e degli obiettivi volti ad una maggiore integrazione dell'esigenza di tutelare la salute all'interno delle politiche di trasporto e di pianificazione del territorio. Non solo l'esercizio delle attività di trasporto ma anche la realizzazione delle infrastrutture necessarie al supporto del moto veicolare produce impatti su ambiente e territorio; ci si riferisce, in questo caso, al consumo di suolo (si stima che nelle grandi città europee le sole infrastrutture stradali occupino tra il 10% ed il 15% delle aree con punte di oltre il 30%), alla parcellizzazione del territorio, alle intrusioni visive, al danneggiamento od alla distruzione di patrimonio storico-artistico.

¹⁷L'emergenza della sicurezza stradale è tale che la Commissione Europea, su richiesta del Consiglio, ha presentato un primo ed un secondo Programma di Azione in merito [COM(93)246 e COM(97)]. Nell'ultimo documento, la Commissione assume un obiettivo decisamente impegnativo: la riduzione del numero complessivo dei decessi annui per incidenti stradali da 45.000 a 27.000 nel giro di quindici anni (dal 1995 al 2010). Per l'Italia, proporzionalmente, l'obiettivo posto dalla Commissione Europea implica una riduzione di 2.600 decessi e 105.000 feriti l'anno da qui al 2010.

Numerosi sono i parametri in base ai quali determinare la rilevanza dell'impatto ambientale di un sistema dei trasporti, tuttavia il consumo energetico totale per l'esercizio dei trasporti nell'unità temporale di riferimento (l'anno) può essere assunto come indice particolarmente significativo dell'impatto ambientale, almeno a livello globale, di un sistema di trasporto; infatti, per la natura delle tecniche di locomozione oggi maggiormente adottate¹⁸, il consumo energetico totale coincide quasi esattamente con il consumo di energia da fonti energetiche fossili che, a seguito dei processi di combustione, si traduce in emissioni in atmosfera; le emissioni in atmosfera, a loro volta, rappresentano una delle voci più significative dell'impatto complessivo delle attività di trasporto.

1.5 Per una mobilità sostenibile

1.5.1 Introduzione

Il percorso italiano verso la condizione di mobilità sostenibile è forse il più arduo. L'Italia è in ritardo rispetto anche ai più deboli obiettivi di sviluppo sostenibile perché presenta le condizioni di partenza forse tra le peggiori in Europa. E' parere quasi unanime dei massimi esperti che per colmare tale ritardo è necessario ricorrere a politiche molto più incisive di quelle appena avviate ai vari livelli decisionali.¹⁹

Nel frattempo permangono tutti i fattori negativi; la quota dei traffici su strada continua inesorabilmente a crescere; città, territorio ed economia sono sempre più dipendenti dall'auto e dal camion; inoltre l'offerta (sempre più auto e camion, sempre meno autobus e ferrovia) pare condizionare pesantemente la domanda e, dunque, i comportamenti e, peggio ancora, le aspettative dei cittadini e delle imprese.

La configurazione urbana e territoriale è spinta verso modelli ulteriormente estensivi: lo sviluppo attuale della mobilità soddisfa male i bisogni del presente, compromettendo sempre di più la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni. In tal modo, le città del futuro saranno sempre più condizionate dall'uso dell'automobile, e solo con una massiccia innovazione (tecnica, commerciale, amministrativa, procedurale, politica...) potrà divenire realistico l'obiettivo della mobilità sostenibile. Ciò nonostante, l'innovazione dei sistemi di trasporto avviene solo o

¹⁸Motori a combustione interna alimentati da combustibili fossili o trazione elettrica con energia prodotta per la gran parte da centrali termoelettriche.

¹⁹Ciuffini F., *Domanda e offerta di mobilità e sostenibilità ambientale*, Atti del Convegno internazionale "Agenda XXI della Regione Liguria: Ambiente e Sviluppo Sostenibile", Genova, 13-15 ottobre 1999.

prevalentemente sul versante della mobilità privata. In Italia persino la carta ecologica, piuttosto che essere giocata dal trasporto ferroviario e collettivo, è stata colta appieno solamente dalle case costruttrici di auto con un rinnovo del parco macchine.

D'altra parte, il miglioramento delle emissioni gassose ottenibile con le cosiddette auto ecologiche rappresenta una parte trascurabile del vero problema che è rappresentato dall'eccesso di auto e di camion rispetto alla capacità geometrica delle strade ed a quella ambientale delle città e del territorio.

Le proposte alternative richiedono più cabotaggio e più ferrovia, più mezzo pubblico (possibilmente innovativo ed automatico), ma esse segnano il passo. Inoltre, è ormai chiaro che le imprese di trasporto pubbliche, dalle FS alle grandi aziende di trasporto urbano, hanno trovato fin qui molto difficile coniugare le esigenze del risanamento economico con quelle dell'innovazione e della ricerca dell'aumento di attrattiva commerciale. L'innovazione quindi resta l'unico fattore da mettere in campo da parte del trasporto pubblico e collettivo per superare la difficoltà determinata dalla necessità di risanare i bilanci e quella di restare in gioco sul mercato del trasporto, magari aumentando la propria quota, non è consuetudine né in ferrovia, né nelle grandi aziende di trasporto pubblico. All'enorme crescita di domanda di mobilità, sia di persone che di merci, generata dallo sviluppo urbano (non si dimentichi mai che il 60% degli spostamenti è di tipo urbano e che quasi il 70% degli spostamenti extraurbani sono attratti dalle città) non ha corrisposto un analogo sviluppo delle reti di pubblico trasporto. Negli ultimi 30 anni, in Italia, gli investimenti in infrastrutture di trasporto fisso (metropolitane e ferrovie), hanno inciso sugli investimenti totali per meno del 3%, a fronte di valori europei che si attestano intorno al 7-8 %.²⁰ E non bisogna dimenticare che, trent'anni fa, in Europa esistevano già gigantesche reti di trasporto metropolitano! Nonostante lo scenario preoccupante, pare che solo pochi ritengano che sia giunto il momento di affrontare con maggior risolutezza il problema della mobilità sostenibile. Il fatto che le politiche di cambio modale abbiano fallito, non significa che le ipotesi che puntano su ferrovia e mezzo pubblico vadano accantonate. Ma essere a favore della ferrovia non significa necessariamente essere a favore di chi la gestisce. Kinnock nel suo famoso rapporto rimarca che "la causa principale del declino delle ferrovie sono le ferrovie stesse" e aggiunge Ciuffini che "un patrimonio di centinaia di migliaia di miliardi è oggi utilizzato malissimo ed a costi eccessivi, le somme enormi spese per investimenti hanno dato pessimi risultati, praticamente nessuno degli interventi strategici finanziati con il piano integrativo del 1981 è ancora in funzione." Le

²⁰Dai lavori preparatori del nuovo PGT.

Regioni dopo la delega del trasporto locale rischiano un ritorno di centralismo con il Ministero teso a mantenere saldo il controllo, sia tecnico che finanziario, sul finanziamento dei Piani Urbani Metropolitan (i cosiddetti PUM). Ma anche a livello regionale e locale non si intravede un quadro comune per la gestione dell'urbanistica, del trasporto e dell'ambiente, tre settori che in realtà sono lo stesso e che sono in mano a diversi centri di elaborazione e di decisione.

1.5.2 Obiettivi generali

Tra gli obiettivi di sostenibilità dei trasporti sono di importanza prioritaria:

- il contenimento delle emissioni in atmosfera e nel suolo
- la riduzione dei consumi energetici
- il risanamento e la tutela del paesaggio
- il contenimento e la razionalizzazione dell'uso del suolo
- la salvaguardia della diversità e continuità biologica
- l'abbattimento dell'inquinamento acustico
- il contenimento dell'effetto serra
- la riduzione della necessità di spostamenti urbani
- la riduzione dell'incidentalità e della mortalità su strada
- l'aumento dell'accessibilità e della sicurezza in ambito urbano.

Indicazioni strategiche per una politica sostenibile dei trasporti sono contenute in diversi documenti internazionali e nazionali che si sono occupati del problema. In particolare, le priorità individuate dall'Unione Europea sono le seguenti:

A. considerare con maggiore attenzione i fattori che determinano la domanda di trasporto:

- sviluppando misure atte a realizzare una maggiore considerazione dei costi esterni nei prezzi dei trasporti per influenzare le scelte degli utenti, al fine di raggiungere un livello più razionale nella domanda di trasporto;
- promuovendo una migliore integrazione della pianificazione territoriale e della programmazione dei trasporti, nonché misure relative alla gestione della domanda, quali l'uso della telematica in modo da ridurre la necessità di mobilità.

B. Ridurre gli squilibri tra i diversi modi di trasporto, in particolare:

- formulando ed applicando un'adeguata serie di criteri e di metodi per la valutazione ambientale strategica dei progetti di infrastrutture di trasporto;
- promuovendo un migliore equilibrio tra modi di trasporto;

- elaborando un quadro normativo mirante alla soluzione dei problemi ambientali causati dal traffico di veicoli pesanti per trasporto merci, che consideri anche i problemi delle regioni di transito;
- promuovendo l'uso di modi di trasporto più rispettosi dell'ambiente, ad esempio incoraggiando l'uso dei mezzi pubblici.
- C. Rendere ancora più rigorosi i provvedimenti sulle emissioni e sul rumore causati dai veicoli stradali e dagli aerei e sulla qualità dei carburanti, sviluppare azioni intese a ridurre le emissioni di CO₂ (principale gas di serra responsabile dell'aumento della temperatura globale), provenienti dalle automobili, nonché aumentare la severità dei provvedimenti sull'ispezione e sulla manutenzione degli autoveicoli.
- D. Promuovere lo scambio di esperienze tra enti locali in merito alle iniziative riguardanti il trasporto ecologicamente responsabile.
- E. Favorire l'innovazione tecnologica, mediante interventi volti da una parte alla promozione dello sviluppo tecnologico dei propulsori (ottimizzazione della combustione e dello scarico, introduzione di combustibili di tipo innovativo, ecc.) e di veicoli elettrici e ibridi, e dall'altra alla razionalizzazione e ottimizzazione dei piani di manutenzione dei mezzi di trasporto (principalmente di quelli che svolgono servizio pubblico intensivo in aree urbane).

Nel V Programma d'azione comunitario si dichiara che una strategia intesa a creare una mobilità sostenibile prevede la combinazione di diversi strumenti:

- una migliore pianificazione dello sviluppo territoriale ed economico a tutti i livelli (locale, regionale, nazionale, transnazionale);
- una migliore pianificazione e gestione, nonché utilizzazione delle infrastrutture e dei mezzi di trasporto;
- l'inserimento dei costi reali, dell'infrastruttura e dell'ambiente, nelle politiche di investimento, nonché i costi per l'utente;
- lo sviluppo dei trasporti e un miglioramento della loro competitività;
- un progresso tecnico degli autoveicoli e dei carburanti, incoraggiando l'uso dei carburanti più puliti;
- la promozione di un uso più razionale ed ecologico delle autovetture private, con il cambiamento dei codici della strada e delle abitudini di guida.

Viene quindi ribadito e specificato che una strategia per una mobilità sostenibile deve essere basata sui seguenti fattori:

- migliorare la pianificazione territoriale e lo sviluppo economico in modo da ridurre la necessità di mobilità e consentire lo sviluppo di sistemi alternativi allo sviluppo stradale;

- migliorare il coordinamento degli investimenti nelle reti e nelle infrastrutture di trasporto;
- inglobare i costi reali delle infrastrutture e dell'ambiente nelle politiche di investimento, nelle decisioni, nonché nei costi e negli oneri a carico degli utilizzatori.

1.5.3 Situazione della mobilità stradale in Italia

I fenomeni più rilevanti del sistema della mobilità in Italia si possono così puntualizzare:

- *L'imponente crescita dei volumi di traffico sia di passeggeri che di merci.*
- *Il forte squilibrio modale a favore della strada, in continua crescita.*
- *La congestione di alcuni elementi importanti della rete dei trasporti.*
- *L'aumento dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂.*
- *L'aumento della pressione ambientale nelle aree urbane e metropolitane.*
- *L'inefficienza economico-funzionale.*
- *L'inadeguatezza del quadro istituzionale.*

L'imponente crescita dei volumi di traffico sia di passeggeri che di merci.

Nell'ultimo decennio si è verificato uno sviluppo dell'assetto urbano e metropolitano con progressiva dispersione delle residenze e conseguente aumento delle percorrenze medie della mobilità sistematica (casa-lavoro, casa-scuola,...), una diffusione del lavoro professionalizzato con esigenze di spostamenti flessibili ed incremento della mobilità erratica.

La globalizzazione dell'economia con apertura di nuovi mercati, la delocalizzazione della produzione (le imprese lasciano le grandi città e le cinture industriali per spostarsi in spazi più ampi all'esterno), la perdita d'importanza dei poli urbani storici (invero molte funzioni tradizionalmente urbane si sono trasferite in nodi di più facile accessibilità, presupponendo però l'uso del mezzo privato), tutti questi fattori hanno indotto un incremento della domanda di trasporto di beni e persone, sia in termini di quantità che in termini di percorrenza.²¹

Secondo statistiche dell'OCSE,²² nel 1996 l'Italia è risultata essere fra i Paesi dell'OCSE a più alta intensità di traffico stradale passeggeri per unità di

²¹ L'aumento dei volumi di traffico, in modo particolare di quelli su strada, che dal 1990 al 1997 sono passati da 176.147 a 222.329 Mton*km per quanto riguarda le merci (+26%) e da 389.093 a 447.672 Mpax*km (+15%) per quanto riguarda i passeggeri (dati CNT ed. 1998); per questi ultimi l'impulso maggiore è derivato dall'aumento dei traffici urbani su autovettura (+25% circa).

²² OECD, Environment Directorate, Environment Policy Committee: *Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies*, Oct. 1999.

prodotto interno lordo (441 miliardi di veicoli*km/1000\$ contro, ad esempio, i 270 miliardi del Giappone, i 389 miliardi dell'Olanda e della Germania, i 422 miliardi della Francia) e per abitante (7,9 milioni di veicoli*km/capita contro i 5,5 milioni del Giappone, i 6,9 della Germania ed i 7,0 dell'Olanda); sul fronte del traffico merci, invece, le intensità dell'Italia si collocano in una posizione intermedia all'interno dell'insieme OCSE, al di sopra dell'Olanda e della Germania ma al di sotto della Francia e del Giappone, per voler mantenere gli stessi termini di paragone posti per il caso passeggeri. In ogni caso gli esempi stranieri dimostrano la possibilità di modelli di sviluppo assolutamente competitivi sul piano economico ma più efficienti sul piano dei trasporti.

Interessante, tuttavia, è che le intensità di trasporto sia passeggeri sia merci tendono, in quasi tutti i Paesi, a crescere nel tempo, come se gli attuali livelli di sviluppo richiedessero, per ogni unità di prodotto aggiuntiva, un maggiore onere di trasporto che nel passato. In Italia, in particolare, si osserva che l'entità di questo fenomeno è più marcato che in altri Paesi avanzati.

Il forte squilibrio modale a favore della strada, in continua crescita. Analizzando l'andamento dell'aumento del traffico interno sia delle merci che dei passeggeri, si trova che questo avviene quasi completamente su strada. Per quanto concerne, in particolare, la mobilità delle persone, si osserva che essa avviene essenzialmente con mezzi privati. Infatti, oggi l'autovettura privata soddisfa l'81% del fabbisogno di mobilità (pax*km) e finora non ci sono segnali di cambiamento. Anche le altre modalità pur essendo in crescita, rappresentano tuttavia una parte marginale.

Confrontando la ripartizione modale dei trasporti in Italia con quella degli altri Paesi dell'OCSE,²³ si trova che per l'Italia (riguardo al trasporto passeggeri) essa risulta abbastanza allineata a quella di molti altri Paesi dell'Europa Nord-occidentale (Germania, Francia, Finlandia, Norvegia, Danimarca, Olanda, Belgio,...). In questi stessi Paesi, analogamente all'Italia, dagli inizi degli anni ottanta alla metà degli anni novanta, la crescita percentuale del traffico stradale è stata più elevata di quella dei modi di trasporto collettivo (treno e bus), con l'unica eccezione dell'Olanda.

La congestione di alcuni elementi importanti della rete dei trasporti. L'aumento dei volumi di traffico, soprattutto su strada, ha creato situazioni di congestione della rete, particolarmente evidenti nelle aree urbane e metropolitane e lungo alcune direttrici portanti del sistema nazionale dei trasporti (corridoio tirrenico, dorsale centrale, corridoio pedalpino-padano, valichi alpini).

²³ OECD, Environment Directorate, Environment Policy Committee: op. cit.

L'Italia risulta il paese a più elevata congestione stradale (quando si considerino i veicoli-km per unità di lunghezza della rete), e cioè 1430 milioni di veicoli*km/km contro i 780 milioni dell'Olanda, gli 890 della Germania, i 575 della Francia.

Le conseguenze sono l'aumento dei tempi di percorrenza e la riduzione delle velocità medie e commerciali, con forti ripercussioni economiche (per l'aumento dei tempi di viaggio, di consumo di carburante, di immobilizzazione di capitale), ambientali (a causa della riduzione delle velocità medie, nonché dei regimi di marcia irregolari), psicologiche e sociali (per l'aumento dei tempi dedicati agli spostamenti e la riduzione del *comfort* del viaggio).

L'aumento dei consumi e delle emissioni di CO₂. Come conseguenza dell'aumento della mobilità e della crescita relativa del modo stradale ed all'aumento della congestione della rete, i consumi di energia all'utilizzatore (consumi finali esclusi i bunkeraggi internazionali) nei trasporti sono passati da 33,6 Mtoe (dato 1990) a 38,2 Mtoe (dato 1996), con un aumento pari al 14%; tale aumento è risultato inferiore al corrispondente aumento di mobilità grazie al miglioramento di efficienza energetica dei mezzi (in particolare di quelli stradali) avvenuta a seguito della crisi petrolifera prima e delle politiche ambientaliste poi.²⁴ Tuttavia negli ultimi anni il settore dei trasporti ha assunto un ruolo sempre più rilevante nel panorama dei settori energetici nazionali passando ad interessare quote di consumo sempre crescenti (dal 28% nel 1990 al 32% nel 1996).

Dal 1980 al 1996²⁵ il consumo energetico del settore trasporti per unità di prodotto interno lordo è aumentato di 16 punti percentuali, attestandosi sul valore di 35 toe/(milione \$1990) mentre il consumo energetico *pro capite*, pur esso sensibilmente aumentato dal 1980 al 1996, si aggira attualmente intorno a 0,75 toe/capita; anche se l'aumento è stato piuttosto significativo, l'Italia rimane tuttavia uno dei Paesi dell'OCSE a più bassa intensità di consumo energetico. Ciò si deve ad una migliore efficienza energetica del parco stradale circolante (cilindrate minori), dato che, come abbiamo già avuto modo di vedere, non può essere attribuito ad una ridotta mobilità.

Per effetto dell'aumento dei consumi del trasporto aereo e del trasporto marittimo, dal 1990 al 1995 i consumi del trasporto su strada, pur aumentando sensibilmente (+11,5%) mostrano una tendenza a stabilizzarsi percentualmente. Mentre l'aereo ha fatto registrare l'aumento di consumo più alto (+31,8%), seguito dalle autovetture in area urbana (+25%) e da

²⁴Secondo l'OCSE (op. cit.), dal 1980 al 1996 i consumi energetici per unità di percorrenza veicolare si sono ridotti del 21% circa, passando da 10 a 0,08 toe/(milione di veh*km). Attualmente l'Italia è fra i Paesi OCSE che presentano un parco veicolare a migliori prestazioni energetiche.

²⁵OECD, Environment Directorate, Environment Policy Committee: op. cit.

quelle in area extraurbana (+14,5%), i consumi dei trasporti pubblici e della ferrovia sono rimasti costanti perdendo addirittura quote percentuali. Sottolineiamo che i consumi in campo urbano sono cresciuti maggiormente di quelli extraurbani (rispettivamente +18,6% e +8,6%), soprattutto per effetto della mobilità passeggeri privata, passando dal 35% del 1990 al 38% nel 1995.

Con l'aumento dei consumi sono aumentate anche le emissioni di anidride carbonica. Secondo stime ENEA, dal 1990 al 1997 le emissioni di CO₂ del settore trasporti sono aumentate del 14%, passando da 96 a 109 milioni di tonnellate. Anche qui, come per i consumi energetici, l'aumento più sensibile è stato fatto registrare dal trasporto aereo (+43%), seguito dal trasporto marittimo (+16%) e dal trasporto stradale (+13%); interessante la riduzione di emissioni del trasporto ferroviario (-10%) dovuta al minor uso dell'alimentazione diesel a vantaggio di quella elettrica; in tal modo la ferrovia conferma la sua vocazione di trasporto eco-sostenibile.

Analogamente a quanto visto per i consumi, le emissioni *pro capite* di CO₂ in Italia dovute ad attività di trasporto sono relativamente basse (circa 2,0 t/abitante) se confrontate con quelle degli altri Paesi dell'OCSE, nonostante il consistente aumento degli ultimi 15 anni (+52%).

L'aumento della pressione ambientale nelle aree urbane e metropolitane. Come conseguenza della crescita della mobilità urbana e metropolitana e della congestione delle strade, sono aumentate le emissioni di sostanze dannose alla salute, cioè di CO, di particolato, di benzene prodotto in particolare dai motorini.

Secondo alcune stime dell'ENEA e dell'ANPA sulle emissioni dei vari settori energetici nazionali, si registra un aumento generalizzato dei valori assoluti di emissione del settore rispetto ai dati relativi al 1989 (riportati nel precedente piano di sostenibilità), tranne che per gli ossidi di zolfo.²⁶

E' interessante evidenziare uno studio recente svolto in Francia, Austria e Svizzera (nell'ambito del programma dell'OMS) secondo il quale il numero di decessi attribuibili all'inquinamento atmosferico sarebbe superiore al numero di morti per incidenti stradali. Su scala europea (inclusendo i Paesi dell'Europa Occidentale e quelli dell'Europa Centrale ed Orientale) si stima che il numero delle morti correlate all'esposizione prolungata all'inquinamento da traffico sia di circa 80.000 all'anno.

In città, inoltre, è aumentato il rischio di mortalità per le utenze deboli della strada (pedoni, ciclisti, bambini, anziani), mentre è diminuito quello per i

²⁶Dal 1989 al 1995, per il comparto stradale, le emissioni nell'atmosfera sono aumentate, passando per i composti organici volatili (COV) da 933 Mton a 1.115 Mton (+20%), per l'anidride carbonica da 5.411 Mton a 5.724 Mton (+6%), mentre le emissioni per gli NOx e l'SO₂ si sono ridotte, rispettivamente, del 3% e del 2%, dopo l'introduzione di alcune misure di tipo tecnologico e normativo.

conducenti di autoveicoli grazie alla riduzione della velocità media di circolazione e dell'adozione di nuovi dispositivi di sicurezza a bordo dei veicoli. Anche se l'intensità del rischio (morti e feriti/veicoli*km) tende a ridursi nel tempo, l'aumento dei volumi di traffico su strada rappresenta un aumento dell'esposizione con una prevedibile inversione di tendenza. Infatti, nel 1997 il numero di morti è tornato a crescere rispetto all'anno precedente. Non bisogna tralasciare, infine, il rapido degrado della qualità della vita degli abitanti delle aree urbane e metropolitane a causa del tempo sempre maggiore speso negli spostamenti e con un livello di *comfort* sempre minore (il tempo mediamente passato su un mezzo di trasporto da un abitante delle nostre attuali aree metropolitane nel corso della vita è stimabile in anni!).

L'inefficienza economico-funzionale. E' un dato di fatto che l'Italia risulta uno dei Paesi OCSE a più elevato tasso di motorizzazione (circa 55 autovetture stradali/100 abitanti contro le 50 di USA e Germania, le 45 della Francia, le meno di 40 del Giappone, ecc.). Ciò comporta immobilizzazione di capitale privato e spese fisse per la manutenzione e l'esercizio del mezzo, nonché l'uso del mezzo privato al posto di quello pubblico genera evidentemente diseconomie di scala, problemi di congestione del traffico e di occupazione di suolo. Al di là del danno ambientale, il risultato è una ridotta efficienza economico-funzionale del sistema della mobilità.

L'inadeguatezza del quadro istituzionale. In Italia, la frammentazione delle competenze amministrative in materia di trasporti produce non solo rallentamenti e ritardi nelle procedure di intervento e di attuazione dei programmi operativi, ma anche effetti negativi sui settori energetico ed ambientale.

1.5.4 Il Nuovo Piano Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile: gli obiettivi prioritari

Sulla base dell'analisi dello stato del settore dei trasporti e delle politiche adottate,²⁷ il Nuovo Piano ha individuato i seguenti obiettivi di sostenibilità:

- *Riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra.*
- *Riduzione degli effetti del traffico sulla salute.*
- *Riduzione del numero e della gravità degli incidenti.*
- *Limitazione dell'impatto sul territorio legato alle attività di trasporto.*
- *Non-riduzione dell'efficacia funzionale del sistema dell'offerta in relazione alle esigenze della domanda; aumento dell'accessibilità per le categorie deboli.*

²⁷Precedente Piano Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, Nuovo Piano Generale dei Trasporti (marzo 1999), la serie de "I Quaderni del PGT" (luglio 1999).

- *Contenimento dell'impatto economico delle attività di trasporto.*

Riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di gas di serra. Si fa riferimento alle indicazioni contenute nel Libro Verde della Commissione Europea su Trasporti e CO₂, alle Linee Guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas di serra approvate dal CIPE e al documento conclusivo della Conferenza Nazionale sull'Energia e l'Ambiente.

Riduzione degli effetti del traffico sulla salute. Volendo ridurre i livelli di concentrazione (e quindi di emissione) dei gas tossici e nocivi ed i livelli di rumore prodotti dalle attività di trasporto, è naturale intervenire sul traffico stradale, specialmente nelle aree urbane, dove sono maggiori i volumi di traffico, la congestione e la densità abitativa. Tutto ciò è accentuato dall'abbandono delle modalità di trasporto "naturali" (a piedi o in bicicletta), che peraltro riducono il rischio di malattie cardiovascolari, diabete ed obesità.

Verso la riqualificazione dell'ambiente urbano sta lavorando attivamente anche l'Organizzazione Mondiale per la Sanità sulla cui spinta i Governi Europei hanno adottato nel giugno 1999 la *Carta su Trasporto, Ambiente e Salute*.²⁸

Limitazione dell'impatto sul territorio legato alle attività di trasporto. Per il conseguimento di questo obiettivo è necessaria una politica di gestione e controllo delle attività sul territorio che travalica il settore specifico. E' necessario che la progettazione di nuove opere civili comprenda anche un'analisi dei flussi connessi all'utilizzo delle opere stesse, al fine di poter controllare ed eventualmente adeguare le capacità di carico delle reti, in particolare quelle di trasporto (viabilità e servizi pubblici). In tal modo è possibile prevenire in tempo situazioni di congestione della rete stradale e di inadeguatezza del trasporto pubblico. In generale, è necessario perseguire una politica di limitazione degli interventi infrastrutturali, anche riqualificando ed utilizzando più razionalmente le risorse esistenti. Va valutata l'eterogeneità geografica del territorio con una attenta valutazione dei livelli di vulnerabilità ambientale delle singole zone. E' necessario salvaguardare le aree di pregio architettonico artistico dall'aggressione del

²⁸La Carta indica alcuni obiettivi e contiene un piano d'azione volto ad una maggiore integrazione dell'esigenza di tutela della salute all'interno delle politiche settoriali di trasporto e di pianificazione del territorio. Fra i principali elementi del piano d'azione rientra il sostegno a strategie di supporto al trasporto pubblico ed a forme di mobilità a basso o nullo impatto ambientale (trasporto ciclo-pedonale) e a iniziative volte a sensibilizzare il pubblico sugli effetti che possono produrre le scelte individuali.

traffico, con un valore aggiunto sia in maggiore vivibilità delle aree stesse che in termini economici. Le nuove infrastrutture, infine, si dovranno integrare con il contesto paesaggistico (naturale o antropizzato che sia) per salvaguardare il patrimonio estetico di molte aree del territorio nazionale.

Riduzione delle vittime degli incidenti legati alle attività di trasporto. Oltre agli effetti negativi sull'ambiente già descritti in precedenza, l'incremento della circolazione stradale concorre ad accentuare il fenomeno della incidentalità. In Italia nel 1997 il numero degli incidenti stradali si è mantenuto costante rispetto all'anno precedente, attestandosi su 190.000 unità, con un bilancio di 6226 morti e 270.962 feriti.²⁹ Ciò nonostante la sinistrosità è un fenomeno dalle dimensioni preoccupanti, anche perché rappresenta la prima causa di morte nei giovani di età compresa tra i 15 e i 35 anni, comportando per la collettività un costo sociale pari a circa 37.000 miliardi. Tra le cause più importanti dell'elevato numero di incidenti vanno annoverate l'inadeguatezza degli assetti urbanistici, le eccessive prestazioni dei veicoli in relazione alle caratteristiche delle infrastrutture stradali (specie in campo extraurbano), la mancanza di una cultura della limitazione della velocità e del controllo, nonché la debole repressione di comportamenti illegali. Infatti, la quasi totalità degli incidenti è attribuibile al comportamento del conducente nella circolazione, e alle infrazioni relative all'eccesso di velocità, mentre risulta meno importante il concorso di difetti o avarie del veicolo.

Per ovviare a questo stato di cose e perseguire l'obiettivo posto dalla Commissione Europea di una riduzione di 2.600 decessi e 105.000 feriti l'anno da oggi al 2010, l'ultima finanziaria ha proposto la redazione, da parte del Ministero dei Lavori Pubblici, di un "Piano Nazionale della sicurezza stradale".

Non-riduzione dell'efficacia funzionale del sistema dell'offerta in relazione alle esigenze della domanda; aumento dell'accessibilità per le categorie deboli. Gli obiettivi di carattere ambientale vanno armonizzati con le esigenze di mobilità di persone e di cose. Occorre mantenere una buona accessibilità (al fine di non aumentare i tempi ed i costi del trasporto e non penalizzare il comfort di viaggio) soprattutto per le utenze deboli (bambini, anziani, portatori di handicap, residenti in aree a domanda dispersa).

Considerati gli attuali livelli di servizio del sistema stradale (spesso con congestione delle reti viarie urbane e metropolitane e di numerosi tratti della rete extraurbana) nonché la quota relativa di traffico attualmente servita dalla strada, la diversione modale in favore di modi di trasporto a minor

²⁹ISTAT (1998), *Statistica degli incidenti stradali: anno 1997*, Roma.

impatto energetico ed ambientale può essere ottenuta con un miglioramento della qualità della mobilità e con una politica di potenziamento ed integrazione delle modalità alternative al trasporto individuale, e cioè: trasporto pubblico e trasporto ciclo-pedonale in area urbana, trasporto ferroviario per la mobilità passeggeri extraurbana, trasporto combinato strada-ferrovia e strada-mare per il trasporto merci.

Anche un trasporto individuale e privato più razionale può giovare sia all'efficacia funzionale del sistema sia alla causa ambientale; buoni risultati si possono ottenere ad esempio da una riorganizzazione logistica del trasporto merci di media e lunga percorrenza e della distribuzione delle merci in area urbana. E' auspicabile, inoltre, una maggiore integrazione tra autovettura e trasporti collettivi di massa nelle aree suburbane attraverso un sistema adeguato di parcheggi nei nodi di scambio.

Contenimento dell'impatto economico delle attività di trasporto. Gli obiettivi di una politica dei trasporti sostenibile³⁰ con effetti positivi sul fronte dei costi economici possono essere raggiunti attraverso

- un sistema di tariffazione dei trasporti che incentivi i comportamenti più sostenibili;
- l'aumento dell'efficienza energetica (incentivando l'innovazione e gli sviluppi tecnologici) dei veicoli al fine di contenere i consumi di energie non rinnovabili e gli impatti sull'atmosfera;
- revisione e integrazione della normativa tecnica (ad es. prevedere nuovi strumenti pianificatori, telematica dei trasporti, ecc.);
- formazione.

A tal fine l'azione principale dovrebbe consistere nell'introduzione di una nuova politica delle tariffe che tenga conto dei costi esterni³¹ complessivi (sicurezza, degrado ambientale, danni alla salute, ecc.), addebitandoli secondo le recenti indicazioni della Commissione Europea, direttamente all'utente finale del servizio, e non facendolo gravare su altri utenti dei trasporti e sulla collettività nel suo insieme. Invero, uno dei motivi (forse il più importante) della prevalenza del modo stradale sugli altri modi di trasporto potrebbe essere la mancata attribuzione delle esternalità sul costo di esercizio del trasporto. Pertanto, la revisione dei criteri di tariffazione delle infrastrutture e dei servizi di trasporto in funzione del riequilibrio

³⁰Tali obiettivi implicano il contenimento della domanda di trasporto passeggeri e merci, il riequilibrio tra trasporto privato e pubblico nella mobilità passeggeri e il riequilibrio tra modalità stradale e modalità alternative per le merci.

³¹I costi esterni sono quei costi che attualmente non entrano nella determinazione delle tariffe d'uso ma sono sopportati dalla comunità in forma di tasse o come danno non monetario, cioè costo degli incidenti, danni alla salute ed all'ambiente, costi indotti dalla congestione del traffico, ecc.

modale (in grado di riportare il sistema dei trasporti all'interno di schemi di sostenibilità) costituisce uno dei più importanti e radicali cambiamenti richiesti. Tuttavia, data la natura dei fattori che contribuiscono alla formazione del valore complessivo, la valutazione dei costi esterni non manca di elementi di incertezza.³²

In tale contesto, ricordiamo che nel 1996 la Commissione Europea ha pubblicato il Libro Verde *Verso una corretta ed efficace determinazione dei prezzi del settore dei trasporti*, che individua le linee di intervento per la internalizzazione dei costi esterni ed effettua una prima valutazione di tali costi. Nel Libro Verde, così come nel successivo Libro Bianco sulla tariffazione delle infrastrutture di trasporto, si pone l'accento sulla necessità di creare un nuovo equilibrio di prezzi tra le diverse modalità di trasporto e di introdurre nelle tariffe anche i costi esterni. Viene inoltre indicato un piano di azione in tre fasi che dovrebbe portare entro il 2004 ad una struttura (struttura e non livelli) di tariffe, comune nei vari Stati Membri.

SCHEDA 2

ALCUNE POLITICHE DI INTERVENTO

- La politica europea dei trasporti, definita nell'ambito dei trattati di Maastricht ed Amsterdam, si basa sullo sviluppo delle reti transeuropee (articolo 129d del trattato) e sulle indicazioni del Libro Verde *The Citizen's Network, fulfilling the potential of public passenger transport in Europe*, 1996, che assegna un ruolo di grande rilevanza alla promozione di una mobilità a basso consumo e basso inquinamento.
- Nel Quinto Piano di Azione Ambientale (*Towards sustainability: a European Community program of policy and action in relation to the environment and sustainable development*, 1992 e *State of Europe's Environment*, 1993) la Comunità Europea sposta l'accento dalla pianificazione e regolamentazione dei flussi e delle modalità di trasporto al controllo della domanda, individuando la necessità di modificare i modelli di consumo e di comportamento, anziché intervenire sulle conseguenze.
- Il documento *Trasporti e CO2* (presentato dalla Commissione Europea a seguito degli impegni assunti nell'ambito della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici - Protocollo di Kyoto) è di particolare rilievo ai fini dell'individuazione di un programma d'intervento per la riduzione degli impatti energetico-ambientali del settore trasporti.

³²Il libro della Commissione Europea *Fair Payment for Infrastructure use: a phased approach to a common transport charging framework in the EU* considera, come unico possibile approccio comune per la definizione di un nuovo sistema di tariffazione, quello della valutazione del "costo sociale marginale" che accanto ai costi delle infrastrutture tiene conto dei costi variabili dovuti all'uso delle infrastrutture stesse, compresi i costi esterni.

- Tale documento ha ispirato, per il settore dei trasporti, le *Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas-serra*, approvate con Delibera CIPE del novembre 1998. In esso si ribadisce che una delle sei azioni necessarie al conseguimento degli obiettivi di Kyoto è la riduzione dei consumi energetici nel settore trasporti in quanto "la scarsa razionalità del sistema dei trasporti comporta costi aggiuntivi sia in termini di consumi di combustibili fossili che di inefficienza dell'economia..." ed inoltre "l'inquinamento atmosferico da traffico veicolare, in particolare nelle aree urbane e nelle arterie di attraversamento metropolitano, è uno degli indicatori più sensibili dell'insostenibilità del sistema dei trasporti italiano."

In particolare, le azioni proposte comprendono:

- la realizzazione di misure per il controllo del traffico urbano e per la promozione di forme alternative alla mobilità privata ;
- la dotazione di autoveicoli elettrici o a basso consumo per le flotte pubbliche e le aziende di trasporto pubblico;
- la realizzazione di linee ferroviarie e tranviarie per il trasporto rapido di massa;
- il trasferimento da strada a ferrovia/cabotaggio delle merci
- la sostituzione di autoveicoli ad alti consumi con veicoli a basse emissioni;
- l'utilizzazione di biocarburanti da miscelare a benzine e gasoli.

Con tali misure sono previste importanti riduzioni nell'emissione di anidride carbonica, e cioè:

4-6 Mton entro l'anno 2003; 12-14 Mton entro l'anno 2006; 20-22 Mton entro l'anno 2008/2012.

- Il Libro Verde dell'ENEA (condiviso dal Governo nel documento conclusivo dei lavori della Seconda Conferenza Nazionale sull'Energia e l'Ambiente del 25 – 28 novembre 1998), traccia un piano di azione articolato in sette punti, coerente con la Delibera CIPE per il raggiungimento degli obiettivi di Kyoto:
 - sviluppo dei servizi telematici, con particolare riferimento a quelli potenzialmente sostitutivi di mobilità: telelavoro, riorganizzazione telematica dell'accesso ai servizi urbani, sviluppo di sistemi logistici integrati per il trasporto delle merci a livello nazionale ed internazionale (teleporti) e per la distribuzione urbana; la promozione dei sistemi telematici dovrà aver luogo anche attraverso esperienze pilota;
 - progressivo utilizzo di carburanti a basso impatto ambientale, inclusa l'alimentazione elettrica o ibrida dei veicoli, da realizzarsi mediante il rinnovo del parco veicolare con mezzi ad elevata efficienza energetica e basso impatto ambientale;
 - trasferimento del trasporto delle merci dalla strada alla ferrovia ed al cabotaggio potenziando le infrastrutture ed i servizi ferroviari, portuali ed interportuali;
 - miglioramento della qualità e dell'efficienza dei servizi di trasporto urbani ed extraurbani, anche attraverso l'introduzione di maggiore concorrenza e la promozione dell'imprenditoria privata;
 - sviluppo di infrastrutture per il trasporto urbano con particolare riferimento alle reti tranviarie ed alle piste ciclabili;
 - verifica della coerenza ambientale, anche rispetto agli obiettivi di Kyoto, dei futuri progetti infrastrutturali di trasporto;

- creazione di un *Osservatorio sui Piani Urbani del Traffico* per verificarne lo stato di attuazione e promuovere la diffusione di soluzioni positive.
- Nel settembre 1998 il Ministero dell'Ambiente ha pubblicato le *Linee guida per una strategia nazionale contro l'inquinamento da ozono* ove si prevede che entro il 2010, rispetto al 1997, le emissioni di NO_x dovranno essere ridotte da 1,8 Mton a 0,7 Mton, e le emissioni di COV da 1,88 Mton a 0,79. Inoltre da tale documento si evince che gli obiettivi di riduzione delle emissioni di NO_x richiederanno nel settore trasporti la riduzione da 0,95 Mton a 0,28 Mton, mentre gli obiettivi di riduzione delle emissioni di COV richiederanno nel settore trasporti una riduzione da 1,03 a 0,37 Mton. E' da notare che questo impegno è coerente con le misure, in via di definizione, per ridurre altre emissioni di inquinanti (benzene ed idrocarburi policiclici aromatici) ed è, almeno in parte, sovrapponibile al programma nazionale per la riduzione delle emissioni dei gas serra.

2. IL SISTEMA DEGLI INDICATORI

2.1 La contabilità ambientale

L'Agenda 21, l'ONU, l'OCSE, l'Unione Europea, singoli Stati di diversi continenti si sono impegnati a sviluppare sistemi di Contabilità Ambientale, cioè strumenti correttivi e integrativi degli indicatori economici e degli atti e delle politiche di bilancio.³³ Lo scopo principale è quello di creare un sistema di *conti verdi* al fine di poter valutare l'impatto ambientale delle politiche economiche. Invero, la misurazione dell'ambiente con le sue problematiche sfugge molte volte alla ordinaria strumentazione dell'analisi economica e all'articolazione dei documenti di bilancio tradizionali.³⁴

L'ONU ha elaborato un sistema integrato di conti economici ambientali (SEEA, acronimo di *System of Environmental and Economic Accounting*) e ha pubblicato, fin dal 1993, insieme con la Banca Mondiale, un manuale per la sua applicazione.

In particolare, l'OCSE ha sviluppato un sistema di indicatori cosiddetti di *pressione-stato-risposta*, gradualmente recepito anche dall'Unione Europea.

L'UE stessa, con il V Programma d'azione ambientale, si è assunta l'obiettivo di iniziare la sperimentazione dei sistemi di Contabilità Ambientale entro il duemila. Ha avviato, a tale scopo, diverse iniziative: la costruzione di un Sistema Europeo di Indicatori di Pressione (ESEPI), al quale lavora l'Agenzia Europea per l'Ambiente; l'adozione di un sistema di indicatori integrati economici e ambientali (ESI); l'elaborazione di un manuale (sul modello di quello pubblicato dall'ONU) con la considerazione delle specificità europee e delle elaborazioni già in corso; lo studio, l'adozione di bilanci-satellite dedicati all'ambiente, nell'ambito delle contabilità dei singoli Stati.³⁵

³³Per contabilità ambientale si intende quell'insieme di informazioni che descrive le modificazioni del patrimonio naturale, necessario a correggere la distorsione della contabilità economica nazionale causata dalla mancata considerazione dei *costi occulti* di origine ambientale.

³⁴La risorsa ambientale viene concepita in termini di *capitale naturale* (Pearce e Turner, 1989), pertanto è contabilizzata in unità fisiche e possibilmente valutata in termini monetari, in modo da poter procedere ad una correzione del Reddito Nazionale.

³⁵Anche singoli Paesi hanno fatto passi importanti in tal senso. L'Olanda dispone di un sistema di indicatori sui risultati delle politiche per l'ambiente e ha elaborato il sistema NAMEA (*National Accounting Matrix Including Environmental Accounts*) che raccoglie in un unico schema conti economici tradizionali e conti ambientali. La Francia dispone di un conto del patrimonio nazionale che include elementi economici, ecologici e sociali. La Germania sta avviando un sistema di conti economici e ambientali di cui è responsabile

Osserviamo che il Parlamento europeo ha approvato nel 1995 una risoluzione sul programma della Commissione in materia di indicatori ambientali e contabilità verde nazionale, in cui si ribadisce che "non vi può essere sviluppo sostenibile senza Contabilità Ambientale"; inoltre in tale documento si invita la Commissione a lavorare sugli indicatori di pressione e sulla elaborazione dei conti satellite, auspicando l'introduzione della Contabilità Ambientale nel bilancio dell'Unione Europea.

Pertanto la Contabilità Ambientale è ormai un concetto definito, che significa sperimentazione e costruzione di modelli e di schemi, che sotto varie sigle e denominazioni (SEEA, NAMEA, SERIEE³⁶, indicatori di Pressione-Stato-Risposta, indici) intende avviare nuovi percorsi di implementazione e di sviluppo.

A tale proposito, ricordiamo che è ora all'esame delle Commissioni Bilancio e Ambiente (che provvederanno a redigere un testo unificato) il disegno di legge n. 3294 già approvato al Senato. Tale legge è finalizzata a integrare la Contabilità Economica con i sistemi di Contabilità Ambientale, in modo da inglobare i principi dello sviluppo sostenibile, avvalendosi di una serie di strumenti tecnico-scientifici già disponibili presso altri paesi dell'UE.

Le politiche ambientali, e quelle economiche e settoriali, sono di fatto interconnesse e sia i decisori che l'opinione pubblica devono essere messi in condizioni di valutarne l'influsso reciproco.

L'importanza dell'integrazione delle politiche ambientali con le politiche economiche e settoriali è stato riconosciuto ufficialmente nell'art. 6 del Trattato di Amsterdam (1997) che ha stabilito l'obbligo di integrare i requisiti ambientali in tutte le azioni politiche degli Stati membri. Infatti, sebbene le autorità ambientali possano formulare politiche che influenzano tutti gli altri settori, è ritenuto più efficiente ed efficace che i decisori politici di ciascun settore (agricoltura, industria, energia, trasporti, ecc.) tengano conto dell'ambiente, allorquando formulano le loro politiche.

Quest'approccio è conosciuto come *integrazione delle politiche economiche e settoriali nelle politiche ambientali*, ed è il presupposto di ogni possibile indirizzo di sviluppo sostenibile. L'esigenza di tale integrazione è sfociata nelle iniziative intraprese a livello europeo, nazionale e regionale per sviluppare a fianco dei classici conti economici di un paese o di una regione, anche dei *conti ambientali* che descrivano:

l'ufficio statistico di Wiesbaden che si raccorda con il sistema SEEA dell'ONU. La Danimarca ha pubblicato un testo di indicatori ambientali riferiti al proprio territorio. L'Inghilterra, il Canada, la Norvegia, e altri Paesi partecipano con loro esperti alle cosiddette *task force* internazionali. In pratica gruppi di esperti che cercano di armonizzare modelli e linguaggi di contabilità per metterli in grado di comunicare tra loro.

³⁶ *Système Européen de Rassemblement de l'Information Economique sur l'Environnement*, ossia il conto satellite della spesa per la protezione ambientale.

- La pressione esercitata sull'ambiente dalle diverse attività economiche;
- I costi correnti, che comprendono i costi di misura e di prevenzione del danno ambientale, la compensazione del danno ambientale, i costi di riparazione e infine i costi del danno ambientale non riparato;
- La consistenza e le variazioni del patrimonio naturale.

L'obiettivo di raccordare la dimensione ambientale con quella economica si scontra con molte difficoltà, di cui alcune sono legate all'insufficienza delle informazioni disponibili e alla loro disorganizzazione, altre, più essenziali, sono quelle legate alla valutazione del patrimonio naturale e ai sistemi di valori che definiscono la qualità della vita. Si tratta perciò di un obiettivo che può essere raggiunto solo gradualmente.

In pratica, al fine di perseguire tale obiettivo è necessario disporre di *indicatori*,³⁷ possibilmente quantitativi e sintetici, correlabili da una parte con le politiche ambientali e sociali, e dall'altra con i settori di attività che determinano la pressione antropica sull'ambiente.

A tal fine si richiede un approccio di tipo tecnico scientifico molto diversificato e multidisciplinare. Sia nella fase di pianificazione dello sviluppo (di una città, di una regione, di una nazione o dell'intero pianeta), sia in quella di negoziazione (tra regioni, nazioni, ecc.) risulta importante l'opera di quantificazione dei processi in atto e la formalizzazione delle conoscenze. Ciò implica la quantificazione dei singoli fenomeni e l'identificazione degli elementi in gioco e delle relazioni che vi intercorrono. In tutti i processi che hanno la finalità di valutare gli effetti delle possibili attività dell'uomo, in particolare nei confronti dell'ambiente, ci si scontra quasi sempre con la necessità di operare con una mole imponente di dati ed informazioni, difficile da controllare. Ciò, oltre a comportare costi molto alti, crea non poche difficoltà nel momento in cui occorre prendere delle decisioni e scegliere tra diverse opzioni disponibili, visto che spesso colui, che per ruolo ha la responsabilità delle scelte, non ha né tempo sufficiente per esaminare i dati, né tutte le competenze tecniche necessarie, soprattutto

³⁷La necessità di determinare alcuni indicatori si trova formulata già nell'*Agenda 21*. Il testo della convenzione sostiene la necessità di un approccio quanto più possibile ampio: "Gli indicatori generalmente in uso, come il prodotto nazionale lordo e la dimensione dei flussi di singole risorse o sostanze inquinanti, non danno informazioni sufficienti sulla questione della sostenibilità. È necessario elaborare indicatori di uno sviluppo sostenibile, in modo da creare solide fondamenta per le decisioni a ogni livello e da contribuire a una sostenibilità autoregolante dei sistemi integrati ambientali e di sviluppo".

All'interno dell'UNCSD (*United Nations Commission on Sustainable Development*), un nuovo organismo creato dopo la Conferenza di Rio allo scopo di stimolare l'applicazione dell'Agenda 21, sono state recentemente sviluppate alcune proposte di sistemi di indicatori, che sono tuttavia ancora molto lontane dall'obiettivo di una lista di indicatori valida e funzionale.

per l'ampia gamma delle conoscenze multidisciplinari richieste. Occorre quindi procedere ad una qualche mediazione che consenta di semplificare e ridurre la mole di informazioni su cui effettuare le scelte.

Ciò impone l'effettuazione di una serie di operazioni sui dati disponibili e cioè:

- selezionare l'informazione realmente utile per il compito da svolgere;
- tradurre l'informazione selezionata in una forma consistente e coerente;
- presentare l'informazione in una forma particolarmente adatta a favorire il processo decisionale.

A causa dei tempi medio-lunghi necessari per sviluppare una modellizzazione ambientale e socio-economica basata sull'analisi parametrica, l'uso degli indicatori rappresenta al livello delle organizzazioni internazionali uno strumento di supporto alle decisioni dei *policy-makers*.

SCHEDA 3

COS' E' L'AGENDA 21 LOCALE ?

L'Agenda 21 è uno dei documenti adottati dalla Conferenza ONU su Ambiente e Sviluppo (*UN Conference on Environment and Development - UNCED* meglio conosciuta come *Earth Summit* - Vertice sulla Terra) tenutasi nel giugno 1992 a Rio de Janeiro. Sottoscritta dai governi di 183 paesi del mondo, l'Agenda 21 impegnava i Governi locali a promuovere, attraverso il coordinamento e il confronto con tutti gli attori della scena urbana, un piano di azione per il miglioramento della qualità della vita e per lo sviluppo sociale ed economico in armonia con l'ambiente. L'Agenda 21 è dedicata ai problemi più urgenti del nostro tempo e rappresenta un piano a lungo termine delle Nazioni Unite in favore della sostenibilità per preparare il mondo alle sfide dell'attuale secolo: la lotta contro la povertà, il cambiamento dei modelli di produzione e di consumo, le dinamiche demografiche, la conservazione e la gestione delle risorse naturali, la protezione dell'atmosfera, degli oceani e delle biodiversità, la prevenzione della deforestazione, e la promozione di un'agricoltura sostenibile.

Nel Capitolo 28 dell'Agenda 21, i *leaders* di tutto il mondo invitano le autorità locali a intraprendere il processo consultivo con le popolazioni cercando il loro consenso su una Agenda 21 delle comunità. "Ogni autorità locale deve aprire un dialogo con i propri cittadini, con le associazioni locali e con le imprese private ed adottare una Agenda 21 Locale. Attraverso la consultazione e la costruzione di consenso, le autorità locali possono imparare dalla comunità locale e dalle imprese e possono acquisire le informazioni necessarie per la formulazione delle migliori strategie. Il processo di consultazione può aumentare la consapevolezza delle famiglie sui temi dello sviluppo sostenibile. I programmi, le politiche e le leggi assunte dalla amministrazione locale potrebbero essere valutate e modificate sulla base dei nuovi piani così adottati. Queste strategie potrebbero essere utilizzate anche per

supportare le proposte e per accedere a finanziamenti locali, regionali, nazionali e internazionali." (Ag. 21, Capitolo 28).

Un'Agenda 21 Locale può essere descritta come uno sforzo comune, all'interno di una città, per raggiungere il massimo del consenso tra tutti gli attori sociali riguardo alla definizione e all'attuazione di un piano di azione ambientale da avviare entro il 2000, ma che guardi, appunto, al 21° secolo. Il concetto di Agenda 21 Locale si riferisce dunque sia al processo di definizione degli obiettivi ambientali che al processo di costruzione delle condizioni per metterli in pratica: consenso, interesse, sinergie, risorse umane e finanziarie. Un'Agenda 21 Locale deve quindi definire la propria filosofia di fondo, le strategie, gli obiettivi, gli strumenti, le azioni, i criteri e i metodi di valutazione dei risultati. Nello stesso tempo l'Agenda 21 Locale deve essere un processo partecipativo e democratico che coinvolga tutti i settori nella sua definizione e attuazione.

In sintesi si può dire che i principali elementi o fasi che costituiscono il processo di costruzione dell'Agenda 21 Locale sono:

- *L'attivazione del Forum*: tutti gli interessi e i poteri coinvolti a livello locale vengono coordinati all'interno di un Forum che ha il compito di orientare il processo di elaborazione del Piano d'Azione Ambientale e di monitorare l'attuazione dell'Agenda 21;
- *La consultazione permanente*: l'avvio di un processo di consultazione della comunità locale allo scopo di individuarne i bisogni, di definire le risorse che ogni parte può mettere in gioco, di individuare i potenziali conflitti da gestire tra interessi diversi;
- *L'Audit urbano e la redazione del Rapporto sullo Stato dell'Ambiente*: la raccolta di tutti i dati di base sull'ambiente fisico, sociale ed economico. Un vero e proprio *Audit* urbano che serva a costruire, attraverso indicatori ambientali, il Rapporto sullo stato dell'ambiente su cui si svilupperà la discussione per la redazione dell'Agenda 21 Locale. Anche questa fase va verificata e costruita con il contributo del Forum;
- *I Target*: la definizione di obiettivi, quanto più concreti o addirittura quantificabili, da associare a precise scadenze temporali;
- *Il Piano di Azione Ambientale*: il programma di azioni concrete necessarie per raggiungere gli obiettivi adottati, comprendente anche la definizione degli attori che saranno responsabili della loro attuazione, delle risorse finanziarie, degli strumenti di supporto;
- *Il Reporting*: il mantenimento di procedure di controllo permanente sull'attuazione e sull'efficacia del Piano di azione. La redazione periodica di rapporti che individuino i miglioramenti e i peggioramenti della situazione ambientale e che servano a suggerire eventuali aggiustamenti del Piano di azione.

SCHEDA 4

LA CARTA DI AALBORG

La Carta di Aalborg è stata approvata dai partecipanti alla conferenza europea sulle città sostenibili, che si è svolta ad Aalborg, Danimarca, dal 24 al 27 maggio 1994 sotto il patrocinio congiunto della Commissione europea e della città di Aalborg ed organizzata dal Consiglio internazionale per le iniziative ambientali locali (ICLEI). Il progetto di Carta è stato elaborato dall'ICLEI insieme al ministero per lo sviluppo urbano e i trasporti dello Stato federale della Renania del Nord-Westfalia, RFG. La Carta rispecchia inoltre le idee e il contributo redazionale di partecipanti diversi.

La Carta di Aalborg è stata firmata inizialmente da 80 amministrazioni locali europee e da 253 rappresentanti di organizzazioni internazionali, governi nazionali, istituti scientifici, consulenti e singoli cittadini. Con la firma della Carta le città e le regioni europee si impegnano ad attuare l'Agenda 21 a livello locale e ad elaborare piani d'azione per uno sviluppo durevole e sostenibile a lungo termine, nonché ad avviare una campagna per lo sviluppo durevole e sostenibile delle città europee.

Il progetto di Carta è stato esaminato da oltre 600 partecipanti, suddivisi in 36 gruppi di lavoro in occasione della conferenza di Aalborg. Il testo finale rispecchia le osservazioni formulate dai partecipanti e si suddivide in tre parti:

- La dichiarazione di principio: Le città europee per un modello urbano sostenibile;
- La campagna delle città europee sostenibili;
- L'impegno, nel processo d'attuazione dell'Agenda 21 a livello locale, di piani locali d'azione per un modello urbano sostenibile.

Nella Carta le città riconoscono che la sostenibilità non rappresenta uno stato né una visione immutabili, ma piuttosto un processo locale e creativo, che abbraccia tutti i campi delle decisioni locali, da gestire attraverso soluzioni negoziate tra i vari *partner* sociali.

Tali soluzioni dovranno tendere a sospingere l'economia urbana verso un modello sostenibile che comporta:

- Investire nella conservazione del rimanente capitale naturale, ovvero acque di falda, suoli, habitat per le specie rare;
- Favorire la crescita del capitale naturale, riducendo l'attuale livello di sfruttamento, in particolare per quanto riguarda le energie non rinnovabili;
- Investire per ridurre la pressione sul capitale di risorse naturali esistenti, ampliando la dotazione di "natura in città";
- Migliorare l'efficienza dell'uso finale dei prodotti (edifici, trasporti, ecc.).

Le attività necessarie al raggiungimento di tali obiettivi si dovranno concretizzare in:

- Un modello sostenibile di uso del territorio;
- Modelli sostenibili di mobilità urbana;
- Responsabilità verso il clima;
- Prevenzione dell'inquinamento degli ecosistemi.

Nella Carta vengono evidenziate alcune condizioni preliminari, quali:

- L'autogoverno locale, con l'assunzione della piena responsabilità da parte dei governanti locali del raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità;

- La cooperazione tra tutti gli attori interessati;
- L'istituzione di sistemi di contabilità ambientale che consentano di gestire le risorse ambientali analogamente alle risorse finanziarie (*Local Environmental Accounting*).

La Carta di Aalborg propone che il processo di definizione dei Piani di Azione Locali comprenda le seguenti fasi:

- Analisi degli schemi finanziari e di programmazione esistenti nonché di ogni altro piano e programma;
- Individuazione sistematica dei problemi e delle rispettive cause, facendo ampio ricorso alla consultazione dei cittadini;
- Attribuzione di priorità per affrontare i problemi individuati;
- Formazione di un punto di vista comune per quanto riguarda un modello sostenibile di collettività, attraverso un processo di partecipazione che coinvolga tutti i settori interessati;
- Valutazione delle opzioni strategiche alternative;
- Adozione di piani locali di azione a lungo termine orientati alla sostenibilità e che comprendano obiettivi misurabili;
- Programmazione dell'attuazione del piano, compresa la realizzazione di uno scadenziario e la distribuzione delle diverse responsabilità tra le parti;
- Istituzione di sistemi e procedure di *reporting* e monitoraggio dell'attuazione del piano.

Gli stessi concetti, anche se esposti in forma diversa sono stati ribaditi nel corso della Seconda Conferenza Europea sulle Città Sostenibili tenutasi a Lisbona nel 1996 (*The Lisboa Action Plan*). Un ulteriore richiamo alla necessità di dotarsi di Agende 21 Locali è contenuto nella Risoluzione di Göteborg, nella quale si profila un impegno in tal senso da parte delle Regioni, individuate come "attori chiave", per lo sviluppo sostenibile.

Attualmente aderiscono alla campagna per le Città Sostenibili, con progetti e programmi diversi, circa un centinaio di realtà europee, anche se i partecipanti alla Conferenza di Lisbona sono stati circa un migliaio.

2.2 Caratteristiche generali degli indicatori

Gli indicatori rappresentano una sintesi (essenziale ed oggettiva) di un determinato numero di informazioni (nella forma più semplice possibile), per la comprensione e l'interpretazione di un certo fenomeno ambientale. Ciò li rende facilmente interpretabili rispetto all'obiettivo prefissato e rappresentativi del tema in discussione.

Per le scelte operative occorre che essi possiedano le seguenti caratteristiche, cioè essere:

- rilevanti e rappresentativi;
- affidabili dal punto di vista scientifico (cioè ottenuti sulla base di dati certi e misurati con criteri standard e universalmente accettati);
- sintetici (cioè in grado di sintetizzare con un numero una larga quantità di informazione);

- sensibili ai cambiamenti che avvengono nell'ambiente e nei settori socio-economici della comunità;
- capaci di rappresentarne i mutamenti nel tempo e nello spazio;
- capaci (in certi casi) di fornire un'indicazione precoce sulle tendenze (irreversibili);
- basati su dati reperibili senza costi eccessivi;
- aggiornabili periodicamente;
- attrattivi per i media (cioè dotati di chiarezza, semplicità e sinteticità) in modo da poter divenire strumenti di facile comunicazione, informazione e sensibilizzazione della comunità.

Nel seguito, sulla base di un recente documento dell'EPA³⁸, si esemplifica quello che gli indicatori possono o non dovrebbero fare per il caso dei trasporti.

Non possono o non dovrebbero fare:

- *Isolare gli effetti di singole misure regolamentatrici.* Gli indicatori sono in grado di mostrare i miglioramenti ottenuti in una specifica situazione (ad esempio il rapporto tra le fonti mobili di emissioni inquinanti e la qualità dell'area), ma generalmente non sono in grado di descrivere le cause che sono alla radice di tali miglioramenti. Infatti, gli indicatori ambientali possono mostrare una riduzione nella quantità di emissioni inquinanti, ma questa potrebbe essere causata tanto da una politica dei trasporti indirizzata alla riduzione delle emissioni, quanto da una riduzione generale del volume dei trasporti dovuta ad una recessione economica o ad un aumento del prezzo del carburante.
- *Fornire un'analisi economica completa.* Gli indicatori normalmente non forniscono indicazioni circa i benefici di certi fattori sul trasporto e sulle attività correlate. Infatti, se da un lato l'utilizzazione di sale anticongelante produce effetti negativi sull'ambiente, dall'altro ha un ruolo molto importante nel favorire la circolazione e nell'impedire incidenti. Inoltre, gli indicatori non forniscono nessuna informazione circa i costi delle misure necessarie per ridurre gli impatti sull'ambiente. Alcune soluzioni potrebbero talora risultare costose, ma i relativi costi dovrebbero essere bilanciati dai miglioramenti ottenuti.
- *Definire livelli di impatto o tassi di miglioramento accettabili.* Gli indicatori sono in grado di quantificare oggettivamente il valore di un impatto ambientale o il tasso di miglioramento ottenuto, ma giudicare

³⁸ EPA, *Indicators of the Environmental Impact of Transportation*, Oct. 1996.

accettabili o meno tali valori diventa spesso una valutazione politica soggettiva.

- *Stabilire delle valide priorità.* Non ci si deve limitare al solo utilizzo degli indicatori ambientali nello stabilire l'ordine di priorità delle azioni regolamentatrici da intraprendere. Infatti andrebbe presa in considerazione anche la valutazione economica delle alternative possibili. Tale valutazione combina costi e benefici, mentre gli indicatori di impatto ambientale si concentrano esclusivamente sui benefici derivanti da ognuna di tali opzioni.

Ciò che gli indicatori possono fare:

- *Fornire una prospettiva generale sulle problematiche ambientali dei trasporti.*
- *Favorire una rappresentazione sistematica di tutti gli impatti ambientali.*
- *Descrivere i miglioramenti complessivi delle misure politiche intraprese.*
- *Evidenziare i problemi irrisolti.*
- *Contribuire a definire delle priorità, in particolare riguardo ai settori di ricerca, alle problematiche nuove o ai miglioramenti nelle politiche intraprese.*
- *Educare il pubblico, gli uffici di pubbliche relazioni, e altri interlocutori.*
- *Essere utilizzati all'interno di analisi politico-economiche.*

Alla fine ***l'indicatore ideale per i trasporti*** dovrebbe possedere le seguenti caratteristiche:

- ◆ Rappresentare quantitativamente il danno finale (per esempio il numero di malattie provocate, e non solo una semplice misurazione dell'attività dannosa o di un output come le tonnellate di sostanze inquinanti emesse);
- ◆ Permettere di isolare la quota di un certo impatto ambientale propria del settore dei trasporti;
- ◆ Fornire una misurazione sufficientemente dettagliata;
- ◆ Potersi esprimere tramite una unità di misura comparabile (che permetta pertanto confronti con impatti ambientali di altra natura, con differenti modalità di trasporto, ecc.);
- ◆ Essere espresso tramite un'unità di misura significativa, cioè rapportabile ad uno standard e ad un obiettivo;
- ◆ Essere uno strumento ragionevolmente sicuro.

2.3 Gli indicatori di sostenibilità

A seconda delle finalità, gli indicatori si possono distinguere in due grandi categorie, comprendenti gli indicatori ambientali tradizionali (diretti principalmente alla valutazione dello stato dell'ambiente e/o all'analisi del processo di impatto delle attività umane sull'ambiente) e quelli di sostenibilità, che evidenziano se l'utilizzo dell'ambiente da parte delle attività umane risponde a criteri di sostenibilità o meno.

Nell'ambito della prima categoria gli indicatori possono essere raggruppati per tema, evidenziando per ciascun tema lo stato (qualità) oppure lo stress (ovvero la pressione) imposto all'ambiente. A questi indicatori più ancorati ad un particolare tema, vengono affiancati altri indicatori che forniscono una informazione speculativa supplementare. Un esempio tipico è quello del tema *cambiamento del clima*: l'indicatore di pressione utilizzato è l'emissione di gas serra, quello di stato è legato all'intensità di radiazione, infine l'informazione speculativa è data ad es. dalla temperatura media terrestre e dal volume di ghiaccio nel Mare di Barents. In un paese si eseguono misure tradizionali riguardanti il progresso sociale, economico, ed ambientale. Il tasso di disoccupazione, il prodotto interno lordo, la retribuzione media, il consumo di risorse, sono solo alcuni dei molteplici esempi di indicatori tradizionali. Tuttavia, tali indicatori misurano i cambiamenti come se ciascun settore fosse completamente indipendente dagli altri. Il prodotto interno lordo, ad esempio, misura il quantitativo di ricchezza (beni e servizi) prodotto globalmente da un paese in un dato intervallo di tempo.³⁹ Invero, più denaro viene speso più alto è il PIL, e quindi si presume che simultaneamente aumenti anche il benessere economico. Tuttavia, siccome esso riflette solo l'ammontare dell'attività

³⁹Il PIL ai prezzi di mercato deriva dalla differenza tra la produzione vendibile (PV) e i consumi intermedi (CI) cui viene aggiunto il valore delle cosiddette imposte indirette nette, cioè le stesse diminuite dei contributi alla produzione. Appare evidente già da questa sintetica definizione un primo macroscopico limite, si tratta di un limite a carattere sociale, in quanto attiene a tutte le attività produttive realizzate all'interno della famiglia (il lavoro domestico, l'autoproduzione di beni, la cura dei malati, la custodia dei bambini, l'assistenza agli anziani, ecc.) che non vengono considerate. Infatti vengono conteggiati solo i beni ed i servizi che transitano per il mercato, oltre ai servizi collettivi. Per conseguire una misura più corretta, occorrerebbe pertanto maggiorare il PIL corrente del valore delle attività produttive interne all'insieme delle famiglie. Oltre a questo esiste un secondo fondamentale limite a carattere "naturalistico". Tale limite ha due componenti, di cui la prima è rappresentata dal valore monetario di tutto quanto riguarda le attività economiche con la funzione di compensare i danni ambientali (trasporto rifiuti, loro riciclaggio; cura di malattie dovute all'inquinamento; servizi di depurazione, ecc.), la seconda concerne il "consumo" o il "degrado" della natura, cioè il logorio dello stock del capitale naturale non rinnovabile.

economica di un paese (senza alcun riferimento alla sfera sociale ed ambientale) esso può crescere, pur comportando simultaneamente una diminuzione dello stato di salute sociale ed ambientale della popolazione. Per esempio, quando su una strada avviene un tamponamento a catena che coinvolge un certo numero di autoveicoli, il PIL cresce a causa delle spese mediche e di riparazione dei veicoli. D'altra parte, se un certo numero di persone decide di non comperare la macchina, e di andare a lavorare a piedi, la loro salute e ricchezza può aumentare, mentre il PIL diminuisce. Infatti, ignorando i legami tra i diversi settori, gli indicatori tradizionali danno l'impressione che l'economia, l'ambiente e la società siano separati ed indipendenti l'uno dall'altro. In realtà i tre diversi settori sono fortemente correlati, come illustrato nel diagramma della **figura 2**. La sostenibilità implica, infatti, una visione integrata del mondo e richiede indicatori multidimensionali che mostrino le relazioni tra l'economia, l'ambiente e la società. Facendo riferimento all'esempio di prima, si potrebbe introdurre un indice di benessere economico sostenibile, che sulla base di calcolo del prodotto interno lordo, apporta correzioni considerando per esempio gli insediamenti produttivi tossici, oppure il danno derivante dall'inquinamento dell'aria dovuto a determinate aziende, o ancora i costi derivanti alla società dai cambiamenti climatici o da una inadeguata distribuzione delle ricchezze. Come si può facilmente comprendere, un indice di tal genere richiederebbe l'accorpamento di un numero gigantesco di informazioni, e per di più senza sottovalutare alcuna delle innumerevoli e complicate correlazioni tra ambiente, economia, e società.

A differenza degli indicatori ambientali, quelli di sostenibilità forniscono una misura della distanza esistente, nell'uso dell'ambiente, fra la situazione effettiva e quella considerata come sostenibile. La difficoltà risiede nella determinazione delle soglie di sostenibilità di lungo periodo, che dipendono strettamente dalla interpretazione del concetto di sostenibilità. Nel caso si abbia a che fare con un indicatore sullo stato dell'ambiente, per esempio la concentrazione di un inquinante in un certo *medium* ambientale, l'indicatore di sostenibilità si ottiene generalmente rapportando quel valore (o comunque confrontandolo) con quello definito sostenibile. In particolare, nella **tabella 1** si confrontano alcuni indicatori tradizionali con quelli di sostenibilità, evidenziando l'importanza di quest'ultimi.⁴⁰

⁴⁰Tale tabella è stata elaborata basandosi sul lavoro di M. Hart (1999), *Guide to Sustainable Community Indicators* (second edition), Hart Environmental Data, North Andover, MA (USA).

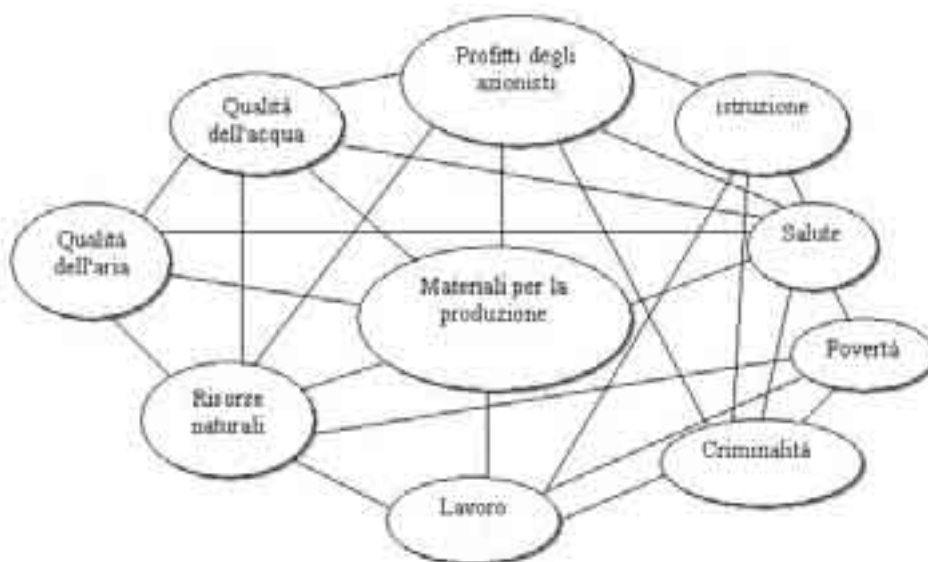


Figura 2. - Correlazioni fra le dimensioni ambientali, economiche e sociali di una comunità.

Tabella 1. - Importanza degli indicatori di sostenibilità a fronte di quelli tradizionali.

Indicatori economici		
Indicatori tradizionali	Indicatori di sostenibilità	Importanza degli indicatori di sostenibilità
Reddito medio	Numero di ore di lavoro, retribuito alla media salariale, richieste per sostenere le necessità di base	Potere di acquisto del salario
Reddito <i>pro capite</i> relativo alla media nazionale		Definisce le necessità di base in termini di consumo sostenibile
Percentuale di disoccupati	Diversità e vitalità della disponibilità di lavoro locale	Elasticità del mercato del lavoro
Numero di società	Numero e variabilità della dimensione delle imprese Numero e variabilità del tipo di imprese	Flessibilità del mercato del lavoro in tempi di cambiamento dell'economia
Disponibilità di lavoro		
	Variabilità del livello di capacità richiesto per l'impiego	

Prodotto Interno Lordo (GDP)	<p>Redditi di lavoro provenienti dall'economia locale spesi localmente</p> <p>Denaro speso nell'economia locale per pagare il lavoro e le risorse naturali locali</p> <p>Percentuale dell'economia locale basata sulle risorse locali rinnovabili</p>	Elasticità finanziaria locale
------------------------------	---	-------------------------------

Indicatori ambientali

Indicatori tradizionali	Indicatori di sostenibilità	Importanza degli indicatori di sostenibilità
Livello di inquinamento dell'aria e dell'acqua	<p>Uso e produzione di materiali tossici (sia in fase di produzione che di prodotto finito)</p> <p>Chilometri percorsi dai veicoli</p>	Misurano le attività che producono inquinamento
Tonnellate di rifiuti solidi	Percentuale di prodotti durevoli, riparabili o facilmente riciclabili o trasformabili in <i>compost</i>	Uso conservativo e riciclabile dei materiali
Costo del combustibile	<p>Energia totale usata e proveniente da qualsiasi tipo di sorgente</p> <p>Rapporto tra la quota di energia rinnovabile usata in modo rinnovabile e quella non rinnovabile</p>	Uso delle risorse ad un livello sostenibile

Indicatori sociali

Indicatori tradizionali	Indicatori di sostenibilità	Importanza degli indicatori di sostenibilità
Test sociali standard a punteggio	<p>Numeri di studenti avviati al lavoro disponibili localmente</p> <p>Numero di studenti che frequentano corsi superiori che ritornano nella propria comunità</p>	Raccordo tra le esigenze del lavoro e l'apprendimento scolastico per le necessità dell'economia locale
Numero di elettori registrati	<p>Numero di elettori che votano</p> <p>Numero di elettori che partecipano ai comizi</p>	<p>Partecipazione alla politica</p> <p>Capacità di partecipazione politica</p>

Il concetto di sostenibilità è tuttora oggetto di ampia discussione nella letteratura economica ed ecologica, in quanto non si è ancora potuto trovare per ogni particolare indicatore, un criterio semplice al fine di poterne identificare senza ambiguità la rispettiva soglia di sostenibilità.

Nella letteratura economica-ecologica sono stati comunque fissati tre principi relativi alla gestione sostenibile delle risorse:⁴¹

1. *Risorse rinnovabili*: i tassi di utilizzo non devono superare i tassi di rigenerazione delle risorse stesse.
2. *Emissioni di inquinanti e di rifiuti*: non devono superare la capacità di sopportazione degli ecosistemi.
3. *Risorse non rinnovabili*: i tassi di utilizzo devono essere limitati al tasso di creazione di sostituti rinnovabili, in modo che l'uso diventi quasi sostenibile.

I principali passi per ricavare gli indicatori da queste regole di base sono:

1. identificazione dei principali elementi del capitale naturale e delle loro funzioni economiche;
2. selezione di quegli elementi ritenuti più importanti rispetto a una possibile minaccia della loro integrità, al fine di determinare un insieme di indicatori;
3. determinazione dei valori standard di soglia sulla base dei requisiti per una gestione sostenibile;
4. costruzione di indicatori che rappresentino lo stato effettivo dell'ambiente a fronte degli standard di sostenibilità.

Attualmente esistono solo alcuni tentativi che vanno in questa direzione. In effetti la difficoltà più grande rimane quella della quantificazione della capacità di carico degli ecosistemi, che richiede ancora molto studio e ricerca. Alcuni indicatori ancorché rozzi, ottenuti sulla base di tali prescrizioni sono stati riportati da differenti Autori.

D'altra parte come è esplicitamente sottolineato da parecchi Autori nella costruzione di un sistema di indicatori valgono essenzialmente due principi guida:

1. il principio di *colpire il bordo*, afferma che l'impreciso ma rilevante è preferibile al preciso ma inutile; in sostanza avvicinarsi all'obiettivo,

⁴¹Daly, 1990; Pearce, Turner, 1990.

ovvero colpire il bordo, è sufficiente quando centrare l'obiettivo richiede troppo tempo, sforzi e risorse;

2. il principio del *gruppo*: se per l'analisi del problema è necessario un'informazione molto affidabile e gli indicatori a disposizione sono considerati troppo imprecisi, è meglio utilizzare un gruppo di tali indicatori piuttosto che uno solo. In tal caso, se tutti gli indicatori del gruppo producono segnali simili, il metodo si può ritenere affidabile.

Gli indicatori che sono stati elaborati finora si possono raggruppare in 3 gruppi:

1. Indicatori di carico critico e livello critico;
2. Indicatori socio-ecologici;
3. Indicatori di misurazione di sviluppo sostenibile (*Sustainable Development Records, SDR*).

Gli indicatori di carico e livello critico sono stati sviluppati nell'ambito della Commissione Economica delle Nazioni Unite per l'Europa (UN-ECE, 1993). Con questo approccio si è cercato di definire il livello critico delle deposizioni (soprattutto di inquinanti dell'aria) che può determinare impatti negativi rilevanti nel lungo periodo sugli ecosistemi. Nella terminologia UN - ECE i carichi e i livelli critici sono stime di una esposizione al di sotto della quale non si manifestano danni significativi per l'ambiente. Il termine *carico* è utilizzato per le deposizioni, il termine *livello* è utilizzato per le concentrazioni di tali deposizioni. L'obiettivo di tali indicatori è di stabilire degli standard che possano essere presi come riferimento per le politiche almeno del lungo periodo. Il processo di determinazione dei livelli e dei carichi critici è diviso in quattro fasi:

- calcolo di valori di riferimento per gli impatti da emissioni tramite analisi degli ecosistemi ed esperimenti;
- ricerca di un consenso nella comunità scientifica;
- mappaggio dei carichi critici al fine di conoscere la situazione del territorio;
- pianificare la riduzione dei carichi al fine di mantenere le deposizioni sotto il livello critico.

La Germania ha già sviluppato la fase del mappaggio del territorio rispetto ai livelli critici (per il biossido di zolfo, nel 1990 circa un terzo della superficie forestale superava i livelli critici stabiliti; per l'ozono il livello critico risultava superato nel 90% del territorio). I carichi critici sono stati calcolati rispetto all'effetto di acidificazione dei suoli, attraverso l'analisi del

legno, e di certi ecosistemi acquatici. La mappa delle aree forestali tedesche mostrava che in più dell'85% erano stati superati i livelli critici.

Gli indicatori socio-ecologici sono stati sviluppati da alcuni autori svedesi. Tali indicatori a differenza di quelli calcolati a partire dagli indicatori di pressione e di stato, si concentrano sulle prime fasi della catena che ha origine nella società fino agli effetti sull'ambiente, fornendo così dei segnali in anticipo rispetto agli altri indicatori di qualità ambientale. In effetti nella costruzione degli indicatori di sostenibilità vanno tenuti presenti due aspetti:

- Il fatto che molto spesso c'è un grande ritardo temporale tra una attività specifica e la corrispondente manifestazione del danno ambientale imputato. Questo significa che un indicatore sullo stato dell'ambiente può fornire un segnale d'allarme con troppo ritardo, o in molti casi può solo indicare se certe attività passate erano sostenibili o no.
- La complessità degli ecosistemi rende impossibile prevedere tutti i possibili effetti di una certa attività della società: molti danni ambientali sono conosciuti ma molti altri non lo sono ancora. Gli indicatori di sostenibilità generalmente presentati si basano solo sui danni conosciuti e provati scientificamente.

Tali autori si fondano sui quattro principi per fornire un insieme di indicatori in grado di prevedere in anticipo le situazioni di non sostenibilità:

- *Principio 1.* Le sostanze estratte dalla litosfera non devono sistematicamente accumularsi nell'ecosfera. Tale accumulazione si determina se la somma delle emissioni antropogeniche e dei flussi naturali (dalla litosfera all'ecosfera) eccede il tasso di sedimentazione e il tasso di smaltimento finale della litosfera. A causa della complessità e del meccanismo di ritardo dei processi nell'ecosfera, è molto difficile definire il livello di accumulazione che origina danni all'ecosfera. Esempi di indicatori derivanti da questo principio sono quelli ottenuti, per ogni singolo elemento, rapportando il tasso di estrazione da parte dell'uomo al tasso naturale di immissione dalla litosfera all'ecosfera (un valore dell'indicatore vicino all'unità significa che la perturbazione antropica ai cicli biogeochimici naturali è elevata, e che sono attese variazioni significative nella concentrazione dell'elemento in questione nell'ecosfera).
- *Principio 2.* Le sostanze prodotte dalla società non devono accumularsi sistematicamente nell'ecosfera. Un esempio di indicatore calcolato sulla base di questo principio è la quantità di sostanze chimiche (non presenti in natura) prodotte annualmente.

- **Principio 3.** Le condizioni fisiche per la produzione e la diversità nell'ecosfera non devono deteriorarsi sistematicamente. Per condizioni fisiche si intendono i servizi ambientali degli ecosistemi, come il rinnovamento e il mantenimento della fertilità dei suoli, il ciclo dei principali nutrienti e i cicli di smaltimento dei residui, il controllo delle malattie e l'impollinazione, cioè quei servizi che garantiscono la produttività della terra e la biodiversità degli ecosistemi. In questo ambito alcuni indicatori presentati sono quelli attinenti ai cambiamenti nell'uso della terra disposti dall'uomo: rapporto tra suolo coltivato con sufficiente grado di copertura e totalità della terra coltivata; variazione nel bilancio nutritivo del suolo; massimo prodotto sostenibile (rapporto tra tasso di utilizzo e tasso di rigenerazione di una risorsa).
- **Principio 4.** L'uso delle risorse deve essere efficiente e giusto rispetto al soddisfacimento dei bisogni umani. In questo caso si tratta di considerare l'efficienza complessiva nello sfruttamento delle risorse naturali e indicatori attinenti al rispetto dei principi di equità (fra generazioni presenti e fra generazioni presenti e future).

Complessivamente si tratta di indicatori che richiedono informazioni di base che sono disponibili a livello globale, ma che possono risultare di più difficile reperimento a livello locale. In ogni caso si tratta di indicatori che hanno lo scopo di dare segnali *ex-ante* su possibili fonti di insostenibilità nel lungo periodo.

2.4 Il modello Pressione Stato Risposta (PSR)

Già nel 1991 il Consiglio dell'OECD (*Organisation Economic pour la Cooperation e le Development*) aveva approvato una Raccomandazione sugli Indicatori e sull'Informazione Ambientale, nella quale si auspicava lo sviluppo di un nucleo di indicatori ambientali affidabili, misurabili, politicamente rilevanti e di rapido accesso. Si parlava in quella comunicazione di tre grandi insiemi di indicatori da sviluppare:

- indicatori per la misura di *performance* ambientali;⁴²

⁴²Gli *indicatori di performance* sono parametri che misurano direttamente il livello di soddisfazione rispetto al raggiungimento degli obiettivi stabiliti; gli altri, invece, descrivono lo stato dei fattori che influiscono più o meno direttamente ed in combinazione fra di loro sul valore degli indicatori del primo tipo oppure misurano l'efficienza del sistema sotto vari aspetti.

Tali indicatori possono differire da quelli aventi carattere più generale che misurano il contributo agli obiettivi della sostenibilità. Ad esempio, nel caso di un intervento sulla mobilità urbana che preveda il trasferimento di parte dei trasporti pubblici urbani da gomma

- indicatori per l'integrazione di tematiche ambientali nelle politiche settoriali;
- indicatori per l'integrazione dell'ambiente nelle politiche economiche in generale, principalmente attraverso la contabilità ambientale.

Nel 1994, l'OECD ha pubblicato un rapporto relativo al primo sistema di indicatori, con la finalità di concretare quel nucleo iniziale di indicatori ambientali proposto nel 1991. Nelle intenzioni dell'OECD gli indicatori presentati vanno al di là dell'obiettivo di misurare la performance ambientale e gettano le basi per un'analisi degli aspetti ambientali degli indicatori di sviluppo sostenibile.

Gli indicatori dello schema OECD possiedono due proprietà importanti:

- riducono il numero di misurazioni e di parametri normalmente necessari per dare l'esatta rappresentazione della situazione;
- semplificano il processo di comunicazione all'utente.

Per la costruzione dei Rapporti, l'OCSE e l'UE hanno selezionato due diversi sistemi di indicatori, l'uno adatto a descrivere situazioni macro-territoriali (per es. stato, regioni, ecc.), l'altro circoscritto alle sole aree urbane. L'OCSE sinora ha applicato il proprio modello nella predisposizione di materiale statistico generalizzato a tutti gli Stati membri (OECD, *Environmental Data*), e sta sperimentandone le possibili varianti in una collana di pubblicazioni che coprirà i singoli Paesi (OECD, *Environmental Performance Reviews*).

Lo schema approntato dalla Commissione Europea, utilizzato principalmente per l'elaborazione del V Programma dell'UE e del Rapporto sullo stato dell'ambiente paneuropeo, si basa sulla riorganizzazione dei vari parametri in esame in tre sotto insiemi di indicatori:

- *Indicatori di pressione*. Descrivono la pressione esercitata dalle attività umane sulla qualità e quantità delle risorse ambientali: dai consumi di risorse alle emissioni di inquinanti, agli scarichi, alla produzione di rifiuti, fino alla contaminazione dei suoli agricoli e urbani. Costituiscono strumenti efficaci per la formulazione e valutazione degli obiettivi stabiliti dalle politiche ambientali. Infatti, vengono spesso utilizzati in analisi prospettiche per valutare l'impatto ambientale di diversi scenari socio-economici o di particolari proposte di politica ambientale.

a rotaia, un indicatore di performance potrebbe essere il contributo alla diminuzione della CO₂; tale indicatore avrebbe così carattere generico e potrebbe forse essere apprezzato solo qualitativamente. Un indicatore di prestazione invece dovrebbe consentire di determinare effettivamente quanto traffico è stato dirottato da un modo di trasporto all'altro.

- *Indicatori di stato.* Descrivono sia le condizioni di naturalità, come ad esempio l'entità del patrimonio forestale, che i fenomeni di degrado delle diverse componenti ambientali, come le concentrazioni di inquinanti, lo stato di eutrofizzazione e la perdita di biodiversità. Come tali, essi rappresentano l'obiettivo finale dei *policy-makers*. Nella realtà, la distinzione tra indicatori di pressione e di stato può essere ambigua e la misurazione delle condizioni ambientali può rilevarsi molto costosa. Pertanto, al posto dell'indicatore delle condizioni ambientali, viene spesso usato l'indicatore di pressione corrispondente.
- *Indicatori di risposta.* Esprimono la risposta della società ai cambiamenti nello stato dell'ambiente; le loro azioni possono essere dirette a mitigare o prevenire gli impatti negativi ambientali indotti dall'uomo, arrestare o rimediare al danno ambientale già inflitto, preservare e conservare la natura. Indicano tutte le tipologie di intervento pubblico, dal monitoraggio e prevenzione, ai sistemi di risparmio e smaltimento, agli incentivi e strumenti fiscali, ai piani e alla loro efficacia attuativa. Comprendono altresì le azioni delle imprese e dei singoli, come gli investimenti impiantistici o la diffusione di tecnologie pulite.

A questi vengono poi affiancati dati socio-economici e territoriali di base (denominati scenari di riferimento), quali quelli riguardanti la popolazione, l'estensione territoriale, il PIL. Questo schema di riferimento, basato sulla ripartizione *stato/pressione/politiche*, è stato adottato in Italia dal Ministero dell'Ambiente, dall'ISTAT per la redazione dei volumi di statistiche ambientali e anche da quelle Regioni (quali la Lombardia, la Liguria, l'Emilia-Romagna, ecc.) che hanno redatto le loro Relazioni sullo stato dell'ambiente. Nell'approccio dell'OECD si segue il criterio classificatorio per temi ambientali, e a fianco di ogni tema vengono presentati i diversi indicatori previsti dal quadro PSR. Per un corretto utilizzo degli indicatori presentati è opportuno precisare che:

- gli indicatori forniscono solo uno strumento di valutazione e devono essere affiancati ad altre informazioni scientifiche e qualitative per evitare errate interpretazioni;
- gli indicatori devono essere sempre riportati e interpretati nel loro contesto originario (ecologico, geografico, sociale ed economico).

Tra gli indicatori presentati, si distinguono quelli di cui già si dispone la misura nella maggioranza dei paesi OECD, da quelli misurabili solo nel medio o lungo periodo. Si osserva, infine, che per poter utilizzare gli indicatori è opportuno definirli in modo univoco sia per quanto riguarda il significato, le modalità di calcolo, nonché la rispettiva unità di misura.

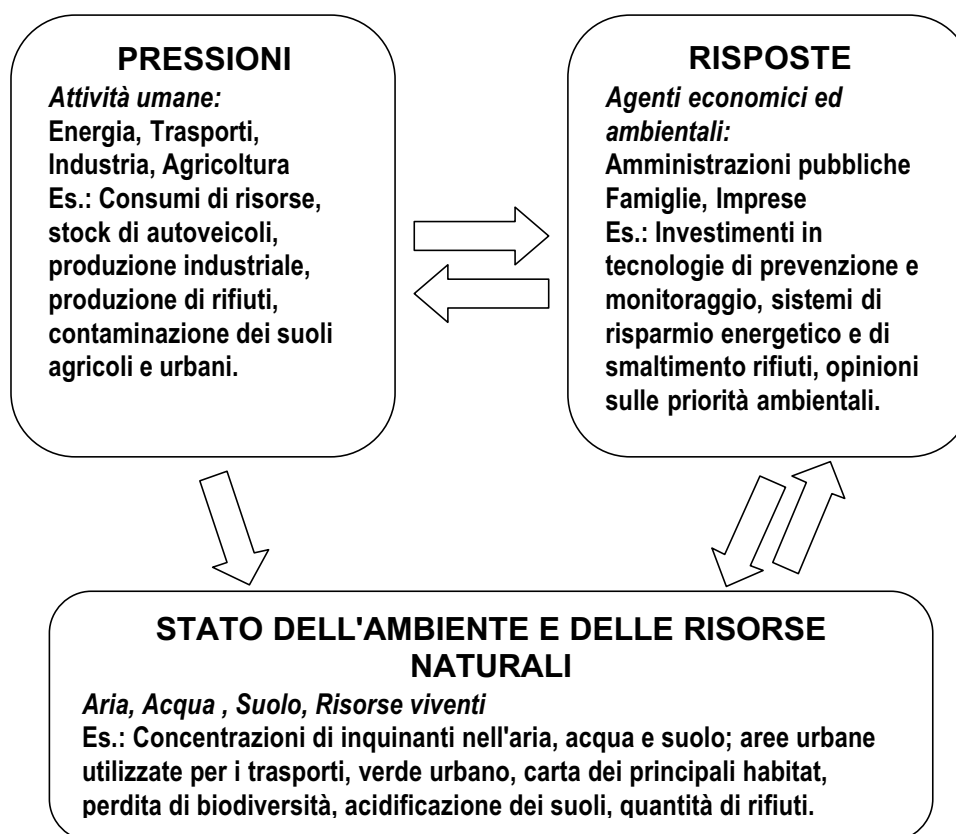


Figura 3.- MODELLO PSR: Categorie e relazioni di causalità

La scheda tipo (di provenienza OECD), accolta con qualche modificazione dalla Regione Liguria, è mostrata nel seguito:

1. Indicatore:	nome breve descrizione unità di misura.
2. Collocazione:	capitolo Agenda 21 tipo (stato, pressione, risposta, sostenibilità).
3. Significato:	scopo rilevanza ai fini della sostenibilità relazioni con altri indicatori obiettivo richiamo a convenzioni o accordi internazionali.
4. Metodo:	definizioni e concetti disponibili modalità di misura descrizione in relazione al tipo limiti definizioni alternative e loro effetti sull'indicatore.

- 5. Dati disponibili:** quali dati sono necessari
metodi di misura
descrizione in relazione al tipo
limiti
definizioni alternative e loro effetti sull'indicatore.
- 6. Soggetti coinvolti:** enti pubblici ed agenzie
altre organizzazioni (istituti di ricerca, imprese, associazioni, ecc.).
- 7. Altre informazioni:** altri documenti
altri riferimenti (bibliografici)
indicazione circa il livello di accordo interno o internazionale in base al quale è stato individuato l'indicatore (raccomandazione, linea guida, rapporto tecnico, forum).

2.5 Il modello Determinanti Pressioni Stato Impatti Risposte (DPSIR)

Già da alcuni anni l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) ha messo a punto un ulteriore schema generale per l'individuazione degli indicatori,⁴³ in grado di valutare l'effetto delle azioni antropiche sull'ambiente. Tale schema implica:

- La comprensione delle dinamiche tra i fattori che intervengono nella determinazione degli impatti prodotti dalle attività dei settori produttivi.
- L'intervento sulle attività economiche ed i comportamenti della collettività al fine di controllare i processi che influenzano la qualità ambientale.
- L'evidenziazione delle correlazioni tra i settori di attività antropica e i campi di azione delle politiche (*policy fields*) che corrispondono ai temi ambientali di interesse pubblico.
- La quantificazione degli indicatori di pressione, dei loro trend e del peso relativo dei settori economici su ciascun indicatore e dei loro impatti (danni) sull'ambiente.
- Una rassegna delle *risposte* istituzionali ai fini di contenere la pressione sull'ambiente.

⁴³Tale schema rappresenta un ulteriore sviluppo del modello PSR ed è stato adottato anche dall'ANPA per lo sviluppo del Sistema conoscitivo e dei controlli.

Lo schema, chiamato DPSIR dalle iniziali delle categorie logiche che intervengono nello schema stesso (vedi **figura 4**), si basa su una struttura di relazioni causali che legano tra di loro i seguenti elementi:

DRIVING FORCES (Forze determinanti, Agenti esterni): fattori fondamentali che influenzano una varietà di variabili rilevanti dei settori di base. Ad esempio: numero, grandezza e reddito delle famiglie; la distribuzione spaziale delle attività economiche e degli insediamenti abitativi; le infrastrutture di trasporto e i servizi; i prezzi di mercato dei carburanti e dei trasporti; il numero di automobili per abitante; la produzione industriale totale, ecc.

PRESSURES (Pressioni): le pressioni sul territorio e sull'ambiente esercitate dalle attività del settore di indagine. Ad esempio: le emissioni di gas serra; le emissioni tossiche; l'ammontare dei rifiuti; l'uso del suolo; il rumore, ecc.

STATE (Stato): la qualità dell'ambiente e del territorio a seguito delle pressioni esercitate (qualità fisiche, chimiche, biologiche, ecc. dei comparti ambientali).

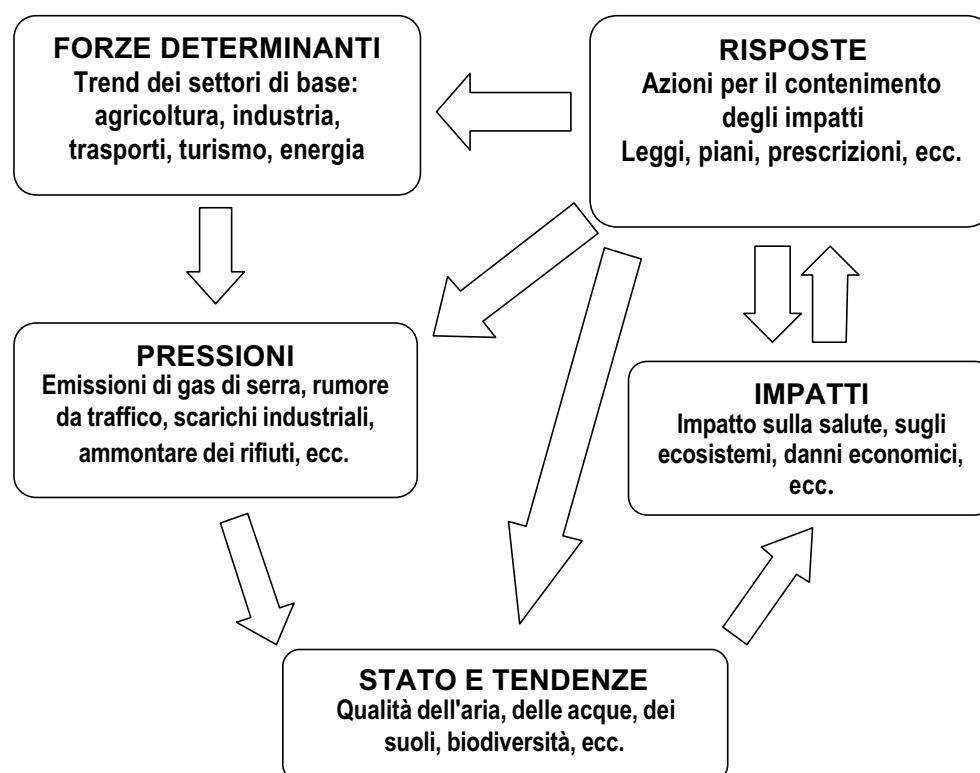


Figura 4.- MODELLO DPSIR: Categorie e relazioni di causalità

IMPACTS (Impatti): gli effetti finali delle modifiche sulla qualità dell'ambiente e del territorio (su funzioni e servizi dell'ecosistema relativi alla salute, economia, qualità della vita).

RESPONSES (Risposte, Provvedimenti): le azioni per il contenimento degli impatti (politiche ambientali e settoriali, iniziative legislative, azioni di pianificazione, ecc.).

Tali caratteristiche del modello permettono di rappresentare il sistema ambiente in modo organico esprimendo (a diversi livelli di sintesi) stati e qualità, pressioni, l'entità della correlazione tra pressioni e cambiamenti. Gli interventi esercitati sull'ambiente divengono elementi dello schema DPSIR e componenti indispensabili per raccordare il sistema, e perciò utili per interpretare le cause e le dinamiche che hanno portato a un certo stato, capire gli effetti degli interventi, valutare la necessità di nuovi interventi e stabilire infine la priorità di attuazione tra interventi concorrenti. Ovviamente, per poter applicare tale schema ed individuare le aree che condizionano maggiormente il raggiungimento degli obiettivi (ambientali), è necessario conoscere le dinamiche dei fenomeni fisici (ovvero come le variazioni di valore dei parametri caratteristici di ciascuna categoria influiscono sui valori dei parametri caratteristici delle altre categorie).

Nello schema DPSIR, gli indicatori di performance, per loro stessa definizione, rispondono alla caratterizzazione dello Stato dell'ambiente o alla quantificazione degli Impatti; gli altri, invece, descrivono le caratteristiche essenziali delle altre tre categorie dello schema.

2.5.1 Applicazione dello schema DPSIR ai trasporti

Lo schema generale appena considerato si può applicare ai vari settori di attività senza modifiche di sorta, ma evidentemente caratterizzando e specificando le varie categorie. Nel caso dei trasporti ciò comporta che:

- Gli agenti esterni si identifichino nelle attività produttive, nei comportamenti della collettività e nei relativi fattori di regolazione (andamento dell'economia, prezzi di mercato, introduzione di nuove tecnologie, assetto del territorio, ecc.).
- Le pressioni siano costituite dal consumo di risorse per la costruzione e l'esercizio di infrastrutture e di veicoli; dalla produzione di sostanze che inquinano l'atmosfera, le acque e il suolo; dalle emissioni sonore; dall'aumento del rischio di morti e feriti nell'esercizio dei trasporti; e, più in generale, da tutti quei fattori connessi alle attività di trasporto che possono produrre una modifica dello stato dell'ambiente e del territorio.
- Le modifiche della qualità dell'ambiente e del territorio riguardino fondamentalmente la qualità dell'aria (concentrazione di sostanze

tossiche e nocive o aventi effetti sul clima), la disponibilità di suolo, il livello di naturalità dell'ambiente.

- Gli impatti principali siano rivolti alla salute e alla sicurezza dell'uomo, all'ecosistema, al patrimonio paesaggistico e storico-artistico.
- I provvedimenti rappresentino gli interventi messi in atto per riportare l'ambiente ai livelli di qualità originari o per limitarne almeno il degrado.

La **figura 5** rappresenta graficamente lo schema DPSIR applicato ai trasporti secondo l'EEA.

Alla luce di quanto esposto, lo schema DPSIR imporrebbe, nella valutazione dell'efficacia ambientale delle politiche di settore, l'utilizzo di indicatori di impatto, che sono quelli che danno la misura del raggiungimento degli obiettivi di salvaguardia ambientale; nella realtà spesso si ricorre all'uso di indicatori di stato e di pressione.

Questo è possibile in quanto:

- si danno per note le dinamiche attraverso cui le pressioni sull'ambiente si traducono in modifiche della qualità dell'ambiente stesso e quindi in impatti;
- le valutazioni, in generale, procedono per comparazione di scenari e quindi è sufficiente effettuare il raffronto fra i livelli di pressione dei vari scenari.

Ovviamente la scelta di un determinato indicatore e del suo livello di disaggregazione è subordinata alla disponibilità ed alla affidabilità dei dati necessari alla stima dei valori; questo è un aspetto al quale va rivolta particolare attenzione, anche in considerazione dello scarso livello di copertura e di approfondimento di alcune informazioni relative al mondo dei trasporti nazionale.

Per procedere ad un'individuazione puntuale degli indicatori peculiari dei trasporti, bisogna cominciare ad esaminare gli aspetti macroscopici che caratterizzano il Settore in questione.

A titolo di esempio, la **tabella 2**, tratta dal documento EEA/CEMT *Proposed Transport/Environment Reporting Mechanism for the EU*, Copenhagen, April 1998, fornisce un possibile schema di raggruppamento per gli indicatori, da utilizzare nelle valutazioni strategiche sui trasporti, specificando per ciascun insieme a quale categoria dello schema DPSIR appartenga, attraverso l'iniziale della categoria stessa.

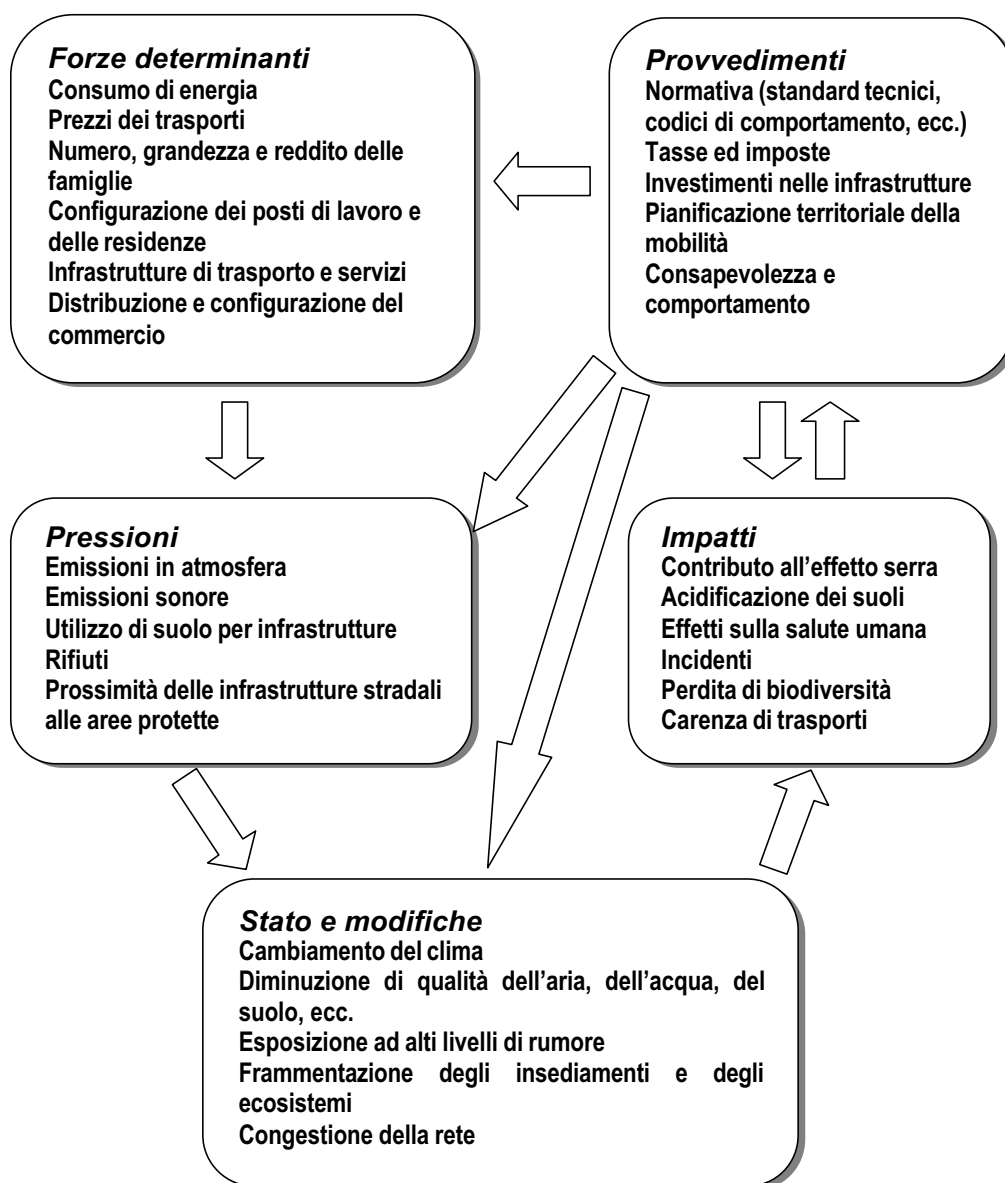


Figura 5.- Lo schema DPSIR per le relazioni sugli impatti ambientali dei trasporti

Tabella 2. - Insiemi di indicatori per le relazioni sull'impatto ambientale dei trasporti secondo l'EEA

Insieme	Descrizione	Categorie DPSIR
Quadro di riferimento	Indicatori che inquadrano gli effetti dei trasporti nel contesto di tutti i settori di attività antropica	D, P
Domanda	Indicatori che quantificano e caratterizzano l'esigenza espressa di mobilità di persone e beni	D
Offerta	Indicatori che rappresentano le capacità e le caratteristiche del sistema di trasporto o di sue parti (infrastrutture e servizi)	D, R
Efficienza	Indicatori che misurano le prestazioni tecniche e funzionali del sistema o di parti di esso	D, R
Costi e prezzi	Indicatori che danno una misura monetaria dei costi sociali (interni ed esterni) e individuali delle attività di trasporto	D, R
Impatti	Indicatori che misurano gli effetti dei trasporti sull'ambiente e sul territorio	P, S, I
Accessibilità	Indicatori che misurano la facilità con cui l'utenza può soddisfare le proprie esigenze	D, R

2.6 Costruzione degli indicatori

Il V Programma è stato preparato parallelamente alla Conferenza di Rio del 1992 e al lancio dell'Agenda 21. Esso ha rappresentato il primo impegno della Comunità per lo sviluppo sostenibile attraverso gli obiettivi seguenti:

1. Strategie per sette temi ambientali prioritari (cambiamento climatico, acidificazione, biodiversità, acqua, ambiente urbano, zone costiere e rifiuti) e per la gestione dei rischi e degli incidenti.
2. Settori di riferimento, in cui integrare la dimensione ambientale (industria, energia, trasporti, agricoltura e turismo).
3. Ampliamento della gamma di strumenti.
4. Informazione, trasparenza di approccio, e sviluppo del concetto di responsabilità condivisa.
5. Dimensione internazionale con riferimento alle questioni globali e alla Conferenza di Rio.

Tali temi sono stati presi come riferimento dall'Ufficio Statistico dell'Unione Europea-Eurostat nel progetto TEPI (*Towards Environmental Pressure Indicators*), progetto che ha prodotto una prima sintesi quantificata di indicatori di pressione per l'Europa (Eurostat, 1999).

L'insieme dei temi considerati è il seguente:

AP - Inquinamento atmosferico
CC - Cambiamento del clima
LB - Perdita di biodiversità
ME - Ambiente marino e zone costiere
OD - Riduzione dello strato di ozono
RD - Esaurimento delle risorse
TX - Dispersione di sostanze tossiche
UP - Problemi ambientali urbani
WA - Rifiuti
WP - Inquinamento delle acque e risorse idriche.

L'Agenzia europea per l'ambiente nel documento *L'ambiente in Europa: seconda valutazione* si incentra, invece, su 12 problemi ambientali fondamentali, aggiungendo a quelli di sopra le Acque interne e il Degrado del suolo.

2.6.1 Il core set di indicatori per i fondi strutturali

Ai fini della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) a supporto della programmazione dei Fondi strutturali 2000-2006, la scelta delle tematiche e degli indicatori da adottare si è basata sull'analisi critica di diverse fonti primarie, aventi in comune la logica del modello DPSIR, e cioè:

- le linee guida per la raccolta di dati del Dobris+3 (EEA, 1996);
- le linee guida per il Rapporto ambientale UE 1998 (EEA, 1998);
- il Rapporto intermedio relativo al progetto sugli indici di pressione ambientale (Eurostat, 1998).

Sulla base di tali fonti, è stato individuato un primo insieme di indicatori di pressione e di stato, di temi ambientali e di settori di attività umana (e di intervento), più esteso dei precedenti, avendo aggiunto le tematiche del Paesaggio e del Patrimonio culturale, e i Rischi naturali.

Per quanto concerne i settori di intervento, essi coincidono con quelli individuati nel Rapporto Europe's Environment: The Second Assessment, EEA, 1998, vale a dire: Agricoltura e Foreste, Pesca, Industria, Energia, Turismo, Trasporti e Settore domestico/Consumatori.⁴⁴

⁴⁴È opportuno sottolineare che la presenza del Settore domestico/Consumatori, certamente non omogeneo con i "classici" settori di attività economica (tale considerazione peraltro riguarda anche il Turismo), è motivata dal fatto che i nuclei familiari esercitano direttamente e indirettamente un impatto ambientale diffuso, e comunque sostanziale e crescente, attraverso il consumo di beni e servizi. Ad esempio, secondo quanto riporta il citato rapporto, nei paesi dell'Unione europea, al settore domestico si può attribuire dal 10 al 40% dell'emissione di gas serra, dal 15 al 60% dei Cov (composti organici volatili), dal 5 al 50% dei composti azotati e del fosforo, che provocano il fenomeno dell'eutrofizzazione, e dal 40 al 60% della domanda di acqua.

In base alla scelta delle tematiche e ai settori di intervento, si è individuato il *core set* di indicatori ambientali, fondandosi su un duplice criterio di scelta:

- la disponibilità dei dati;
- la significatività del loro ruolo di descrittori.

Per ciascuna delle tematiche ambientali sono riportati gli indicatori di pressione ed evidenziate le correlazioni tra i settori di attività economica e le pressioni che gli stessi esercitano sull'ambiente. In particolare, per il settore dei trasporti gli indicatori di pressione sono i seguenti:

- tematica *cambiamento del clima*, le emissioni di CO₂ ;
- tematica *acidificazione*, le emissioni di SO₂ e di NO_x;
- tematica *ozono troposferico e ossidanti*, le emissioni di CO, COV e NO_x
- tematica *sostanze chimiche*, le emissioni di metalli pesanti, le emissioni di inquinanti organici persistenti (POP);
- tematica *rifiuti*, produzione totale di rifiuti, produzione di rifiuti pericolosi;
- tematica *ambiente urbano*, gli indicatori densità della popolazione nelle città, le emissioni di CO, NO_x, particolato, metalli pesanti, COV e le emissioni acustiche;
- tematica *rischi tecnologici*, nro incidenti notificati: industria e trasporti, e impianti a rischio di incidente rilevante (*siti Seveso*).

Come risposta alle criticità evidenziate, vengono individuati gli obiettivi di sostenibilità per il settore trasporti tenendo conto delle condizioni di sostenibilità per l'accesso alle risorse ambientali. Tali condizioni presuppongono che:

- il tasso di utilizzazione delle risorse rinnovabili non sia superiore al loro tasso di rigenerazione;
- l'immissione di sostanze inquinanti e di scorie nell'ambiente non superi la capacità di carico dell'ambiente stesso;
- lo stock di risorse non rinnovabili resti costante nel tempo.

Rispettando tali principi, gli obiettivi di sostenibilità si possono estrinsecare attraverso dieci criteri chiave per la sostenibilità che riguardano sia interventi per diminuire la pressione sull'ambiente, sia per incidere sulla qualità ambientale con misure di *infrastrutturazione* ambientale.

In particolare, per il settore di intervento Trasporti, tali obiettivi sono i seguenti:

- Limitare le emissioni di gas serra che contribuiscono al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici (CO₂);
- Limitare le emissioni acide in atmosfera (SO₂,NO_x) e favorire appropriati sistemi di gestione del territorio;
- Ridurre le emissioni di sostanze che favoriscono la formazione di ozono troposferico (NMVOCs e NO_x) e degli altri ossidanti fotochimici;

- Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose;
- Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'adozione e lo sviluppo di tecnologie pulite;
- Ridurre la necessità di spostamenti urbani;
- Sviluppare modelli di traffico e di inquinamento atmosferico;
- Promuovere lo sviluppo di Agende 21 locali;
- Promuovere programmi di intervento finalizzati alla riduzione dell'inquinamento acustico.

L'individuazione e la presentazione delle informazioni sullo stato dell'ambiente e delle risorse naturali di una Regione, e sulle interazioni positive e negative tra tali contesti e i principali settori di sviluppo, vengono di seguito proposte sulla base della metodologia adottata dall'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente (ANPA) per la raccolta delle informazioni sullo stato dell'ambiente.

Con riferimento alle tematiche ambientali individuate, la rappresentazione della situazione ambientale si basa sulla raccolta di un insieme prioritario di indicatori di pressione e di stato: infatti, attraverso gli indicatori di pressione si ricostruisce il complessivo carico inquinante proveniente dal settore della produzione, che impatta sulle qualità ambientale, mentre gli indicatori di stato sono in grado di rappresentare lo stato di qualità dell'ambiente.

I dati così ordinati offrono il quadro di riferimento per la definizione degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Questi ultimi rappresentano la risposta alle criticità evidenziate dalla descrizione della situazione ambientale e le sue evoluzioni, offrendo il sostegno informativo necessario alla esplicitazione delle priorità, all'individuazione di indicatori per valutare in modo coordinato l'impatto *prevedibile* dei piani e consentirne il monitoraggio.

Nell'**APPENDICE I** vengono riportate le **tabelle 3-10**, contenenti maggiori dettagli sugli indicatori di pressione e stato per tematiche ambientali, sui criteri e gli obiettivi di sostenibilità per i singoli settori di intervento, alcuni esempi di indicatori di prestazione ed infine un confronto tra indicatori, obiettivi, azioni di intervento ambientale, nonché progetti per il rilevamento e il monitoraggio.

2.7 Criteri di scelta degli indicatori per una comunità

In generale, per scegliere un indicatore è opportuno effettuare alcune analisi preliminari, tra cui:

- determinare la comunità cui applicare l'indicatore, ovvero se una città, una regione, una nazione o un'area più vasta;
- scegliere il tipo di indicatore, ovvero se tradizionale o di sostenibilità e se di pressione, di risposta, di stato, ecc.;
- capire se si possono reperire tutti i dati per il calcolo dell'indicatore;
- capire se l'indicatore è facilmente comprensibile dai componenti della comunità cui deve essere applicato;
- valutare l'ambito cui l'indicatore deve maggiormente far riferimento, ovvero valutare per la sua scelta, se dare maggior risalto alla componente economica, sociale o ambientale;
- scegliere l'orizzonte temporale di utilizzo dell'indicatore;
- determinare il tipo di informazione che l'indicatore fornisce;
- predisporre eventuali piani correttivi della politica della comunità qualora l'indicatore non fornisca le risposte attese.

Si parte dalla individuazione di un insieme di indicatori operato da un gruppo di esperti delle varie tematiche (ambientale, territoriale, sociale, economica, ecc.), insieme che viene successivamente modificato ed integrato anche attraverso la consultazione della comunità e dei soggetti locali. Successivamente vengono individuati alcuni criteri per l'avvio di una prima sperimentazione degli indicatori, tra cui in particolare:

- Verifica della base di dati disponibile e del suo grado di validazione.
- Verifica del rapporto costo/informazione per l'acquisizione e la validazione dei dati necessari.

Nella fase di valutazione si tiene conto da un lato dei costi per la strumentazione, dei materiali per ogni singola misura, del personale richiesto per il monitoraggio, la validazione dei dati e la loro elaborazione statistica, del numero di misure necessarie nel tempo e nello spazio; dall'altro, riguardo ai dati, della definizione della loro affidabilità e significatività, e infine della loro necessità e priorità per l'uso prefissato.

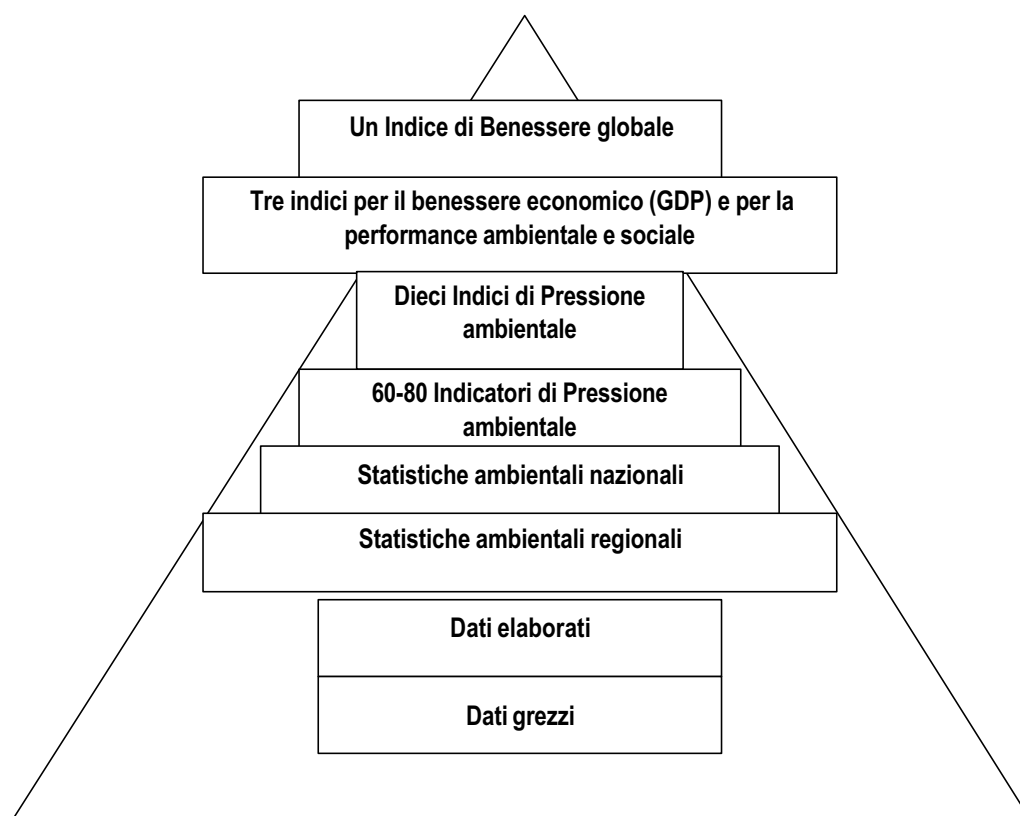


Figura 6. - L'iceberg dell'informazione (Progetto TEPI): dai dati grezzi agli indici altamente aggregati⁴⁵

Ai fini dell'analisi del problema e della sua distribuzione territoriale, è opportuno utilizzare dapprima indicatori più grossolani, ma facilmente disponibili per vaste aree, per individuare le aree dove si presenta il problema,⁴⁶ per passare poi all'utilizzo di indicatori più sensibili per approfondire e dettagliare il problema, fino a giungere ad indagini sui singoli parametri.⁴⁷

⁴⁵Elaborato da Eurostat: *Environmental Pressure Indices Project*.

⁴⁶Ad esempio per i corsi d'acqua, la presenza di scarichi nel tratto a monte, quindi gli indici biotici (EBI), ovvero per l'aria i licheni, ovvero in ambito urbano il superamento delle soglie di allarme.

⁴⁷Ad esempio per le acque, dove l'EBI ha individuato III-V classi di qualità, si può esaminare la pressione su quel tratto di corso d'acqua in termini di quantità e qualità degli scarichi esistenti, oppure l'efficienza ecosistemica (RCE-2) per valutare le possibilità di autodepurazione per quel tratto, il BOD o il COD del corpo recettore sino a ricercare

Il sistema di indicatori più efficace è pertanto ottenibile attraverso diverse fasi secondo uno schema a triangolo a base molto allargata e vertice in alto, fino a giungere a un nucleo più ridotto (indici) di indicatori utili alla pianificazione e alla valutazione del trend del fenomeno coinvolto. In conclusione, ribadiamo che mentre gli indicatori sono *executive summaries* indirizzati ai non esperti che abbisognano di un'impressione immediata sull'andamento di base delle grandezze esaminate ma non abbastanza sintetici, gli *indici* costituiscono un'aggregazione di indicatori con impatti simili (per esempio le emissioni di gas serra come il CO₂, il metano, il CO, i CFC potrebbero essere condensate in un unico indicatore di gas serra che mostra il contributo totale al cambiamento climatico causato dall'aumento di questi gas). Lo scopo principale di tali aggregazioni è quello di comunicare alla comunità un'informazione sufficientemente efficace attraverso un'informazione ancora più sintetica e semplificata.

Il *Rapporto Dobris*,⁴⁸ ad esempio, esamina 55 indicatori sullo stato dell'ambiente urbano (indicatori di struttura urbana, *performance* urbana e qualità urbana) ritenuti rilevanti per una valutazione preliminare su un campione di 72 città europee. La *Commissione ONU per uno Sviluppo Sostenibile* definisce più di un centinaio di indicatori secondo una struttura di Pressione - Stato - Risposta che copre le molteplici dimensioni della sostenibilità in contesti urbani sviluppati, in via di sviluppo e sottosviluppo (1995).

L'ottica della consultazione e del confronto allargato a tutta la comunità locale è presente sin dall'inizio del processo di selezione degli indicatori nella maggior parte delle esperienze nord americane di gestione della sostenibilità urbana, nelle quali il livello di partecipazione è orientato a far sì che gli indicatori selezionati rispecchino il più possibile le esigenze e le aspettative di coloro che ne fanno uso.

Il processo di identificazione parte da un insieme numerosissimo di indicatori per poi convergere ad un insieme sempre più ristretto attraverso un processo reiterato di confronto sociale.

2.7.1 Selezione degli indicatori per i trasporti

La selezione degli indicatori implica comunque che venga svolta un'attività mirata piuttosto complessa il cui risultato, in due processi di valutazione

chimicamente i parametri responsabili di quel inquinamento nel corso d'acqua o negli scarichi.

⁴⁸AEA, *L'ambiente in europa: valutazione di Dobris*, 1995. E' la prima relazione sullo stato dell'ambiente a livello paneuropeo. Tale documento è stato presentato alla terza conferenza dei ministri dell'ambiente di tutti i paesi europei, svoltasi a Sofia nell'ottobre 1995.

simili non sempre produce lo stesso insieme di indicatori e di criteri di confronto. Infatti, la prevedibile diversa impostazione metodologica delle basi-dati e dei modelli disponibili e la differente rilevanza delle questioni associate ai diversi indicatori rilevanti fa sì che di norma vengano costruite famiglie di criteri tra loro non del tutto omogenee, ma che comunque devono soddisfare ai vincoli di rappresentatività riconosciuta sia a livello tecnico che a livello politico.⁴⁹

Il livello di aggregazione di ciascun indicatore deve corrispondere all'utilizzo che si vuole fare dell'informazione fornita da quell'indicatore. In generale un livello di aggregazione estremamente spinto serve a dare una visione d'insieme delle ricadute globali delle diverse ipotesi di scenario ma non è sufficiente a dare suggerimenti sui singoli provvedimenti che è opportuno prendere per migliorare alcuni aspetti specifici; ad esempio si possono verificare casi in cui il valore di un indicatore aggregato deriva dalla composizione di effetti contrapposti a scala meno aggregata (la riduzione dei consumi complessivi può derivare da un aumento dei consumi per il trasporto passeggeri e da una riduzione di quelli per il trasporto merci). E' per tale motivo che alcuni indicatori devono essere opportunamente disaggregati per area territoriale e settore di possibile intervento.

Inoltre è necessario specificare sempre il periodo rispetto al quale l'indicatore è stato calcolato. Il periodo sarà caratterizzato sia dalla durata che dalla collocazione temporale. La durata ha significato in relazione alla dinamica del fenomeno che l'indicatore sta a rappresentare, mentre la collocazione temporale è necessaria per fornire l'evoluzione del fenomeno stesso in tutto l'intervallo di tempo di interesse.

Al fine di illustrare la selezione degli indicatori più appropriati per valutare l'impatto ambientale dei trasporti, consideriamo dapprima l'esempio discusso nel rapporto EPA,⁵⁰ ove tra l'altro sono stati analizzati i limiti degli indicatori comunemente utilizzati. Inoltre, è stato definito un modello che mostra come dovrebbero essere costruiti gli indicatori più adatti per comprendere i differenti elementi della relazione tra i trasporti e l'ambiente.

Nel processo di ricerca dell'indicatore ideale e di identificazione di eventuali lacune nei dati, sono state trovate diverse zone dove un indicatore ideale non era disponibile. Gli indicatori realmente quantificati in questo rapporto sono spesso semplici misure di emissioni, perché i dati riguardanti il danno finale generato da una determinata attività spesso non sono disponibili. In alcuni casi addirittura i dati sulle emissioni o sui cambiamenti nell'habitat non sono

⁴⁹ A. Debernardi, A. Mattucci, M.P.Valentini (1999), *Valutazione ambientale strategica del PGT*.

⁵⁰ Environmental Protection Agency - USA, *Indicators of the Environmental Impacts of Transportation*, 1996.

disponibili, in questi casi il rapporto si limita a citare delle misurazioni riguardanti le attività che provocano tali effetti.

In molti casi gli studi sugli impatti ambientali dei trasporti si sono avvalsi di misurazioni di attività inquinanti piuttosto che di veri e propri indicatori di danno ambientale. Per esempio molti rapporti citano *le miglia percorse da un veicolo (VMT)* come un indicatore del potenziale impatto del trasporto sull'ambiente. Tuttavia questo genere di misurazioni risulta non appropriato per valutare correttamente gli impatti ambientali. A tal fine vengono riportati nel seguito i limiti del VMT e di altre comuni misurazioni, e cioè:

- Considerare prioritariamente l'attività inquinante piuttosto che il danno finale provocato da questa.
- Misurare gli impatti tramite il VMT o altre misurazioni di attività inquinanti non tenendo conto della loro localizzazione e delle loro variazioni nel tempo.
- La media degli impatti non è un dato utile laddove dovrebbero essere misurati gli impatti marginali (gli effetti di aumenti incrementali del volume di trasporti sono proprio impatti marginali; ci sono soglie-limite o altre circostanze in cui l'impatto associato ad aumenti addizionali della quota di VMT differisce dalla media degli impatti per VMT).
- I benefici misurati da indicatori, quali *le miglia percorse per passeggero (PMT)* o *le miglia percorse per tonnellata*, variano a seconda della modalità di trasporto o della localizzazione.

Tuttavia, il VMT o altre misurazioni di attività inquinanti sono gli unici dati disponibili per valutare l'impatto ambientale di determinate attività.

Inoltre, lo studio dell'EPA offre un modello per la classificazione dei vari indicatori, suddivisi sulla base del fatto che essi permettano di misurare semplicemente l'attività inquinante, oppure consentano di valutarne anche il danno finale. Tale modello suggerisce che un indicatore di impatto ambientale può essere costruito per misurare semplicemente una attività inquinante (ad es. il VMT), oppure per misurare output intermedi come le emissioni o i cambiamenti nell'habitat (ad es. la misura delle tonnellate di CO₂ emesse o gli acri di terreno spianato), o per definire completamente il danno finale causato da una determinata attività (ad es. il numero di patologie provocate dall'inquinamento atmosferico derivante dai trasporti). Questo modello viene spesso utilizzato per enfatizzare la necessità di misurazioni che permettano di valutare i danni finali. Tuttavia, si evidenzia che spesso tali indicatori di danno finale non sono disponibili, pertanto vengono utilizzati semplici indicatori di *output*.

Consideriamo ora un altro esempio significativo, il caso della valutazione d'impatto del Nuovo Piano Generale dei Trasporti italiano. In esso, il problema della scelta degli indicatori si è indirizzata verso una loro tipologia

in grado di fornire informazioni su aspetti di carattere profondamente diverso. A tal fine sono state individuate cinque classi di indicatori, e cioè:⁵¹

1. *Indicatori di mobilità*, per misurare la domanda di mobilità, i volumi di traffico, la ripartizione modale dei traffici.
2. *Indicatori di dotazione infrastrutturale e veicolare* per misurare l'accessibilità fisica ed il livello di infrastrutturazione trasportistica del territorio.
3. *Indicatori di efficienza tecnico-funzionale* per valutare il livello di razionalità logistica e di efficienza tecnologica del sistema.
4. *Indicatori economici* per definire l'economia delle attività di trasporto per i diversi soggetti coinvolti (utenza individuale, operatori del settore, pubblica amministrazione).
5. *Indicatori di impatto energetico-ambientale* per misurare il livello di pressione esercitato sulle diverse componenti dell'ambiente e del territorio ovvero il grado di soddisfazione di determinati obiettivi di salvaguardia.

Gli indicatori selezionati saranno anche valutati nel contesto territoriale in cui essi assumono particolare rilevanza. In sede di Piano Generale dei Trasporti la suddivisione territoriale presa in considerazione prevede un contesto nazionale, per il quale le varie grandezze sono mediate all'interno di tutto il territorio, un contesto urbano, che corrisponde alla somma delle grandezze relative alle singole città, un contesto extraurbano, dato dalla differenza dei primi due, disaggregato a sua volta, se necessario, in partizioni per rappresentare i contesti regionali e provinciali.

Per la stima degli indicatori prescelti sono stati utilizzati alcuni modelli di simulazione, tra cui in particolare il Sistema SIMPT,⁵² per il contesto extraurbano, eventualmente suddiviso per aree territoriali omogenee (sino al livello di disaggregazione previsto dalla zonizzazione adottata dal Sistema SIMPT), e il modello TREMOVE⁵³ per il contesto urbano. Questo è di enorme rilevanza sotto il profilo della salvaguardia della salute dei cittadini e del raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni e delle vittime da incidenti stradali, pertanto ha bisogno di stime molto aggregate (senza il supporto degli strumenti di simulazione), oppure di assumere

⁵¹A. Debernardi et al. (Op. cit.).

⁵²Il Sistema Informativo per il Monitoraggio e la Pianificazione dei Trasporti (SIMPT) è un modello per la valutazione di impatto energetico-ambientale basato sulla simulazione di scenari di piano. Da esso ci si attende i dati relativi alle caratteristiche della rete infrastrutturale (particolarmente di quella stradale) e gli output relativi ai volumi di traffico ed alle velocità medie per ciascuna modalità di trasporto (strada, ferrovia, aereo e nave).

⁵³Il modello TREMOVE valuta l'effetto sulle emissioni veicolari delle politiche ed il loro costo, fornendo le informazioni necessarie per il modello LEUVEN che a sua volta provvede alla successiva valutazione delle concentrazioni degli inquinanti ed all'individuazione dell'insieme dei provvedimenti più efficaci.

alcuni esempi caratteristici di diverse realtà urbane e metropolitane di cui siano disponibili i dati.

3. INDICATORI VS. INDICI DI SOSTENIBILITÀ

3.1 Introduzione

Come già discusso nel Capitolo 2, nell'ambito del primo approccio agli indicatori ambientali, un ulteriore progresso consiste nell'aggregare gli indicatori più simili, al fine di ottenere gli indici relativi a ciascuno dei campi d'intervento. Ciò è giustificato dalla necessità per i decisori politici di poter disporre di una ulteriore sintesi dell'informazione fornita dagli indicatori, in modo che essa risulti di più rapida ed immediata interpretazione, e sulla quale basarsi per prendere le decisioni. Infatti, è sicuramente più utile (per i decisori politici) avere a disposizione un indice relativo alla qualità dell'acqua, piuttosto che un *set* di indicatori relativi a specifiche caratteristiche fisico-chimiche. A tal fine, si rende necessario lo sviluppo di una delicata procedura di aggregazione e di ponderazione dei diversi indicatori che determineranno poi l'indice finale.

In tale contesto, è utile ricordare la procedura NAMEA proposta in Olanda dall'Ufficio Statistico Olandese (che complementa la struttura esistente dei conti economici nazionali con conti in unità fisiche) in cui per ogni settore economico sono calcolate e poi raggruppate per problema ambientale le principali sostanze inquinanti rilasciate. Viene quindi determinato un peso per ogni sostanza rispetto al suo contributo al problema ambientale, espresso in unità di pressione ambientale. Infine, per ogni problema, il valore presente viene confrontato con il corrispondente valore di target prefissato. Il risultato finale comprende cinque indici ambientali, collegati con la struttura economica e quindi con le eventuali variazioni che in essa intervengono.

Un altro approccio, al quale sta lavorando l'EUROSTAT è il Progetto di Indici Ambientali di Pressione che verrà presentato e discusso nel seguito. Le linee guida seguono la metodologia EXTASY (*Expert Topic Assessment System*): un metodo che misura il peso e l'importanza dei problemi ambientali, attraverso il coinvolgimento di esperti nel campo ambientale.

La procedura è strutturata su due fasi:

- una prima fase in cui un insieme di indici di pressione ambientale (effetto serra, inquinamento atmosferico, ecc.) sono ordinati in base all'importanza che viene loro attribuita da un comitato di esperti. Tale comitato è composto da rappresentanti del mondo scientifico, politico, industriale, della pubblica amministrazione, delle associazioni ambientaliste e dei media;
- una seconda fase in cui un comitato di specialisti per ogni singolo problema ambientale definisce i pesi da attribuire alle singole componenti (CO₂, CFC, ecc.) dei diversi problemi ambientali già

ordinati. Questa fase è particolarmente importante dal punto di vista statistico poiché fornisce un legame con gli indicatori fisici corrispondenti dei diversi problemi ambientali.

3.2 Il Sistema Europeo di Indicatori e di Indici di Pressione Ambientale

Il progetto Europeo degli Indici di Pressione Ambientale (*ESEPI, European System of Environmental Pressure Indices*) rappresenta una descrizione che abbraccia le più importanti attività umane che hanno un impatto negativo sull'ambiente. Esso riflette gli sforzi intrapresi dalla Comunità Europea per fornire ai politici e al pubblico in generale l'informazione necessaria per progettare e monitorare una adeguata politica ambientale per l'Europa.

Il concetto di *pressione sull'ambiente* è ripreso dal modello DPSIR. Dopo un lungo dibattito tra gli scienziati e gli esperti di indicatori, tale modello è stato adottato in quanto esso rappresenta il modo più appropriato di strutturare l'informazione ambientale da parte degli Stati membri dell'Unione Europea e delle organizzazioni internazionali che si occupano di informazione ambientale, come ad esempio l'Eurostat, l'EEA, e (fin dal 1990 come modello PSR) l'OECD.

Nell'ambito del modello DPSIR, l'Eurostat focalizza la sua attenzione sulle *Risposte* (in particolare le spese per la protezione dell'ambiente in base al manuale SERIEE), sulle *Driving Force* (i trend più rilevanti ad esempio nei settori dell'energia, del trasporto, dell'agricoltura) e sulle *Pressioni* ambientali, mentre gli indicatori di *Stato* e d'*Impatto* sono di competenza dell'EEA. In realtà, le competenze non sono così chiaramente delineate e seguono considerazioni pratiche; in particolare, l'EEA ha fornito molti dei dati utilizzati nel Sistema Europeo di Indicatori e di Indici di Pressione Ambientale. Tali indicatori si riferiscono a dieci campi d'intervento (*policy fields*) basati sui temi del V° Programma d'azione della Comunità Europea.

Nella prima parte del progetto è stata inoltre esplorata la possibilità di condensare questi indicatori in dieci indici, uno per ogni campo di azione politica. Ciò sarà relativamente semplice per campi quali il Cambiamento Climatico o la Riduzione dello strato di Ozono, mentre appare più difficile per le altre aree.

3.2.1 Identificazione degli Indicatori nel Progetto TEPI

La scelta degli indicatori più rilevanti è basata, non come solitamente avviene solo sulle indicazioni politiche, ma sulle proposte della comunità scientifica ambientale, cioè su un gruppo di circa 2300 esperti ambientali

europei (*SAGs, Scientific Advisory Groups*),⁵⁴ consistenti principalmente di scienziati di provata competenza provenienti dai 15 Stati Membri dell'UE.

Sulla base delle proposte provenienti dai *SAG* (che tra l'altro includono anche un giudizio sulla rilevanza politica e sulla rispondenza degli indicatori), e dopo la consultazione con statistici ed esperti di indicatori, è stato definito un insieme di 100 indicatori quantitativi che ricoprono le tematiche proposte, cioè 10 per ogni campo di azione politica.

Il progetto TEPI comprende i primi 60 indicatori secondo l'ordine di preferenza espresso dai *SAG*. Un terzo degli indicatori sono fondati su dati raccolti dall'Eurostat, altri fanno uso di dati forniti da altre organizzazioni internazionali come l'EEA e i suoi Centri specializzati per singolo settore, i cosiddetti *Topic Centres*. I rimanenti sono stati costruiti da un gruppo di consulenti internazionali finalizzati a questo progetto.

Attualmente, lo sviluppo in corso di ulteriori indicatori è condizionato dalla disponibilità di dati. Infatti, l'Eurostat prevede di focalizzarsi per il futuro sul miglioramento della qualità dei dati e dell'impatto settoriale, analizzando in particolare i legami tra gli indicatori di *Pressione* e di *Driving Force*.

3.2.2 La qualità dei dati

Gli indicatori proposti per i 15 Paesi Europei rappresentano i primi risultati concreti forniti dai *SAG*. Tuttavia, essi si basano su varie fonti di dati, spesso non ben armonizzate, e su metodologie non ben collaudate, per cui la loro qualità e affidabilità variano per i singoli Paesi. Pertanto, alcuni indicatori non sono ancora ben fondati e necessitano di ulteriori ricerche e analisi.

Al fine di ottenere un giudizio sintetico sullo stato degli indicatori è stato adottato un codice semaforico di qualità, ottenuto attraverso quattro categorie di valutazione, cioè: *rilevanza*, *accuratezza*, *confrontabilità nel tempo*, *confrontabilità nello spazio*, dove

- la *rilevanza* si riferisce alla vicinanza operativa dell'indicatore al problema ambientale (come formulato dai *SAG*), basandosi per la sua determinazione sulla valutazione del danno ambientale;
- l'*accuratezza* viene valutata attraverso la confrontabilità dei dati di base, l'affidabilità della fonte, la copertura del tema trattato, l'affidabilità della metodologia usata per la raccolta e il trattamento dei dati, la validazione

⁵⁴I *SAGs* hanno giocato un ruolo importante nell'identificare la domanda di indicatori di pressione prioritari. Circa 2300 scienziati ambientali (circa 30 per ogni Stato Membro dell'Europa Unita) sono stati chiamati a contribuire alla prima fase di predisposizione del progetto degli Indici di Pressione. Il processo Delphi implicato ha compreso due successivi questionari denominati *SAG-1* (1995) e *SAG-2* (1996).

dei dati (ottenuta ad esempio attraverso analisi di sensitività, la conferma attraverso altri dati o differenti approcci di trattamento dei dati);

- la *confrontabilità nel tempo* si riferisce alla completezza delle serie temporali e alla consistenza della metodologia usata rispetto al tempo;
- la *confrontabilità nello spazio* si riferisce agli Stati Membri rappresentati dagli indicatori, per quanto concerne la metodologia usata (la medesima o una simile), la copertura geografica e l'affidabilità dei dati.

In tale contesto, per ciascun indicatore viene fornito un semaforo di qualità, dove **verde** indica che non ci sono grossi problemi, **rosso** che ci sono grosse riserve, e **giallo** che la situazione è incerta. I colori vengono attribuiti dai SAG in base a una scala di valori che va da **1** a **6**, dove **<2** =rosso, **2-4** =giallo, **>4** =verde. Il questionario relativo alle 4 categorie è riportato in **Appendice II**.

Questi criteri forniscono uno strumento utile, sia per valutare la trasparenza del progetto che per migliorare nel corso del tempo la sua qualità, in termini di copertura e di influenza settoriale degli indicatori. Per alcuni indicatori, il reperimento di nuove fonti di dati potrà determinare un significativo sviluppo nell'intento di rappresentare la effettiva pressione. Ciò evidentemente comporterà a breve e lungo termine uno sforzo notevole di raccolta di dati e di indagine metodologica per rendere gli indicatori sempre più rappresentativi.

3.2.3 La scelta dei primi 60 Indicatori TEPI

Gli indicatori proposti sono stati selezionati⁵⁵ sulla base delle risposte dei SAG al secondo questionario. Agli esperti SAG è stato chiesto, *inter alia*, di estrarre, dalla prima lista contenente la proposta di 30 indicatori, 6 indicatori considerati essenziali per descrivere la totalità delle pressioni per ogni campo di intervento. Gli indicatori sono stati ordinati da sinistra verso destra in base all'importanza, determinata sulla base della frequenza con cui gli esperti li hanno proposti, come illustrato nei diagrammi di frequenza per ciascuno dei 10 campi di intervento considerati (vedi **figure 1-10, Appendice II**).⁵⁶

⁵⁵Una descrizione più dettagliata del processo di selezione è possibile trovarla al sito Internet e-m-a-i-l.nu/tepi.

⁵⁶Gli aspetti più pertinenti la ricerca coinvolta nel progetto, come le metodologie di aggregazione dei 60 indicatori vs. 10 Indici di Pressione, i collegamenti con gli indicatori economici e sociali, nonché la potenziale estensione dell'attenzione corrente sulle Pressioni sull'ambiente vs. gli indicatori di sostenibilità nel più ampio senso, prodotti dalla Commissione delle NU sullo sviluppo sostenibile (UN-CSD), sono reperibili al sito <http://esl.jrc.it/enwind/>.

SAG-1: Attraverso il primo questionario venne chiesto ai *SAG* di proporre per ciascun campo di intervento un certo numero di indicatori di pressione. In totale, vennero suggerite circa 200 proposte, queste tuttavia avevano spesso un livello misto di aggregazione che non si conformava ai criteri degli indicatori di pressione. Tali proposte pertanto dovettero essere ulteriormente elaborate e raggruppate in modo da ottenere una lista di 30 indicatori più strettamente correlati al rispettivo campo di intervento.

SAG-2: In tale questionario venne chiesto di stabilire un rango all'interno della lista dei 30 indicatori selezionati, in base ai seguenti tre criteri di qualità così denominati:

- *policy relevance*
- *analytical soundness*
- *responsiveness*

Venne inoltre richiesto ai *SAG* di fornire una loro lista personale contenente gli indicatori più essenziali, tratti dalla lista proposta. Ciò ha portato al cosiddetto *core ranking* degli indicatori. Gli indicatori dall'1 al 6 di quest'ultima lista sono stati ulteriormente elaborati durante il primo anno del progetto TEPI e (a parte alcuni indicatori che non potranno essere ulteriormente rielaborati) costituiranno ancora l'argomento di indagine dei successivi TEPI (2° anno, 3° anno, ecc.). In particolare, al 3° anno del progetto TEPI, i settori economici sono divenuti i seguenti:

- *agricoltura*
- *energia*
- *pesca*
- *domestico*
- *industria*
- *turismo*
- *trasporti*.

SAG-3: E' in corso la terza indagine dei *SAG* per il miglioramento complessivo degli indicatori e per avviare le prime operazioni di aggregazione e di valutazione del loro peso.

Solo gli indicatori o gli indici regolarmente pubblicati ogni anno diventano sufficientemente importanti da influire in modo significativo sulle iniziative politiche. Tuttavia, quando essi diventano troppo potenti, il loro significato originale può essere perduto (ad es. il PIL all'origine non era destinato a diventare un indicatore di benessere sociale). Siccome quest'ultimo effetto non è sempre desiderabile, è necessario sviluppare un meccanismo che assicuri che gli indici di pressione mantengano la loro rilevanza politica (attraverso la continuità e la stabilità della loro presentazione) pur

accettando la loro evoluzione. Inoltre, è necessario assicurare la continuità della validità scientifica degli indicatori di pressione e mantenere una struttura consistente e trasparente (secondo lo schema del *core set* già fornito dai *SAG*). Ciò potrà essere ottenuto chiedendo regolarmente ai *SAG* medesimi annualmente (o due volte all'anno) di verificare la validità scientifica dell'insieme degli indicatori e di sostituire quelli obsoleti con nuovi, tenendo conto dello stato del dibattito scientifico e politico più recente.

Nonostante che l'insieme dei 60 indicatori (selezionati nella prima fase dello studio) appaia abbastanza convincente, occorre ricordare che la procedura di selezione era basata principalmente sulle percezioni dei *SAG*, senza la possibilità da parte loro di un maggiore approfondimento dei dati. Con tale contesto, la fase attuale consiste nel verificare la lista primitiva degli indicatori di pressione, cercando di aggiornarla sia sulla base dell'evoluzione della loro rilevanza politica usando gli ultimi 5-10 anni di dati, che dello sviluppo della conoscenza e del progresso scientifico che c'è stato nel frattempo.

3.2.4 Criteri di selezione degli indicatori

Policy Relevance (Interesse nell'ambito politico)

Un indicatore ambientale (*ideale*) dovrebbe:

- Fornire un quadro rappresentativo sulle condizioni ambientali, le pressioni sull'ambiente o le risposte della società;
- Essere semplice, facile da interpretare e capace di mostrare i trend nel tempo;
- Rispondere ai cambiamenti dell'ambiente e delle attività umane correlate;
- Fornire una base per confronti internazionali;
- Avere sia una finalità nazionale, sia essere applicabile a problemi ambientali regionali di rilevanza nazionale;
- Avere una soglia o un valore di riferimento con cui confrontarlo in modo che gli utenti possano valutare il significato dei valori ad esso attribuiti.⁵⁷

Invero, il problema è molto delicato, poiché se gli indicatori offrono informazioni controverse nei dibattiti politici non aiutano a risolvere le contrapposizioni tra le parti, d'altra parte se il dibattito è pacifico e le parti contrapposte si mettono facilmente d'accordo, vuol dire che l'indicatore rappresenta un inutile spreco di risorse. Pertanto, nel progetto TEPI venne richiesto ai *SAG* di fornire un parere in tal senso sugli indicatori. I risultati

⁵⁷OECD(1998), *Towards Sustainable Development - Environmental Indicators*.

però furono piuttosto deludenti, in quanto gli esperti tendevano ad indicare gran parte degli indicatori come politicamente rilevanti e a conservare quasi sempre lo stesso rango per i *core indicators*.⁵⁸

Anche il numero ottimale di indicatori dipende dalla loro rilevanza nel dibattito politico. Invero, la presenza di un piccolo numero di indicatori e spesso la loro debole qualità statistica fa sì che i decisori politici non li prendano in seria considerazione. L'andamento della legge di copertura dei temi ambientali vs. il numero degli indicatori di pressione è una legge di tipo esponenziale saturata, come mostrato nella **figura 3.1**.

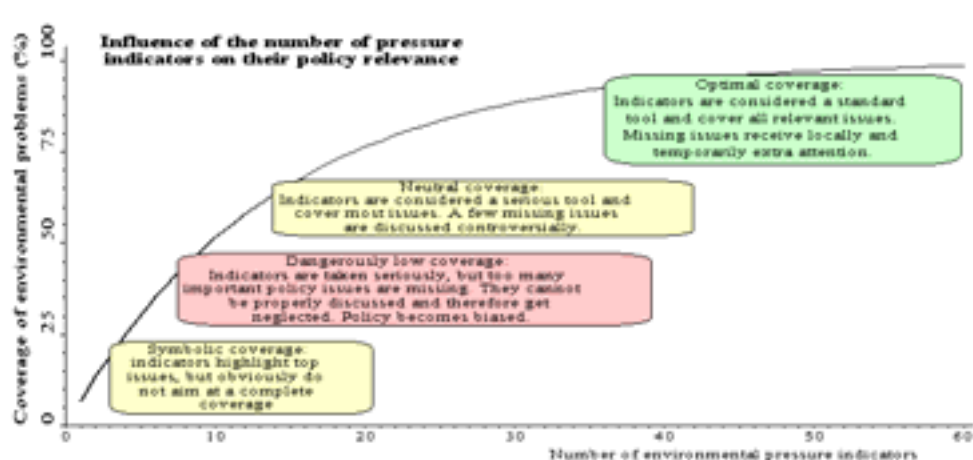


Figura 3.1 - Influenza del numero di indicatori di pressione sulla loro rilevanza politica.

Analytical soundness (Solidità analitica)

Un indicatore ambientale dovrebbe:

- Essere teoricamente ben fondato in termini tecnici e scientifici;
- Essere basato su standard internazionali e avere un consenso internazionale sulla sua validità;
- Prestarsi ad essere collegato a modelli economici e a sistemi di previsione e di informazione.⁵⁹

⁵⁸ESEPI (1999), *The Indicators, Part I: Introduction to the political and theoretical background (Draft)*.

⁵⁹OECD (1998), Op. Cit.

Infatti, uno dei requisiti chiave nel costruire un indicatore è se esso rappresenti una misura del problema o piuttosto qualcosa d'altro. Idealmente, l'indicatore dovrebbe essere strettamente correlato alle cause del problema da risolvere. Per es. l'impatto sulla salute può essere causato da particelle. Un indicatore "emissione di particelle" mirerebbe direttamente alla causa, un indicatore "numero di automobili per famiglia", benché sia significativamente correlato al problema, fornirebbe un messaggio fuorviante al pubblico e agli operatori politici, in quanto attraverso la sola riduzione del numero delle automobili non si risolve il problema. D'altra parte, il messaggio corretto "ridurre le emissioni di particelle" incoraggerebbe i decisori ad esaminare tutte le possibili opzioni, dal minore traffico alle soluzioni tecnologiche, nonché scelte miste che implicherebbero minori costi e risultati più veloci.

Responsiveness (Rispondenza)

Gli indicatori devono essere *rispondenti* alle possibilità di intervento politico senza eccessivi costi politici. Infatti, un indicatore che non fosse in grado di essere migliorato non può risultare utile per i decisori politici. Ad es. la densità di popolazione dovrebbe essere una componente di ogni indice di pressione, ma avrebbe un peso schiacciante sulle altre componenti del problema; pertanto, occorre puntare solo su quelle correlate alla presenza dell'essere umano (cioè suscettibili di miglioramento senza presupporre l'eliminazione dell'essere umano stesso). Quando l'indicatore è rivolto a trend non controllabili in modo conveniente dalla politica (come ad es. il volume totale del trasporto per l'indice *Inquinamento dell'aria*) ci si deve concentrare solo su quelle componenti dell'indice su cui è più facile intervenire.

E' possibile stabilire un'equazione simbolica per la scelta delle priorità di intervento, cioè:

$$\text{Peso (Importanza politica)} + \text{Rispondenza (Costi politici)} = \text{Collocazione delle priorità.}$$

Invero, un indice consiste in una serie di indicatori (economici, sociali, ecc.) aggregati sulla base di un'unità comune (per es. euro, dollari, importanza politica, pressione percepita del problema, ecc.). A prima vista, si potrebbe pensare che i pesi determinino direttamente le priorità politiche. Tuttavia, non tutte le componenti sono ugualmente *rispondenti*: alcune possono essere facilmente ridotte alla condizione di divenirlo (riducendo ad es. i costi politici⁶⁰), altre no, o per ragioni tecniche o perché implicanti forti resistenze politiche. Pertanto, è evidente che anche tali costi possano influire in modo importante sulla scelta delle priorità di intervento. Le decisioni risultanti

⁶⁰ L'unità di misura potrebbe essere espressa ad esempio in milioni di voti perduti.

favoriranno così le componenti con un alto peso e quelle relative a costi relativamente bassi.

Measurability (Misurabilità)

I dati richiesti a supporto dell'indicatore dovrebbero essere:

- Facilmente disponibili o resi disponibili ad un ragionevole rapporto costi/benefici;
- Adeguatamente documentati e di qualità conosciuta;
- Aggiornati ad intervalli di tempo regolari secondo procedure affidabili.⁵

Nel secondo questionario ai *SAG* è stata offerta la più ampia scelta possibile di versioni del medesimo tipo di indicatore (ad es. emissioni di CO₂ *pro capite*, per PIL, ecc.) nella speranza di poter identificare in tal modo la variabile dell'indicatore più appropriata per descrivere il tema considerato. Invece, soltanto una di tali variabili ricevette una frazione dei voti come indicatore principale. Pertanto, i voti parziali delle singole variabili vennero sommati e conteggiati come se fossero riferiti ad un'unica proposta di indicatore. Questo *re-clustering* è stato fatto anche per quegli indicatori riferiti a temi leggermente differenti (per es. diversi tipi di rifiuti pericolosi), in modo da poter mantenere nella lista principale anche problemi ambientali importanti che altrimenti sarebbero stati esclusi. In tal modo fu possibile migliorare la copertura dei campi di azione (misurata dal numero di volte che gli indicatori venivano dichiarati essenziali nella domanda *core*) senza far proliferare il numero totale degli indicatori.

3.2.5 I principi di aggregazione adottati

Lo scopo dell'aggregazione è consentire il confronto tra due situazioni (ad es. due paesi, due regioni, due opzioni tecnologiche) attraverso un singolo strumento di rappresentazione. Per illustrare il problema, possiamo ricorrere ad un esempio. Una amministrazione comunale deve decidere se trattare i rifiuti cittadini avvalendosi di una discarica, oppure costruendo un impianto di incenerimento. Quando si aggregano gli indicatori in indici, si devono considerare tre passi distinti:

1. Scelta delle componenti dell'indice

Si tratta di decidere quali elementi sono necessari per scegliere tra l'opzione discarica (A) o l'opzione inceneritore (B). Siccome la lista dei 100 indicatori è stata concepita per offrire una copertura completa di tutti i problemi ambientali, possiamo considerarla come una sorta di menù da cui estrarre gli indicatori necessari. Per esempio:

L'opzione (A) produce metano (CC-2), emissioni di metalli pesanti in acqua (TX-4), uso del territorio (UP-6), BOD (WP-6).

L'opzione (B) produce NO_x, NMVOC, SO₂ ed emissione di particelle (da AP-1 a AP-4), emissioni di CO₂ (CC-1), emissioni di metalli pesanti in aria (TX-5), rumore (UP-5), un certo consumo di suolo (UP-6) e rifiuti pericolosi (WA-3).

2. Ponderazione

Si tratta di decidere quale peso deve essere dato ad un indicatore (problema) al fine di dare un quadro della pressione complessiva nel rispettivo campo politico.

Nel progetto degli indici di pressione, il problema della ponderazione non è stato ancora risolto completamente, ma in prima approssimazione ci si potrebbe avvalere della frequenza con cui i *SAG* hanno scelto quel particolare indicatore, nella lista degli indicatori principali.

Per esempio, per il tema inquinamento dell'aria, i *SAG* hanno deciso di considerare 6 indicatori tratti dalla lista dei 30 indicatori ritenuti essenziali per dare una buona descrizione della pressione totale. Sebbene i coefficienti di ponderazione non venissero richiesti loro direttamente, si può ritenere che la relativa frequenza nella curva di distribuzione corrisponda approssimativamente al "peso politico" dell'indicatore, per cui risulterebbe che l'NO_x e l'NMVOC rappresenterebbe all'incirca la metà del problema pressione del campo d'intervento *inquinamento atmosferico*, mentre i rimanenti quattro risulterebbero di minore importanza. Fino a quando non saranno disponibili i risultati dell'ultimo questionario, la distribuzione degli indicatori *core* potrebbe essere utilizzata in prima approssimazione per calcolare gli indici.

3. Valutazione

Mentre a livello nazionale il trend (x% per anno) dovrebbe essere giudicato dai *SAG*, a livello di un progetto specifico si deve trovare un altro tipo di normalizzazione o unità di valutazione, cioè nel caso considerato, ad esempio "grammi di emissione di NO_x per kg di rifiuti inceneriti". In genere, bisognerebbe esaminare le opzioni tecnologiche e raggrupparle in classi di qualità cioè:

- 0-a g di NO_x/kg di rifiuti ? Tecnologia avanzata, ma costosa (*molto buono*)
- a-b g di NO_x/kg di rifiuti ? La migliore tecnologia disponibile (*buono*)
- b-c g di NO_x/kg di rifiuti ? Tecnologia con un buon standard (*soddisfacente*)
- c-d g di NO_x/kg di rifiuti ? Tecnologia economica, ma obsoleta (*preoccupante*).

Per l'esempio "discarica vs. incenerimento", i tre passi considerati rispondono alle seguenti domande:

- Quali pressioni ambientali sono così importanti da doverle discutere?
- Quali delle due opzioni può essere trascurata?

- Quanto preoccupanti sono in generale le pressioni (e gli impatti conseguenti)?

Per un indicatore, come possiamo giudicare se la tecnologia offerta è buona o cattiva? L'esame delle varie opzioni può essere effettuato al livello di dieci indici (in un gruppo di ingegneri) oppure al livello di un indice (in un gruppo comprendente esperti ambientali, economisti e politici).

Si noti che tutti i fattori, specialmente nella fase della ponderazione, possono essere modificati secondo le esigenze locali o regionali, tuttavia, al fine di mantenere la consistenza e la possibilità di confrontare una decisione politica con un'altra in una regione o città differente, ogni deviazione (dal coefficiente di ponderazione nazionale o internazionale) dovrebbe venire giustificato esplicitamente, in modo da non entrare in conflitto con le scelte di priorità nazionale basate sugli accordi internazionali. Ad esempio, se al livello delle scelte politiche locali, per le discariche dei rifiuti l'emissione di metano venisse esclusa dalla lista degli indicatori, ciò sarebbe in conflitto con gli impegni assunti dal protocollo di Kyoto per la riduzione dei gas serra.

La seconda parte del 3° Rapporto *SAG* esplorerà la possibilità di aggregare i 6 oppure 10 indicatori di pressione di ciascun campo in un unico indice. L'indirizzo attuale per la procedura dell'aggregazione comprende le due fasi distinte della ponderazione e della valutazione. La ponderazione indica il peso che un indicatore dovrebbe avere nel fornire un quadro rappresentativo della pressione complessiva nel rispettivo campo di intervento. La valutazione è riferita al giudizio di qualità (se buono, soddisfacente o pericoloso) dell'andamento del trend dello specifico indicatore.

Questa distinzione che tiene conto del dibattito sui carichi critici, la capacità portante del sistema, ecc., suggerisce che una semplice operazione di media dei trend di emissione sarebbe fuorviante, poiché alcuni tipi di pressione, benché importanti, possono essere tollerati o risolti attraverso un processo di intervento lento, accettabile economicamente, mentre altri necessitano di un'attenzione immediata quando vengono raggiunti i livelli critici. Inoltre, la semplice moltiplicazione non è nemmeno possibile a causa della differente rispondenza degli indicatori. Per esempio, una riduzione annua dell'1% delle emissioni di CO₂, verrebbe giudicata molto probabilmente buona, date le enormi difficoltà di adattare l'intera economia a un diverso atteggiamento verso l'uso dell'energia; d'altra parte, una riduzione delle emissioni di piombo o CFC dell'1%, verrebbe probabilmente giudicata soltanto soddisfacente, poiché è relativamente poco costoso farlo, come dimostrato nel passato.

Nel 3° questionario ai *SAG* venne inoltre richiesto di dichiarare la loro collocazione nel quadro politico. Vedi l'estratto seguente dal questionario:

"Independently of the still controversial methodological debate on the advantages and disadvantages of aggregated indices, their acceptability as policy tools depends very much on whether experts with different *political* backgrounds can agree on weighting systems to be used for aggregation. There are observable differences in the valuation of environmental issues between experts, which sometimes seem to be correlated with "closeness" to the most relevant policy actors, such as:

- the *government* (typically represented by the environment ministries)
- the *economic sectors* (typically represented by industry and agriculture associations)
- the *environmental NGOs* (such as Friends of the Earth, Greenpeace, WWF, ...)

It would help the further development of indicators and indices very much if we knew better:

1. where exactly scientists with different political affinities *disagree*, regarding e.g. the importance of indicators, the weights to be used in a pressure index for their policy field, or the valuation of trends (questions A-C); this would allow us to prioritize such issues for further in-depth research;

2. where experts with different political affinities are closer to a *consensus*; this would allow us to start carefully testing the pressure indices system, and to gain practical experience with the use of indices for communication to the public and as support tools for decision-making purposes.

Of course, scientists tend to say (and believe) that they are totally independent, objective and neutral. However, nobody is free of personal beliefs and values, and quite naturally we trust some people more than others. Could you please tell us below to which of the political actors you personally have more confidence? Like all your answers to this questionnaire, *we will treat this information absolutely confidential*.

When issues are discussed that require considerable technical knowledge, I personally have most confidence in the scientific competence of... (*please tick only one box*)

☐ experts close to the government (environment ministry)

☐ experts close to economic sector associations

☐ experts close to environmental NGOs. "

A prima vista questa richiesta può apparire molto distante dal modo di pensare usuale di un servizio statistico; ma lo scopo di fornire risultati obiettivi, neutrali e non controversi per gli indicatori implica la necessità di valutare quanto tali risultati possano esseri controversi. Senza questa verifica empirica, sarebbe difficile distinguere tra i risultati che si possono ritenere definitivamente validi e quelli che invece richiedono un ulteriore

approfondimento (presumibilmente al di fuori del metodo di analisi adottato) in modo da poter essere accolti anche dagli operatori di politica ambientale.

Ci si può aspettare che la sensibilità politica dei risultati (ottenuti in tal modo), sia bassa per la parte che si riferisce alla ponderazione, mentre per quella relativa alla valutazione essa rivelerà sostanziali differenze tra gli esperti vicini ai settori economici e quelli più vicini alle associazioni ambientaliste. Questo è un problema inerente a tutti i metodi di valutazione (monetizzazione da disponibilità a pagare o da costo di prevenzione, distanza dagli obiettivi, ecc.), ma non c'è mai stato uno sforzo sistematico per quantificare il grado di controversia, almeno non al livello di dettaglio fornito dall'insieme dei 60/100 indicatori considerati.

3.3 Principali proprietà e funzioni degli indicatori nello schema DPSIR

D, Driving force. Gli indicatori di *Driving force* (forze determinanti o trainanti) non sono molto *rispondenti* (elastici). Invero, i fenomeni monitorati, ad es. il traffico stradale, il consumo di energia, ecc., sono pilotati da "forze economiche potenti" e pertanto è difficile attendersi che i loro trend possano cambiare drasticamente nel futuro.⁶¹ Tuttavia gli indicatori di Driving force sono utili al fine di:

- a) Calcolare una varietà di indicatori di pressioni, ad es. moltiplicando la distanza percorsa dalle automobili per coefficienti specifici, e ottenendo così indicatori come "la CO₂ media per auto e per km", ecc.;
- b) Aiutare i decisori a pianificare le azioni (risposte) necessarie a evitare problemi futuri (pressioni) come per es. la capacità delle strade;
- c) Costituire una base per sviluppare scenari e pianificazioni a lungo termine.

P, Pressure. Gli indicatori di *Pressione* sono rivolti direttamente alle cause del problema. Un aspetto specifico degli indicatori di pressione è che essi dovrebbero essere *rispondenti*, in modo da offrire ai decisori la possibilità di ridurre prontamente le pressioni, intervenendo con appropriate azioni. Essi possono inoltre stimolare gli interventi politici, in quanto ne possono dimostrare abbastanza prontamente l'efficacia.

S, State. Al contrario, gli indicatori di *Stato* sono spesso troppo lenti nella risposta; un indicatore di *Stato*, come ad es. tipicamente quello collegato all'acidità dei suoli, dipende dalle emissioni di NO_x e SO₂ degli ultimi dieci anni. Tali indicatori in generale sono strumenti poco pronti, ma appropriati

⁶¹E' evidente che nessuna autorità politica vorrà risolvere il problema del traffico, ad esempio, riducendo il numero delle auto private.

per consentire una prima valutazione della situazione, come nel caso della pianificazione del ripristino di habitat o di interventi di bonifica del suolo.

I, Impact. Gli indicatori di impatto reagiscono ancora più lentamente alle risposte. Invero, quando si avvertono gli impatti, è troppo tardi per l'azione. In generale, le correlazioni statistiche esistenti tra pressioni, stato ed impatti sono difficili da determinare a causa degli enormi ritardi delle risposte e dell'influenza di variabili esogene (non ambientali). Lo scopo principale degli indicatori di impatto è quello di dimostrare alcuni aspetti del modello DPSIR, in particolare le catene causa-effetto e di promuovere dibattiti sulle azioni da intraprendere per evitare futuri impatti negativi. Pertanto, essi non sono indicatori statistici, ma rappresentano modelli di decisione.

R, Response. Gli indicatori di risposta sono molto rapidi poiché monitorano le misure (azioni) con le quali si intende mettere in moto il lento sistema socio-economico. Ad esempio:

- L'aumento dei prezzi dell'energia dovuti all'introduzione di una tassa possono essere messi in atto immediatamente, mentre gli effetti completi di tale misura (diminuzione dell'uso dell'energia e delle emissioni di CO₂ dovute a cambiamenti comportamentali, tecnologici ed altri) diverranno osservabili solo tra 5-10 anni.
- Il volume di denaro speso dalle autorità pubbliche e dalle industrie per le misure di protezione ambientale può fornire un'indicazione immediata della bontà delle azioni intraprese.

In conclusione, non ci può essere una garanzia *a priori* che le risposte politiche (azioni, misure, strumenti, aumenti del *budget* per l'ambiente, ecc.) siano utili ed efficienti: il monitoraggio del loro successo potrà essere realizzato soltanto nel futuro attraverso gli indicatori di pressione e di stato.

3.4 Descrizione dei principali campi di azione del settore trasporti

3.4.1 Inquinamento atmosferico, cambiamento del clima, riduzione dello strato di ozono: emissioni da traffico veicolare

La *performance* del traffico è un parametro di *Driving force*, che dipende dal numero di veicoli e dai km percorsi, cioè il numero di veicoli * chilometri. La maggior parte dei problemi ambientali provengono dal traffico stradale che è responsabile in particolare della maggior parte dell'inquinamento urbano. L'inquinamento dovuto alle automobili alimentate a benzina consiste principalmente di NO_x, di HC e CO. Tuttavia, l'uso delle marmitte catalitiche a partire dagli anni '90 ha portato alla riduzione delle emissioni di queste sostanze.

Per le auto Diesel in passato le emissioni di SO₂ costituivano una fonte importante di inquinamento, però l'introduzione di gasolio a basso contenuto di zolfo, ha determinato recentemente una significativa riduzione di tali emissioni.

Tuttavia, i veicoli a motore Diesel rimangono i principali responsabili delle emissioni di particolati (polveri totali sospese).

3.4.2 Perdita di Biodiversità

Le opere di ingegneria civile per la costruzione di infrastrutture stradali comportano disturbi, perdita e frammentazione degli habitat naturali e la separazione degli insediamenti umani. In tale contesto, sono considerate le strade, le ferrovie e gli aeroporti.

Inoltre, negli anni recenti gli intensi flussi di turisti, che hanno invaso le aree costiere, hanno prodotto ulteriori pressioni sulla biodiversità.

Infine, l'uso di pesticidi lungo le infrastrutture stradali, nonché l'emissione di rumore in prossimità di autostrade ed aeroporti, hanno determinato pesanti ripercussioni sulla popolazione degli uccelli e dei mammiferi.

3.4.3 Rifiuti

I rifiuti dovuti ai trasporti sono gestiti da impianti specializzati, e coinvolgono (in collaborazione con le autorità locali) problemi di raccolta, smaltimento e riciclaggio.

Un problema particolare è costituito dalla raccolta e il riciclaggio delle macchine dismesse.

3.4.4 Ambiente marino e Zone costiere

Lo sversamento di petrolio e altre sostanze tossiche lungo le zone marine e costiere sono responsabili dell'inquinamento chimico che, danneggiando la biodiversità, pregiudica lo sfruttamento futuro delle risorse.

3.4.5 Inquinamento dell'Acqua e Risorse d'acqua

Come per il campo d'azione precedente, le acque interne e le acque sotterranee sono danneggiate dagli sversamenti di petrolio ed altre sostanze tossiche legate ai trasporti.

All'inquinamento delle acque sotterranee concorre anche lo sbrinamento degli aerei.

3.4.6 Riduzione delle Risorse

Il consumo delle risorse per il settore non è stato trattato separatamente per il *Sectoral Infrastructure Project (SIP)* dei trasporti. Notiamo che tali progetti hanno lo scopo di sviluppare un supporto metodologico di base per calcolare gli indici di pressione ambientale per i più importanti settori di

attività economica. Infatti, il consumo d'energia del settore e l'uso di materiali per l'equipaggiamento dei trasporti, per la costruzione di strade, aeroporti, ferrovie, ecc. costituiscono una fetta interessante del consumo di risorse complessive.

3.4.7 Dispersione di Sostanze Tossiche

Questa tematica è principalmente riferita alla possibilità di incidenti da trasporto di sostanze pericolose e alla dispersione di sostanze tossiche. I due indicatori "Incidenti di inquinamento superficiale" e "Incidenti di inquinamento in zone costiere" sono già stati compresi nella tematica "Perdita di Biodiversità" e "Ambiente marino e Zone costiere".

3.4.8 Problemi dell'Ambiente Urbano

Rumore. Il rumore è un suono sgradevole, che può essere descritto in termini scientifici, ad esempio, attraverso lo spettro e la banda di frequenza, l'intensità e la durata. Il rumore ha effetti nocivi, e può essere più o meno tollerabile, a seconda del fastidio, del senso di fatica e del disturbo, in taluni casi anche del dolore, che può causare sugli esseri umani. L'effetto del rumore sugli animali selvatici è già incluso nel tema "Perdita di biodiversità".

Le emissioni di rumore e i loro effetti variano molto da una modalità di trasporto ad un'altra. Le strade costituiscono le principali sorgenti di rumore, seguite in ordine d'importanza dalle aree urbane e dagli aerei. Evidentemente, le aree densamente popolate ed edificate costituiscono il luogo dove il disturbo da rumore colpisce di più la popolazione.

In relazione agli edifici residenziali, particolare attenzione deve essere posta nella disposizione delle abitazioni, in modo che il rumore proveniente dalle strade e dagli aeroporti più vicini non dia fastidio. D'altra parte, nelle aree già urbanizzate, al fine di promuovere il benessere dei cittadini, è stato imperativo intraprendere delle misure per ridurre il rumore da traffico stradale. Con tale contesto, la maggior parte degli Stati Europei ha avviato un programma di monitoraggio per misurare il livello di rumore equivalente, DB(A), nelle principali aree a rischio.

Nel novembre 1996, la Commissione Europea ha presentato un Foglio Verde (*Green Paper*) sul *Future Noise Policy* [COM(96)540]. Il Foglio Verde costituisce il primo passo nello sviluppo di un programma di abbattimento del rumore nella revisione del V° Programma di Azione Ambientale (COM(95)647) e mira a stimolare il pubblico dibattito sul futuro approccio alla politica sull'inquinamento da rumore.

Gli obiettivi posti per l'anno 2000 dal V° Programma d'Azione europeo, e successivamente ripresi da documenti relativi al settore dei trasporti⁶², prevedono di:

- garantire che il livello sonoro di 85 dB(A) non venga superato in nessun caso;
- eliminare l'esposizione notturna della popolazione ad un livello sonoro superiore a 65 dB(A);

fare in modo che la quota-parte di popolazione sottoposta a livelli sonori superiori a 55 dB(A) non aumenti.

3.5 Identificazione degli indicatori importanti per il settore dei trasporti

3.5.1 Gli indicatori del progetto TEPI

Basandosi sulla lista globale inizialmente proposta di 30 indicatori per tema ambientale, il gruppo dei *SAG* ha effettuato la seguente selezione di interesse specifico per il settore trasporti:

Air Pollution

AP-1 Emissions of nitrogen oxides (NO_x) by economic activity

AP-2 Emissions of volatile organic compounds (VOC) by economic activities

AP-3 Emission of sulphur dioxide (SO₂) by economic activity

AP-4 Emissions of particles by economic activity

AP-8 Total emissions of selected persistent organic compounds

AP-13 Emissions of carbon monoxide (CO) by economic activity

AP-16 Emissions of heavy metals by economic activity

AP-2 Total fugitive emissions from hydrocarbons

AP-22 Emissions of methane (CH₄) by economic activity

AP-23 Emissions of nitrous oxide (N₂O) by economic activity

Climate Change

CC-2 Emissions of methane (CH₄) per year

CC-1 Total CO₂ emissions *per capita*

CC-3 Emissions of nitrous oxide (N₂O) per year

CC-5 Emissions of nitrogen oxides (NO_x) per year

CC-7 Particle emissions

⁶²Commissione Europea, Direzione Generale dei Trasporti: *Libro verde su una tariffazione equa ed efficace; Opzioni in materia d'internalizzazione dei costi esterni dei trasporti nell'Unione Europea*. Bruxelles, 1995.

CC-6 Emission of SO_x per year
 CC-9 NMVOC per year per sector
 CC-12 Emissions of carbon monoxide (CO) per year per sector

Loss of Biodiversity

LB-1 Protected area loss, damage and fragmentation
 LB-6 Change in traditional land use practise
 LB-8 Pesticide use on land
 LB-4 Fragmentation of natural and semi-natural forest
 LB-10 Riverbank loss through artificialisation
 LB-9 Loss of forest diversity - increase in exotic monoculture
 LB-4 Landscape fragmentation by roads/intersections
 LB-18 Surface pollution incidents
 LB-20 Traffic intensity in protected areas

Marine Environment & Coastal Zones

ME-4 Heavy metal discharges
 ME-7 Priority habitat loss
 ME-8 Wetland loss
 ME-10 Faecal pollution
 ME-3 Development along shore
 ME-5 Oil pollution at coast
 ME-5 Oil pollution at sea
 ME-24 Density of marine transport
 ME-23 Accidents in coastal zones & areas

Ozone Layer Depletion

OD-1 Emissions of bromofluorocarbons (halons)
 OD-2 Emissions of CFC
 OD-4 Anthropogenic emissions of CO₂
 OD-3 Emissions of HCFCs
 OD-5 Anthropogenic emissions of NO_x
 OD-8 Anthropogenic emissions of CH₄
 OD-9 Anthropogenic emissions of N₂O

Resource Depletion

RD-2 Use of energy *per capita*
 RD-3 Increase in territory permanently occupied by infrastructure
 RD-7 Use of mineral oil as fuel
 RD-12 Use of natural gas as a fuel

Dispersion of Toxic Substances

TX-2 Emissions of persistent organic pollutants

TX-4 Index of heavy metal emissions to water
 TX-5 Index of heavy metal emissions to air
 TX-7 Emissions of heavy metals by consumption

Urban Environmental Problems

UP-1 Energy consumption
 UP-6 Land Consumption (Change from natural to built-up areas)
 UP-1 Emissions of CO₂
 UP-5 People endangered by noise emissions, Noise levels of vehicles fleet
 UP-4 Share of private car transport
 UP-13 Traffic accidents with victims (injured and/or dead)

Waste

WA-3 Hazardous waste according to directive 91/689/EWG
 WA-4 Municipal waste
 WA-6 Waste recycled/material recovered (by the sector transport)
 WA-1 Total waste landfilled (by the sector transport)
 WA-2 Total waste incinerated (by the sector transport)

Water pollution and water resources

WP-7 Emissions of heavy metals, by metal
 WP-9 Total waste water collected/water use
 WP-11 Water recycling by transport

3.5.2 Insieme degli indicatori suddivisi per campo di intervento

a) Air Pollution⁶³

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
AP	Emissions of CO, HC, NOx, SOx, particles, NMVOC – road	ton/yr, g/km
AP	Emissions of CO, HC, NOx, SOx, particles, NMVOC – rail	ton/yr, g/km
AP	Emissions of CO, HC, NOx, SOx particles, NMVOC – air	ton/yr, g/km
AP	Emissions of CO, HC, NOx, SOx particles, NMVOC – sea	ton/yr, g/km
AP	Emissions of CO, HC, NOx, SOx particles, NMVOC – inland waters	ton/yr, g/km
AP-8	Emissions of selected persistent organic compounds	ton/yr
AP-16	Emissions of heavy metals by transport mode	ton/yr, g/km
AP-2	Emissions of total fugitive from hydrocarbons by transport (PM10)	ton/yr, g/km

⁶³Le emissioni dal settore trasporti sono compilate sulla base di un ampio range di ipotesi, e quindi con ampi margini di incertezza. I problemi principali sorgono nella determinazione del consumo di energia e dei chilometri percorsi per ciascun Stato. Inoltre, la determinazione dei fattori di emissione risulta spesso non accurata.

b) Climate Change

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
CC-1-3,5-9	Emissions of CO, CH ₄ , NO _x , CO ₂ , SO _x , particles, NMVOC – road	ton/yr, g/km
CC-1-3,5-9	Emissions of CO, CH ₄ , NO _x , CO ₂ , SO _x , particles, NMVOC – rail	ton/yr, g/km
CC-1-3,5-9	Emissions of CO, CH ₄ , NO _x , CO ₂ , SO _x , particles, NMVOC – air	ton/yr, g/km
CC-1-3,5-9	Emissions of CO, CH ₄ , NO _x , CO ₂ , SO _x , particles, NMVOC – sea	ton/yr, g/km
CC-1-3,5-9	Emissions of CO, CH ₄ , NO _x , CO ₂ , SO _x , particles, NMVOC – inland waters	ton/yr, g/km

c) Loss of biodiversity⁶⁴

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
LB-1	Protected area loss, damage and fragmentation by transport	Length or km ² /km ³ total area per year
LB-6, LB-4	Changes in natural landscape/fragmentation by traffic areas distributed by roads, railroads, harbours and airports	Length or km ² /km ³ total area per year
LB-8	Pesticide use on land used by transport	ton/yr

⁶⁴1) Un indicatore di “Changes in natural landscape into traffic areas distributed by roads, rail roads, harbours and airports” coinvolge tutte le nuove costruzioni in infrastrutture e le aree di servizio per le stazioni ferroviarie e metropolitane. E' ragionevole attendersi che è necessario identificare l'uso totale del suolo negli Stati Membri, allo scopo di verificare la correttezza dei singoli contributi di informazione e prevenire doppi conteggi. L'uso crescente di foto da satellite e l'uso del GIS (Geographical Information Systems) faciliterà l'apporto di informazione corretto per il futuro. Queste osservazioni si possono estendere agli indicatori “Changes in natural landscape of forest land into traffic areas distributed by roads, railroads, harbours and airports” e “Riverbank loss”, che costituiscono un sottoinsieme dell'indicatore summenzionato.

2) L'indicatore sull'uso di pesticidi sul terreno viene aggiunto alla lista al fine di comprendere la pressione che proviene dalla dispersione di pesticidi lungo le strade e le ferrovie. Tale contributo potrebbe divenire significativo per quei Paesi dove è in uso tale pratica, data la lunghezza della rete di strade e di ferrovia.

3) Per quanto concerne l'indicatore “Loss of forest diversity”, è degno di nota che la biodiversità biologica è un fattore centrale nel concetto di di sostenibilità - anche se la sostenibilità in relazione alle foreste e al trasporto nelle foreste sembra difficile da definire e quindi sviluppare un indicatore *ad hoc*. Al fine di poter osservare la diversità sia per la flora che la fauna e registrarne i cambiamenti in atto è necessario un più sistematico Programma di Monitoraggio Internazionale. Gli scienziati ritengono che non è possibile scegliere specie e provenienza che siano adatte per un indicatore generale che rappresenti le varietà biologiche delle foreste. In ogni caso, sembra rilevante controllare alcune specie che hanno particolari collegamenti con la foresta e con gli studiosi della foresta. Per analizzare la diversità delle foreste, viene proposto l'indice di diversità di Shannon.

4) Per quanto concerne l'indicatore di “Surface pollution incidents”, le Autorità pubbliche dovranno monitorare tale tipo di incidenti, cioè il numero e la descrizione degli sversamenti di petrolio che causano danni alle aree costiere e alle spiagge, nonché il tipo di habitat coinvolto nell'incidente.

LB-4	Changes in natural landscape fragmentation of forest land by traffic areas distributed by roads, railroads, harbours and airports	Length or km^2/km^3 total area per year
LB-10	Riverbank loss through transport construction system	area per year
LB-9	Loss of forest diversity - increase in exotic monoculture	area per year
LB-18	Surface pollution incidents	N° incidents/accidents per habitat type
LB-20	Traffic intensity in protected areas	N° vehicles/day/ km^2 per habitat type

d) Marine Environment and Coastal Zones

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
ME-4	Heavy metal habitat loss by transport	ton/year
ME-7	Priority habitat loss by transport	km shore per year/total km of coastal line
ME-8	Wetland loss by transport	km shore per year/total km of coastal line
ME-10	Faecal Pollution	Length or km^2/km^3 total area per year
ME-5	Oil pollution at coast	km shore per year/total km of coastal line
ME-5	Oil pollution at sea	km^2 /total km of coastal line
ME-23	Accidents in transport in coastal zones and at sea (e.g. oil) Accidents in Transport of hazardous waste at sea	N° and ton per year
ME-3	Development along shore	N° and ton per year
ME-24	Density of marine transport	N° and ton per year

e) Ozone Layer Depletion

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
OD-2	Emissions of halons by transport mode	ton/yr
OD-1-3	Emissions of CFC's by transport mode	ton/yr
OD-5-26	Emissions of CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO ₂ - road	ton/yr, g/km
OD-5-26	Emissions of CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO ₂ - rail	ton/yr, g/km
OD-5-26	Emissions of CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO ₂ - air	ton/yr, g/km
OD-5-26	Emissions of CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO ₂ - sea	ton/yr, g/km
OD-5-26	Emissions of CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO ₂ - inland waters	ton/yr, g/km
OD-3	Emissions of HCFC's by transport mode	ton/yr, g/km

f) Resource Depletion

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
RD-3	Increase in territory permanently occupied by infrastructure	ha/yr

g) Dispersion of Toxic Substances

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
TX-4	Index of heavy metal emissions to air	tox. equivalents/yr
TX-5	Index of heavy metal emissions to water	tox. equivalents/yr

h) Urban Environmental Problems

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
UP-6	Land consumption (Change from natural to built-up areas)	km ² /yr/capita
UP-1	Emissions of CO ₂	ton/yr/capita
UP-5	People endangered by Contravention of Noise - Regulations of traffic	N°of buildings with 55dB(A)
UP-4	People endangered by Contravention of Noise - Regulations of traffic	Private car km as % of total urban passenger km
UP-5	Noise levels of vehicle fleet	dB levels by category of vehicle
UP-5	Noise and odour from trains and railway stations	dB and N°
UP-5	Noise and odour from take-offs and landings from airports	dB and N°
UP-13	Traffic accidents/injured or dead distributed by traffic categories	N°/1000 inhabitants

i) Waste

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
WA-3	Hazardous waste from transport according to directive 91/689/EWC(European Waste Catalogue)	ton/yr
WA-4	Municipal waste from transport	ton/yr
WA-6	Waste recycled/material recovered by transport	ton/yr
WA-1	Total waste landfilled by transport	ton/yr
WA-2	Total waste incinerated by transport	ton/yr
	Number of end of life vehicles per year	numbers/year
	Number of scrap from all transport per year	ton/yr
	Number of batteries per year	ton/yr

	Number of tyres per year	ton/yr
	Changes in areas of old cars sites	km ² /(year*total area)
	Transport of hazardous waste over land	ton*km/year

I) Water Pollution and water resources⁶⁵

Reference to SAG Code	Indicator	Unit of measurement
WP-7	Emission of heavy metals, by metal in the transport sector	ton/yr
WP-9	Total waste water collected/used by transport	ton/yr
WP-11	Water recycling by transport sector	thousand m ³ /yr
	Groundwater contamination from oil spills from service stations and garage	ton/yr
	Groundwater contamination from oil-spills from ships	ton/yr
	Groundwater contamination from oil spills from inland water	ton/yr
	Groundwater contamination by de-icing and anti-icing of aircraft	ton/yr

3.6 Progetto TERM (*Transport and Environment Reporting Mechanism*)

3.6.1 Introduzione

Le strategie per l'integrazione dell'ambiente con le politiche settoriali vennero proposte la prima volta nel V° programma di azione e hanno avuto poi un'alta priorità politica a seguito del Trattato di Amsterdam, che considera tali strategie una via per raggiungere lo sviluppo sostenibile.

⁶⁵ Il settore trasporti contribuisce all'inquinamento delle acque sotterranee nei modi seguenti:

- Indirettamente attraverso le emissioni provenienti dai veicoli a motore, ad esempio con gli sversamenti nelle stazioni di rifornimento e nei garage. Inoltre, nel Nord Europa, durante la stagione invernale, anche attraverso il sale sparso sulle strade, che non solo danneggia la superficie stradale e le piante dei bordi, ma soprattutto le falde sotterranee.
- Direttamente o indirettamente con gli incidenti stradali che coinvolgono sostanze pericolose o inquinanti che possono danneggiare gli ecosistemi acquatici.
- Direttamente all'inquinamento delle acque superficiali, attraverso le emissioni dalle navi ed altri mezzi, ad esempio attraverso sversamenti di petrolio durante le operazioni generali, e dagli aerei durante le operazioni di decollo e atterraggio.

Una richiesta chiave per sviluppare un "trasporto integrato" con l'ambiente consiste in un regolare sistema di monitoraggio e di stesura di *reports* sull'efficacia delle strategie di integrazione e di sviluppo verso un sistema di trasporti più compatibile con lo sviluppo sostenibile.

Nel giugno 1998 il Joint Transport and Environment Council pertanto invitò la Commissione Europea e l'Agenzia Europea per l'Ambiente a impiantare un dispositivo di documentazione basato su indicatori di trasporto e ambiente (TERM)⁶⁶.

Il rapporto TERM 2000 è basato principalmente sui *database* disponibili presso l'Eurostat e l'EEA. La sua prima importante finalità fu quella di informare il Summit di Helsinki del CE sul progresso nel processo di integrazione nel settore trasporti. Infatti, esso contiene messaggi chiari in grado di sostenere i politici nello sviluppo di ulteriori strategie di integrazione, nonostante i limiti dovuti alla mancanza di dati correnti.

Un altro scopo di tale rapporto fu quello di migliorare i sistemi di raccolta dei dati, sia al livello di EU che di Stati Membri, ed è stato diffuso ampiamente tra gli Stati Membri in modo da consentire agli utenti e ai gruppi interessati di contribuire con informazioni aggiuntive e nuove idee.

TERM 2000 comprende due importanti rapporti tecnici:

- *Towards a Transport and Environment Reporting Mechanism for the EU: Part 1 and 2* (EEA, 1999 sviluppato in cooperazione con Eurostat). Esso descrive la metodologia e il processo TERM e comprende alcune tavole di indicatori preliminari che forniscono un quadro dei principali dati e degli argomenti metodologici per ciascun indicatore.
- *TERM feasibility study* (ERM, 1999). Esso fornisce una valutazione dettagliata della disponibilità attuale dei dati correnti, di altri sistemi che raccolgono indicatori nazionali e internazionali, nonché riporta gli obiettivi internazionali e nazionali per i trasporti e l'ambiente. Lo studio afferma sia la necessità di migliorare sostanzialmente i dati che l'esigenza di molti studi e analisi specifiche, comprendenti studi metodologici per migliorare gli indicatori TERM e le valutazioni. Viene inoltre ribadita l'esigenza di rapporti finalizzati sugli argomenti politici più rilevanti. In aggiunta, viene presentata una azione di programma pluriennale, che delinea le principali iniziative da intraprendere per migliorare la disponibilità dei dati.

Il TERM è collegato alle principali iniziative internazionali su trasporti e ambiente.

⁶⁶Il progetto viene gestito da un gruppo scientifico consistente delle Commissioni (Trasporto DG, Ambiente DG ed Eurostat) e del EEA. La sua implementazione tecnica è una cooperazione EEA-Eurostat.

Tipologia degli indicatori EEA. La maggior parte degli indicatori che vengono usati nei rapporti tecnici (ad es. dall'Eurostat e dall'OECD) a livello dell'Europa sono stati compilati usando insiemi di dati relativi ai vari elementi dello schema DPSIR. Esempi potrebbero essere i chilometri percorsi/capita (D), le emissioni di NOx da trasporti/capita (P) e la qualità dell'aria nelle aree urbane (S). Questi indicatori spiegano che cosa sta succedendo all'ambiente e sono denominati di Tipo A o indicatori *descrittivi* nella tipologia degli indicatori dell'EEA (vedi **Box 1**). La maggior parte degli indicatori disponibili a livello dell'UE, per esempio quelli dell'Eurostat, sono indicatori descrittivi. Benché gli indicatori descrittivi siano essenziali, viene sempre di più riconosciuta l'importanza che sono necessari anche indicatori che focalizzino i collegamenti tra tutti gli elementi dello schema DPSIR. Per esempio, combinando le emissioni di NOx e i passeggeri*km percorsi/capita si ottiene un indicatore di *efficienza* o di Tipo C (P/D) che fornisce una misura dell'efficienza del trasporto passeggeri rispetto all'inquinamento da NOx. Tale indicatore aiuta i politici a vedere se gli sviluppi tecnologici per ridurre l'inquinamento sono al passo con la crescita dei trasporti e dei veicoli. L'efficienza complessiva dei trasporti rispetto ad altri problemi ambientali può essere valutata usando indicatori di efficienza di questo tipo.

Box 1: La tipologia EEA di indicatori

Le quattro tipologie di indicatori rispondono alle seguenti domande:

TIPO A: *Che cosa sta succedendo all'ambiente?*

Comprende indicatori di tipo *descrittivo*, come ad esempio gli indicatori di emissioni, di qualità dell'acqua, ecc. Questi indicatori sono utili, ma indipendentemente dal loro andamento inducono la seguente domanda:

TIPO B: *E' importante quanto descritto dagli indicatori di stato?*

Questo è importante se i valori sono vicini o sopra una soglia di riferimento, come un carico critico, una capacità portante o uno standard di salute, o infine se essi sono lontani dai valori dei *target* politici.⁶⁷ Alcuni esempi sono il numero di cittadini esposti a livelli superiori alle normative per la qualità dell'aria (relativamente alle emissioni di NO₂), oppure la percentuale di rimozione di azoto dagli impianti di trattamento delle acque di scarico

⁶⁷ E' uno standard, un valore limite, una limitazione o una restrizione stabilita in una legge o in un documento politico e determinato principalmente da fattori politici. Il raggiungimento di un *target* rappresenta un passo verso un valore di riferimento di sostenibilità (SRV). Gli SRV sono stabiliti principalmente sulla base di un ampio accordo scientifico che deve essere sicuro, accettabile e tollerabile per la salute umana, il benessere, gli ecosistemi, o altre risorse naturali.

rispetto agli standard previsti a livello nazionale. Questi indicatori sono chiamati indicatori di tipo B o di *performance*. Essi sono particolarmente utili per valutare la distanza dai *target*. Tuttavia essi non possono essere generati se non ci sono dei *valori di riferimento di sostenibilità* (SRV), per lo più ottenuti su base scientifica, o dei *valori politici di riferimento* (PTV) che rappresentino i passi successivi nel cammino verso la sostenibilità.

Nel caso in cui l'indicatore di performance rilevi l'esistenza di qualche problema, oppure in assenza di un SRV o di un PTV (come per la maggior parte degli indicatori del tema Biodiversità), e se l'indicatore di tipo A suggerisce anch'esso l'esistenza di qualche problema, allora la domanda che si pone ulteriormente l'operatore politico o il pubblico, è la seguente:

TIPO C: *Stiamo migliorando?*

A questa domanda rispondono principalmente gli indicatori che misurano l'efficienza dei processi di produzione e di consumo relativamente alle tematiche ambientali, come ad esempio l'uso dell'energia/PIL, le emissioni/veicoli*km, i kg di rifiuti domestici/n° di famiglie, ecc. Questi sono chiamati indicatori di *efficienza* o di tipo C, e possono essere costruiti confrontando due indicatori di tipo A, come nel caso delle emissioni di NOx rispetto ai pax*km (una misura di eco-efficienza dei trasporti rispetto all'inquinamento da NOx) o dell'intensità di trasporto, cioè il rapporto tra unità di traffico e PIL (pax*km/PIL o ton*km/PIL).

Infine, sono necessarie alcune misure di sostenibilità globale per rispondere alla domanda:

TIPO D: *Stiamo migliorando globalmente?*

Per esempio, un tipo di PIL verde, come l'Indice di Benessere Economico Sostenibile (ISEW), è chiamato di tipo D o indicatore di benessere totale. Tuttavia, questi indicatori non sono ancora inclusi nel programma attuale di studio dell'EEA.

Selezione degli indicatori e loro raggruppamento. Al centro del progetto TERM c'è una lista ideale di 31 indicatori selezionati sulla base della consultazione di varie Commissioni, di esperti nazionali, di organizzazioni internazionali e ricercatori (**Tabella 3.1**, *TERM 2000*).

Gli indicatori coprono i vari elementi dello schema analitico DPSIR, adottato dall'EEA per mostrare in modo integrato le connessioni tra le cause dei problemi ambientali, i loro impatti e le relative risposte della società.

Gli indicatori vengono raggruppati secondo sette aree di intervento che corrispondono agli obiettivi fondamentali per l'integrazione tra ambiente e trasporti. Ciascun gruppo dovrebbe aiutare a rispondere alle questioni politiche chiave (vedi **Box 2**, *TERM 2000*).

L'insieme degli indicatori selezionati è in continua evoluzione e in qualche modo rappresenta una visione a lungo termine di come dovrebbe essere una lista ideale. Peraltro, alcuni degli indicatori di tale lista non possono essere quantificati dappertutto a causa della limitazione dei dati, per cui, laddove la disponibilità dei dati ha impedito una analisi completa per i 15 Stati dell'UE, vengono forniti esempi nazionali o usati indicatori *proxy*.

La **tabella 3.1** fornisce un'indicazione dello stato di disponibilità futura degli indicatori, nonché una valutazione della qualità dei dati correnti. Il lavoro del programma TERM è finalizzato a migliorare l'insieme degli indicatori e ad assicurare che esso sia ben armonizzato con le necessità degli utenti della Commissione e degli Stati Membri.

Obiettivi di integrazione e target. Il progetto TERM mira a valutare il progresso dell'integrazione delle considerazioni ambientali nelle politiche dei trasporti, per cui i trend degli indicatori sono stati valutati a fronte di un certo numero di obiettivi di integrazione e *target*. Questi sono corrispondenti ai piani di politica internazionale, tra cui il V° Programma di Azione, la Politica Comune dei Trasporti, le Direttive ambientali, varie altre convenzioni internazionali ed accordi nonché il lavoro di studio e ricerca dell'OECD sul trasporto ambientalmente sostenibile.

La maggior parte dei *target* usati nello sviluppo dell'analisi sono stati raccolti nel database STAR (*Sustainability Targets and Reference values*) del EEA.

Valutazione. Gli indicatori proposti sono mirati alle istituzioni della Comunità Europea e degli Stati Membri, per cui nel progetto TERM si è cercato un equilibrio tra le necessità dell'Unione Europea e quelle delle singole Nazioni. La valutazione del progresso verso l'integrazione considera sia la *performance* della EU che quella nazionale, là dove sono a disposizione i dati.

In particolare il documento *TERM 2000* è strutturato nel modo seguente:

- Per ciascun gruppo di indicatori viene presentata una tabella riassuntiva con i principali contenuti dell'intero gruppo, nonché i collegamenti tra gli indicatori di quel particolare gruppo e gli altri. Questo quadro fornisce messaggi che non sempre sono discernibili dall'esame degli indicatori considerati individualmente. Entro ciascun gruppo vengono selezionati uno o due indicatori chiave, che risultano importanti per misurare il successo delle azioni di intervento politico.
- Ogni indicatore viene presentato attraverso alcuni fogli illustrativi contenenti l'informazione chiave, la definizione dell'indicatore, le politiche della maggioranza dell'UE e degli Stati Membri, gli obiettivi e i *target* (quantificati). I risultati vengono forniti a livello dell'intera UE, e dove i dati sono disponibili, a livello nazionale. Sono inoltre analizzati i

trend e viene fatta una valutazione qualitativa della *distance-to-target*. Accanto alle raccomandazioni per il lavoro futuro, vengono elencati i principali problemi (limitazioni di dati, questioni metodologiche, lacune nel quadro politico e *target*).

- Infine, viene fornito dapprima un giudizio globale di valutazione per ciascun indicatore compreso nei sette gruppi mettendo insieme temi comuni e messaggi, vengono poi fatte raccomandazioni e presentato il programma per il futuro.

Tabella 3.1 - Lista degli indicatori TERM

Group	Indicators	Position in DPSIR	When feasible	Data quality
Transport and environment performance				
Environmental consequences of transport	1. Transport final energy consumption and primary energy consumption, and share in total (fossil, nuclear, renewable) by mode	D	++	+
	2. Transport emissions and share in total emissions for CO ₂ , NO _x , NMVOCs, PM ₁₀ , SO _x , by mode	P	++	+
	3. Exceedances of air-quality objectives	S	++	+
	4. Exposure to and annoyance by traffic noise	S and I	--	--
	5. Infrastructure influence on ecosystems and habitats ("fragmentation") and proximity of transport infrastructure to designated areas	P and S	-	-
	6. Land take by transport infrastructure	P	+	+
	7. Number of transport accidents, fatalities, injured, polluting accidents (land, air and maritime)	I	++	-
Transport demand and intensity	8. Passenger transport (by mode and purpose): • total passengers • total passenger-km • passenger-km per capita • passenger-km per GDP	D	++	-
	9. Freight transport (by mode and group of goods): • total tonnes • total tonne-km • tonne-km per capita • tonne-km per GDP	D	++	+

Tabella 3.1 - Lista degli indicatori TERM (Continuazione)

Group	Indicators	Position in DPSIR	When feasible	Data quality
Determinants of the transport/environment system				
Spatial planning and Accessibility	10. Average passenger journey time and length per mode, purpose (commuting, shopping, leisure) and location (urban/rural)	D	+	+
	11. Access to transport services, e.g.: • number of motor vehicles per household • % of persons in a location having access to a public transport node within 300 metres	D	+	+
Transport supply	12. Capacity of transport infrastructure networks, by mode and by type of infrastructure (motorway, national road, municipal road, etc.)	D	+	+
	13. Investments in transport infrastructure/capita and by mode	D and R	++	+
Price signals	14. Real change in passenger transport price by mode	R	+	+
	15. Fuel prices and taxes	D	++	+
	16. Transport taxes and charges	R	+	+
	17. Subsidies	R	+	+
	18. Expenditure on personal mobility per person by income group	D	+	+
	19. Proportion of infrastructure and environmental costs (including congestion costs) covered by price	R	+	+
Technology and utilisation efficiency	20. Overall energy efficiency for passenger and freight transport (per passenger-km and per tonne-km and by mode)	P/D	+	+
	21. Emissions per passenger-km and emissions per tonne-km for CO ₂ , NO _x , NMVOCs, PM ₁₀ , SO _x by mode	P/D	+	+
	22. Occupancy rates of passenger vehicles	D	+	+
	23. Load factors for road freight transport (LDF, HDV)	D	+	+
	24. Uptake of cleaner fuels (unleaded petrol, electric, alternative fuel) and numbers of alternative-fuelled vehicles	D	++	+
	25. Vehicle fleet size and average age	D	+	+
	26. Proportion of vehicle fleet meeting certain air and noise emission standards (by mode)	D	++	++
Management integration	27. Number of Member States that implement an integrated transport strategy	R	+	+
	28. Number of Member States with national transport and environment monitoring system	R	+	+
	29. Uptake of strategic environmental assessment in the transport sector	R	+	+
	30. Uptake of environmental management systems by transport companies	R	+	+
	31. Public awareness and behaviour	R	+	+

D = Driver, P = Pressure (environmental), S = State of the environment, I = Impact, R = Response

When: ++ major, + some, some work needed, - major work needed, .. situation unclear

Quality: ++ complete, reliable, harmonised, + incomplete, - available/unharmonised, .. serious problems

La **tabella 3.2** fornisce una valutazione qualitativa degli indicatori chiave, effettuata sulla base dei loro trend. Osserviamo che un trend negativo non necessariamente significa che non siano state effettuate politiche di sviluppo positive per cambiare l'andamento dei singoli parametri, dato l'inevitabile tempo di ritardo esistente tra lo sviluppo delle politiche, la loro messa in atto e la comparsa degli effetti sui trend degli indicatori. Pertanto il monitoraggio di questi indicatori chiave rappresenta il primo passo verso una gestione delle politiche di intervento attuali e future. Per esempio, la valutazione del reale cambiamento nei prezzi dei trasporti, è essenziale per promuovere una politica del prezzo dei carburanti efficace e accettabile.

Box 2. Le problematiche chiave e i gruppi di indicatori

Key questions	Indicator groups
1. Is the environmental performance of the transport sector improving?	Group 1: Environmental consequences of transport
2. Are we getting better at managing transport growth and improving the modal split?	Group 2: Transport demand and intensity
3. Are spatial and transport planning becoming better coordinated so as to match transport demand to access needs?	Group 3: Spatial planning and accessibility
4. Are we improving the use of transport infrastructure capacity and moving towards a better-balanced intermodal transport system?	Group 4: Transport supply
5. Are we moving towards a more fair and efficient pricing system, which ensures that external costs are recovered?	Group 5: Pricing signals
6. How rapidly are improved technologies being implemented and how efficiently are vehicles being used?	Group 6: Technology and utilisation efficiency
7. How effectively are environmental management and monitoring tools being used to support policy and decision-making?	Group 7: Management integration

Tabella 3.2 - Valutazione qualitativa degli indicatori chiave secondo il Gruppo TERM

Integration question	Key indicators	Integration objectives	Evaluation of indicator trends															
			A	B	D	DK	E	F	FIN	GR	I	IRL	L	NL	P	S	UK	EU
1	Emissions of: CO ₂ , NMVOCs, NO _x	Meet international emission reduction targets																
2	Passenger transport	De-link economic activity and passenger-transport demand																
		Improve shares of rail, public transport walking, cycling																
	Freight transport	De-link economic activity and freight transport demand																
		Improve shares of rail, inland waterways, short-sea shipping																
3	Average journey length for work, shopping, education, leisure	Improve access to basic services by environment friendly modes	?	?			?	?	?	?	?	?	?	?	?	?		?
4	Investments in transport infrastructure	Prioritise development of environmentally friendly transport systems																
5	Real changes in the price of transport	Promote rail and public transport through the price instrument	?	?	?		?	?		?	?	?	?	?	?	?		?
	Degree of internalisation of external costs (1)	Full recovery of environmental and accident costs																
6	Energy intensity	Reduce energy use per transport unit	?	?			?		?	?		?	?		?			?
7	Implementation of integrated transport strategies (1)	Integrate environment and safety concerns in transport strategies																

positive trend (moving towards objective)
 some positive development (but insufficient to meet objective);
 unfavourable trend (large distance from objective);
? quantitative data not available or insufficient
(1) no time series available: evaluation reflects current situation, not a trend

This evaluation is mainly made on the basis of the indicator trends. As there is an inevitable time lag between policy development, implementation, and the appearance of effects in the indicator trends, a 'negative' trend does not necessarily mean that no positive policy developments are taking place to change these parameters. Monitoring these key indicators is the first step towards managing current and future policy measures. For example, tracking user prices, as is done in the UK and Denmark, is essential to manage measures to promote fair and efficient pricing.

3.7 Il sistema di indicatori dell'OECD per i trasporti

3.7.1 Introduzione

Il particolare insieme di indicatori OECD⁶⁸ per i trasporti comprende soltanto quelli finalizzati a promuovere l'integrazione delle problematiche ambientali nelle decisioni politiche, che contribuiscono inoltre a misurare il progresso dei vari Paesi verso scenari di trasporto più sostenibile.

Più specificatamente gli obiettivi sono i seguenti:

- Evidenziare l'interfaccia tra le attività legate ai trasporti e i temi ambientali, nonché identificare i meccanismi di interazione tra i differenti strumenti di azione e di politica sugli impatti dei trasporti;
- Fornire una base per monitorare le problematiche ambientali nella politica dei trasporti, nel contesto della sostenibilità.

Tali indicatori non sono progettati per fornire un quadro completo delle relazioni ambiente-trasporti, ma piuttosto per cercare di evidenziare trend e attrarre l'attenzione su fenomeni e cambiamenti che richiedono ulteriori analisi e future azioni. E' evidente che tali indicatori hanno bisogno di essere integrati con informazioni aggiuntive e calati nel loro contesto operativo per acquistare un significato completo.

Gli indicatori sono strutturati attorno a tre tematiche:

- Trend e aspetti significativi dal punto di vista ambientale;
- Interazioni con l'ambiente cioè gli impatti del settore;
- Aspetti economici e politici dell'interfaccia tra trasporti e ambiente.

3.7.2 Indicatori proposti

Un quadro sintetico di tutti gli indicatori trasporto-ambiente identificati nell'insieme dell'OECD viene presentato nella **tabella 3.3**. La lista comprende sia indicatori immediatamente misurabili (indicatori a breve termine) che indicatori auspicabili da un punto di vista politico ma che attualmente non possono essere costruiti a causa di problemi, o metodologici o di disponibilità di dati (indicatori a medio e lungo termine). Nessuno degli indicatori proposti, nella sua veste attuale, è necessariamente definitivo o esauriente.

3.7.3 Criteri di selezione e valutazione

Gli indicatori sono stati revisionati secondo i criteri di selezione identificati dall'OECD-work-group sullo Stato dell'Ambiente (SOE), cioè *policy relevance, analytical soundness, measurability*. Tali criteri sono valutati

⁶⁸OECD (1999), *Indicators for the integration of environmental concerns into transport policies*.

secondo le classificazioni riportate nella **tabella 3.4**. Una prima valutazione secondo questi criteri è riportata nella **tabella 3.5**.

Tabella 3.3 - Indicatori OECD per l'integrazione delle tematiche ambientali nelle politiche dei trasporti

SECTORAL TRENDS AND PATTERNS OF ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE	INTERACTIONS WITH THE ENVIRONMENT	ECONOMIC AND POLICY ASPECTS
A. Overall traffic trends & modal split <ul style="list-style-type: none"> • Passenger transport trends by mode • Freight transport trends by mode • Road traffic trends and densities (passenger, goods) • Trends of airport traffic: number of movements 	E. Land use <ul style="list-style-type: none"> • Change in land use by transport infrastructures • Accessibility of basic services 	K. Environmental damage <ul style="list-style-type: none"> • Environmental damage relating to transport • Social cost of transport
B. Infrastructure <ul style="list-style-type: none"> • Capital expenditure: total and by mode • Road network: length and density • Rail network: length and density 	F. Air pollution <ul style="list-style-type: none"> • Transport emissions - CO₂, NO_x, VOC, CO, etc. (share in total, by mode) and emissions intensities (per capita, per vehicle km, per GDP) • Population exposed to air pollution from transport 	L. Environmental expenditure <ul style="list-style-type: none"> • Total expenditure on pollution prevention and clean-up • R&D expenditure on "eco-vehicles" • R&D expenditure on clean transport fuels
C. Vehicles and mobile equipment <ul style="list-style-type: none"> • Road vehicle stocks (passenger, goods) • Structure of road vehicle fleet (by type of fuel, by age classes, share of "clean" vehicles) • Private car ownership 	G. Water pollution <ul style="list-style-type: none"> • Oil released from marine transport (through accidents and discharges during current operations) 	M. Taxation and subsidies <ul style="list-style-type: none"> • Direct subsidies • Total economic subsidies (direct & indirect subsidies, plus externalities) • Relative taxation of vehicles and vehicle use (including road tolls)
D. Energy use <ul style="list-style-type: none"> • Final energy consumption by the transport sector (share in total, per capita, by mode) • Consumption of road fuels (total, per vehicle km, by type: diesel, gasoline, other) 	H. Noise <ul style="list-style-type: none"> • Population exposed to transport noise greater than 65 dB(A) 	N. Price structure <ul style="list-style-type: none"> • Structure of road fuel prices in real terms (by type of fuel) • Trends in public transport prices in real terms
	I. Waste <ul style="list-style-type: none"> • Transport related waste and related recovery rates • Hazardous waste, imported or exported (tonnes) 	O. Trade and environment <ul style="list-style-type: none"> • Indicators to be developed (e.g. trends in international transport of goods, relative importance of cross-border vs. domestic transport)
	J. Risk and safety <ul style="list-style-type: none"> • Road traffic fatalities (number of people killed or injured, per veh.km) • Hazardous materials transported by mode (tonne-km) 	

Tabella 3.4 - Criteri generali di valutazione

Selection criteria	Evaluation		
	1	2	3
• policy relevance, i.e. relevance to transport and environment policies	High	Medium	Low
• analytical soundness	Good	Average	Poor
• measurability, taking into account:			
– data availability	Short term	Medium term	Long term
– data quality including international comparability	Good	Average	Poor

Tabella 3.5 - Valutazione degli indicatori proposti dall'OECD

	Policy relevance	Analytical soundness	Measurability	
			Data availability	Data quality
SECTORAL TRENDS AND PATTERNS OF ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE				
A. Overall traffic trends and modal split				
• Passenger transport trends by mode	1	1	2	2/3
• Freight transport trends by mode	1	1	2	2/3
• Road traffic trends and densities	1	1	1/2	2
• Trends of airport traffic	2	1	1/2	1
B. Infrastructure				
• Capital expenditure by mode	1	2	1	2
• Road network length and density	1	1	1	1
• Rail network length and density	1	1	1	1
C. Vehicles and mobile equipment				
• Road vehicle stocks	1	1	1	1
• Structure of road vehicle fleet	1	1	2	2
• Private car ownership	1	1	1	1
D. Energy use				
• Final energy consumption by the transport sector	1	1	1	1
• Consumption of road fuels	1	1	1	1
INTERACTIONS WITH THE ENVIRONMENT				
E. Land use				
• Changes in land use by transport infrastructure	1	1	2	2/3
• Access to basic services	1	2	1	1
F. Air pollution				
• Transport emissions and emission intensities	1	1	2	2
• Population exposed to air pollution from transport	1	1	2	2/3
G. Water pollution				
• Oil released from marine transport	1	1	2	2
H. Noise				
• Population exposed to transport noise > 65db(A)	1	1	2	2/3
I. Waste				
• Transport-related waste and related recovery rates	1	1	2	—
• Hazardous waste imported or exported	1	1	2	2
J. Risk and safety				
• Road traffic fatalities	1	1	1	2
• Hazardous material transported by mode	1	1	2	—
ECONOMIC AND POLICY ASPECTS				
K. Environmental damage				
• Environmental damage relating to transport	1	1	1	1
• Social cost of transport	1	1	1	1
L. Environmental expenditure				
• Total expenditure on pollution prevention and clean-up	1	2	2	—
• R&D expenditure on "eco-vehicles"	1	2	1	—
• R&D expenditure on clean transport fuels	1	2	1	—
M. Taxation and subsidies				
• Direct subsidies to transport	1	2	1	—
• Total economic subsidies to transport	1	2	1	—
• Relative taxation of vehicles and vehicle use	1	2	2	—
N. Price structures				
• Structure of road fuel prices	1	1	1	1
• Trends in public transport prices	1	2	1	1
O. Trade and environment				
• Indicators to be developed (e.g. trends in international transport of goods, relative importance of cross-border vs. domestic transport)	2	2	2	—

3.8 Gli indicatori per una Comunità sostenibile secondo Hart⁶⁹

3.8.1 Indicatori proposti per i trasporti

La lista degli indicatori comprende sia indicatori tradizionali già in uso in alcune comunità americane, sia indicatori proposti come indicatori di sostenibilità. Tale lista non costituisce un sistema generale di misura della sostenibilità, poichè ogni comunità considerata rappresenta un caso a sé stante. Inoltre, siccome il concetto della misurazione della sostenibilità non è ancora ben chiarito, e i metodi non sono sempre i più appropriati, non tutti gli indicatori di sostenibilità proposti ne forniscono una valida misura.

L'**Appendice III** comprende la lista proposta dal progetto Hart⁷⁰ per i trasporti, insieme con i rispettivi ranghi per definire la loro importanza e utilità ai fini di una buona misura della sostenibilità.

3.8.2 Valutazione dei ranghi

La valutazione del rango di un indicatore viene effettuata sulla base di una *checklist*, in cui vengono delineate le caratteristiche che rendono un indicatore un buon indicatore di sostenibilità. Invero, la *checklist* non è finalizzata a stabilire se un indicatore è un buon indicatore in generale, in quanto si presuppone che l'indicatore soddisfi già ai criteri generali di efficienza.

L'**Appendice IV** riporta tale *checklist*, contenente 14 domande, tutte impennate sulla valutazione della sostenibilità degli indicatori. L'indicatore in esame guadagna un punto per ciascuna risposta positiva, in corrispondenza alle prime 13 domande. Questo significa che il punteggio totale possibile per un indicatore è di 13 punti. Tuttavia, pochi indicatori raggiungono più di 8 punti, poiché è difficile creare un indicatore che misuri simultaneamente il capitale della comunità (distinguibile in capitale costruito e finanziario, capitale umano e sociale, capitale naturale⁷¹) e legghi l'economia, la società e l'ambiente. La domanda finale verifica la compatibilità della sostenibilità locale dell'indicatore con quella globale.

- La prima domanda è rivolta alla *carrying capacity* delle risorse naturali sia locali che non (da cui dipende la comunità).

⁶⁹Vedi nota 39.

⁷⁰Questo progetto è fondato su un accordo di cooperazione con l'EPA, Ufficio degli Ecosistemi e delle Comunità Sostenibili attraverso il *Lowell Center for Sustainable Production* presso l'Università di Massachusetts.

⁷¹Il capitale costruito rappresenta tutto ciò che viene prodotto dall'uomo incluse le sue necessità di base. Il capitale umano e sociale rappresenta il modo col quale la gente interagisce e relaziona. Il capitale naturale comprende le risorse naturali i servizi forniti dagli ecosistemi e la bellezza propria della natura.

- La seconda è rivolta alla *carrying capacity* dei servizi che offre l'ecosistema alla comunità. Essa include indicatori di uso sostenibile delle zone umide, delle aziende agricole e delle zone riservate alla pesca.
- La terza è rivolta alla *carrying capacity* delle qualità estetiche della natura. Ad esempio una comunità costiera che fonda in parte la sua economia sul turismo, potrebbe avere un indicatore che misura il numero di turisti che possono usufruire di quell'area senza distruggerne la bellezza.
- La quarta è rivolta alla *carrying capacity* del capitale umano della comunità (cioè le capacità, l'abilità, la salute e l'istruzione della gente). Ad esempio un indicatore potrebbe basarsi sulla misura del livello di istruzione della comunità.
- La quinta è rivolta alla *carrying capacity* del capitale sociale della comunità. L'essenza del capitale sociale della comunità è l'abilità della comunità di lavorare insieme. Un possibile indicatore potrebbe fondarsi sulla percentuale di votanti o sull'ammontare del volontariato presente, fornendo una misura dell'unione tra le persone della comunità.
- La sesta è rivolta alla *carrying capacity* del capitale costruito dalla comunità. Si noti che un indicatore può guadagnare più punti per il capitale della comunità. Ad esempio, l'indicatore "numero di case in costruzione" prende un punto per il capitale costruito, mentre "il numero di nuove case in costruzione con materiali di bio-edilizia" prenderebbe un punto per il capitale costruito ed uno per le risorse naturali. Invece l'indicatore "numero di nuove case in costruzione con materiali sostenibili e compatibile con le entrate di una famiglia media" otterrebbe un punto in più, in quanto valuterebbe se una famiglia della comunità potesse permettersi una casa del genere.
- La settima riguarda la comprensibilità o meno dell'indicatore da parte della maggioranza della comunità. Invero, se l'indicatore è compreso solo da pochi esperti, esso non potrà influire sul comportamento della comunità e non aiuterà i decisori a intraprendere le azioni più opportune.
- L'ottava si riferisce alla capacità della comunità di avere una visione a lungo termine. Un indicatore di sostenibilità dovrebbe aiutare a misurare il progresso verso tale obiettivo. Ad esempio l'indicatore "percentuale di popolazione con un lavoro adeguatamente pagato" non rappresenta un buon obiettivo a lungo termine per la comunità, poiché il numero degli occupati ha senso soltanto se confrontato al numero dei disoccupati.
- La nona si riferisce al problema della diversità nella comunità. Infatti, un sistema economico, sociale o ambientale che è diverso, sopporta gli *stress* meglio di uno omogeneo. Ad esempio una comunità la cui economia si fonda principalmente su un singolo tipo di industria sarà meno stabile e meno sostenibile di una la cui economia è diversificata.

- La decima si riferisce al problema dell'equità fra le generazioni attuali e quelle future.
- Le domande dall'undicesima alla tredicesima si riferiscono ai legami tra l'economia, l'ambiente e la società di una comunità. Un esempio di un indicatore che lega gli aspetti economici e sociali potrebbe essere il numero delle occupazioni che, oltre a fornire una paga vivibile, sono utili dal punto di vista della formazione.
- L'ultima domanda, la più importante della lista, si riferisce alla compatibilità tra la sostenibilità della comunità locale e quella globale. Questo non significa che una comunità non possa essere migliore di un'altra; ci saranno sempre delle comunità che avranno successo e altre che invece falliranno l'obiettivo.

Nell'**Appendice V** viene riportato l'elenco di 48 indicatori (disposti in ordine di rango) di alcune importanti Comunità dell'America del Nord.

3.9 Alcuni esempi significativi di indicatori di mobilità e trasporti di alcune situazioni italiane

Riportiamo alcuni esempi tra i più interessanti della situazione italiana comprendenti i Comuni di Bologna, Genova, Cattolica e Venezia, nonché un'esperienza riferita ad un'area territoriale più vasta e complessa quale la Regione Lombardia.

Bologna è un classico esempio di città italiana di medie dimensioni con notevoli problemi di carattere urbano, di cui primo fra tutti è il traffico.

Genova presenta problemi analoghi a quelli di Bologna con alcune specificità legate al porto marittimo.

Cattolica è una città di piccole dimensioni che oltre ai consueti problemi di qualità ambientale e di vita urbana presenta il fenomeno del turismo balneare.

Venezia presenta una realtà molto particolare e delicata, legata alla sua specificità monumentale e ambientale.

Tutte queste realtà nazionali possono costituire validi modelli per lo sviluppo di un insieme di indicatori utili anche all'interpretazione delle complesse realtà urbane della nostra Regione.

Nella **tabella 3.6** riportiamo un'analisi comparata degli indicatori di mobilità e trasporti per le suddette città.

Come risulta evidente dalla **tabella**, non tutte le problematiche vengono affrontate dalle singole città, non solo a causa della loro specificità. Ciò nonostante emergono problemi simili per quanto concerne temi di interesse generale, quali le risorse idropotabili, le emissioni in atmosfera, la qualità

del paesaggio naturale, i consumi energetici, i rifiuti, i problemi connessi alla struttura e alla mobilità urbana.

Tabella 3.6 - Confronto tra gli indicatori di Bologna, Genova, Cattolica, Venezia per l'area tematica *mobilità e trasporti*.⁷²

INDICATORE	Bologna	Genova	Cattolica	Venezia
Distanze percorse	<input type="checkbox"/>			
Spostamenti sistematici	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Spostamenti non sistematici	<input type="checkbox"/>			
Spostamenti per origine e destinazione		<input type="checkbox"/>		
Incidenza mezzo privato su mezzi collettivi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Indice di motorizzazione privata	<input type="checkbox"/>			
Distribuzione modale		<input type="checkbox"/>		
Traffico autostradale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Flussi di traffico		<input type="checkbox"/>		
Vendite di carburanti per tipo	<input type="checkbox"/>			
Incidenti	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Offerta di trasporto pubblico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Parcheggi e rete viaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Piste ciclabili e/o aree pedonali	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Piani di gestione del traffico urbano	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Traffico marittimo di beni				<input type="checkbox"/>
Traffico marittimo di passeggeri				<input type="checkbox"/>
Traffico aereo di beni				<input type="checkbox"/>
Traffico aereo di passeggeri				<input type="checkbox"/>

In particolare le liste di indicatori di Bologna e di Genova presentano notevoli analogie, non solo in quanto entrambi le città hanno collaborato con l'Istituto di Ricerche Ambiente Italia,⁷³ ma si riferiscono a due realtà molto simili, pur trovandosi in ambiti geografici differenti.

Gli indicatori individuati per Venezia⁷⁴ sono tipicamente di sviluppo sostenibile, e si rivolgono agli aspetti economici e sociali della qualità urbana e lagunare, puntando in particolare sulla composizione demografica, sulla situazione abitativa e sul problema occupazionale.

⁷²Ecoistituto del FVG (1999), *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente nel FVG 1998. Verso l'Agenda 21 Locale*.

⁷³Per Bologna e Genova si fa riferimento ai RSA elaborati rispettivamente nel 1998 e 1995.

⁷⁴Fondazione ENI Enrico Mattei, rapporto presentato al 1° Congresso Mondiale dell'Associazione degli Economisti Ambientali e delle Risorse, giugno 1998.

Il Comune di Cattolica ha elaborato una proposta di indicatori (di Pressione, Stato, Risposta) sulla base dei dati disponibili e adattati al contesto locale, ma suscettibili di evolversi nel futuro in relazione alla disponibilità di ulteriori dati. Sono stati proposti complessivamente 39 indicatori suddivisi secondo le tre tematiche, qualità dell'ambiente, qualità urbana e qualità turistica.

Il primo Rapporto sullo Stato dell'Ambiente della Regione Lombardia rappresenta uno strumento utile per confrontare una realtà italiana a scala regionale con quella europea, basandosi su una metodologia già introdotta a livello europeo (Progetto TEPI). In tale rapporto vengono presentati i risultati più significativi dal punto di vista delle politiche ambientali della Regione Lombardia.

A tal fine sono stati selezionati 37 indicatori distinti, giudicati rilevanti per la realtà lombarda e per i quali è stata possibile una loro quantificazione. L'adozione della stessa griglia di informazione di Eurostat ha permesso di effettuare significativi confronti con la realtà europea. Per ciascun indicatore è stata riportata la definizione, la stima in forma grafica per le serie temporali disponibili, il confronto con valori medi nazionali ed europei, ed il valore obiettivo (*target*) fissato da normative o accordi internazionali.

Il tema dell'*inquinamento atmosferico* è dominato dai settori dell'industria, dell'energia e dei trasporti. Gli indicatori degli inquinanti primari, visti su scala regionale, mostrano valori e trend coerenti con i trend europei e vanno nel senso positivo di una riduzione significativa. E' utile osservare che l'indicatore di consumo di combustibili per autotrazione si scosta significativamente dai dati europei.

Il tema *perdita di biodiversità* è stato trattato in modo molto incompleto, in particolare non sono stati elaborati gli indicatori relativi alla frammentazione del paesaggio dovuta alle strade a causa della mancanza di dati.

Per l'indicatore *emissione di metalli pesanti in aria* è ancora dominante il problema del piombo contenuto nelle benzine per autotrazione.

La pressione sull'ambiente urbano è dovuta principalmente al settore civile/terziario e ai trasporti.

La pressione dei trasporti sull'ambiente urbano è ovvia e viene evidenziata in modo particolare non dall'indicatore *quota di trasporto automobilistico privato* ma da quello *quota di trasporto pubblico*, che in generale andrebbe sempre monitorato in modo prioritario, in quanto indicatore guida della pressione sull'ambiente urbano.

Tabella 3.7 - Indicatori di pressione proposti per la Regione Lombardia

1 Inquinamento dell'aria	AP1	Emissioni di NO _x
	AP2	Emissioni di NMVOCs
	AP3	Emissioni di SO ₂
	AP5	Consumo di combustibili per autotrazione
	AP6	Consumo lordo di energia
2 Cambiamenti climatici	CC1	Emissioni di CO ₂
	CC2	Emissioni di CH ₄
	CC3	Emissioni di N ₂ O
3 Perdita della biodiversità	LB3	Intensità agricola: area utilizzata per l'agricoltura intensiva
	LB5	Superficie forestale
	LB6/A	Cambiamento nelle tradizionali pratiche di uso del suolo (reg. 2078/92)
	LB6/B	Cambiamento nelle tradizionali pratiche agricole (agricoltura biologica)
	LB11	Superficie delle aree protette
6 Esaurimento delle risorse	RD1	Consumo di acqua pro capite (inclusa acqua del sottosuolo)
	RD2	Uso di energia pro capite
	RD3	Territorio occupato da aree urbanizzate, aree dismesse, siti da bonificare e discariche RSU
	RD4	Bilancio dei nutrienti del suolo
	RD5	Produzione di elettricità da combustibili fossili (oli minerali, gas naturali e combustibili solidi)
7 Dispersione di sostanze tossiche	TX1	Consumo di pesticidi in agricoltura
	TX3	Consumo di composti chimici tossici
	TX5	Indice dell'emissione di metalli pesanti in aria
8 Problemi dell'ambiente urbano	UP1	Consumo finale di energia, esclusa l'agricoltura
	UP2	Rifiuti urbani non riciclati
	UP3	Acque di scarico non trattate
	UP4	Quota di trasporto automobilistico privato
9 Rifiuti	WA1	Rifiuti in discarica
	WA2	Rifiuti ad incenerimento
	WA3	Produzione di rifiuti pericolosi
	WA4	Produzione di rifiuti urbani
	WA5	Produzione di rifiuti da altri settori economici
	WA6	Rifiuti riciclati
10 Inquinamento dell'acqua	WP1	Uso (in equivalenti di eutrofizzazione) di nutrienti (N+P)
	WP2	Utilizzo di acqua del sottosuolo
	WP3	Pesticidi utilizzati per ettaro di area agricola
	WP4	Quantità di azoto utilizzato per ettaro di area agricola utilizzata
	WP5	Acqua trattata /Acqua raccolta
	WP6	Emissione di sostanza organica come BOD

4. UN SISTEMA DI VALUTAZIONE E CONTROLLO DELLE *RISPOSTE* PER LA SOSTENIBILITÀ DEL SETTORE TRASPORTI

4.1 Introduzione

Viene proposta l'architettura generale di un Sistema di valutazione e controllo dei provvedimenti di intervento per la sostenibilità del settore trasporti, basato sull'uso della tecnica delle reti neurali artificiali. Tale proposta rappresenta una potenzialità di analisi complessiva per la valutazione dell'efficacia ambientale delle politiche di settore avvalendosi di una tecnica operativa moderna, non ancora sfruttata per tali finalità da altri autori. Tuttavia, per la sua completa realizzazione e verifica operativa in un contesto reale, il programma, essendo molto arduo e complesso, richiede un lungo lavoro di preparazione e di analisi. Per sviluppare modelli del genere, permangono svariate altre difficoltà, tra cui la scarsa disponibilità ed affidabilità dei dati (per quanto concerne in particolare alcuni importanti indicatori), la scelta del tipo di indicatore (se tradizionale o di sostenibilità, se determinante, di pressione, di stato, ecc.), la determinazione dell'orizzonte temporale di utilizzo dell'indicatore, il monitoraggio degli interventi.

Con tale contesto, avvalendosi di una rete neurale *feedforward* (consistente in un *perceptron* con uno strato di nodi nascosti), è stata avviata la parte iniziale del Sistema generale presentato nella **figura 4.1** attraverso l'analisi del legame tra forze determinanti e azioni di risposta della comunità. Tale problema è stato scelto per primo in quanto il più idoneo, dato il legame più immediato, esistente in generale tra determinanti e risposte, e pertanto lo studio di tale legame è quello più accessibile attualmente con modelli di previsione, disponendo di serie temporali non eccessivamente lunghe. Nonostante che l'approccio presentato in questo lavoro sia ancora parziale e costituisca solo il primo passo per l'analisi dell'intero problema, esso ci ha consentito in particolare di determinare il trend futuro del consumo energetico (*pro capite* e per *GDP*) a seguito di alcune *risposte* messe in atto in questi ultimi anni al livello dell'Unione Europea.

Con questo tipo di modelli è possibile costruire degli scenari di previsione delle azioni politiche più efficaci, in modo da aiutare i decisori a calibrare gli interventi futuri e stabilire le loro priorità di attuazione. I risultati di tale modello, anche se parziali, sono concreti, in quanto ottenuti elaborando dati

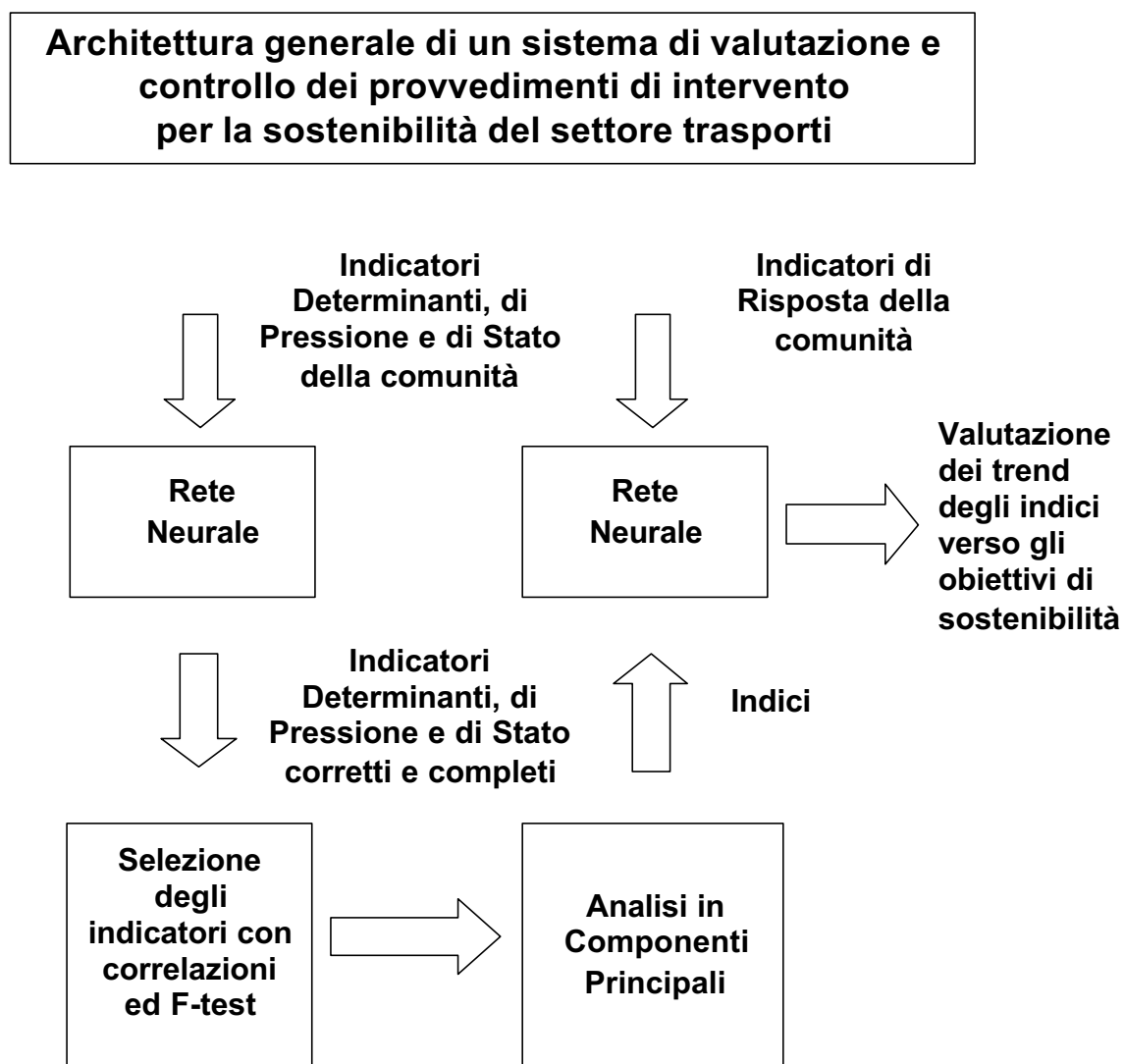


Figura 4.1

effettivi, tratti dal database TERM, dal compendio statistico dell'EEA, dai principali rapporti tecnici dell'OECD e da altre fonti internazionali.

4.2 Il Modello

In linea con le proposte dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) il modello adottato (finalizzato ai 15 Paesi dell'Unione) è basato sullo schema DPSIR, già ampiamente discusso nei capitoli precedenti. Ricordiamo che tale schema implica una struttura di relazioni causali che legano tra di loro i seguenti elementi:

- DRIVING FORCES (Forze determinanti o trainanti, Agenti esterni)
- PRESSURES (Pressioni)
- STATE (Stato)
- IMPACTS (Impatti)
- RESPONSES (Risposte, Provvedimenti).

Tali caratteristiche permettono di rappresentare il sistema esprimendo stati e qualità, pressioni, nonché l'entità della correlazione tra pressioni e cambiamenti. Ovviamente, per poter applicare tale schema ed individuare le aree che condizionano maggiormente il raggiungimento degli obiettivi, è necessario conoscere le dinamiche dei fenomeni fisici (ovvero come le variazioni di valore dei parametri caratteristici di ciascuna categoria influiscono sui valori dei parametri caratteristici delle altre categorie). Per rappresentare dinamiche di questo tipo, quasi sempre poco conosciute e complesse, nei vari campi della ricerca si ricorre sempre più spesso all'approccio delle reti neurali artificiali. Invero, le reti neurali appartengono alla classe degli approcci governati dai dati in contrapposizione all'approccio governato dal modello. Il processo di costruzione di tale dispositivo, il cui comportamento simula i dati studiati, è sostenuto da certi algoritmi di apprendimento di tipo generale, come l'algoritmo di *backpropagation*.

A tal fine, abbiamo considerato in prima istanza alcuni indicatori significativi *determinanti e risposte*, per i quali è stato possibile disporre della relativa serie temporale almeno per il periodo 1985-97 per ciascuno dei 15 Paesi dell'Unione Europea. Essi sono stati tratti da una lista generale di potenziali indicatori per i trasporti illustrata nella **Appendice VI**.

Tali indicatori sono:

- C_1 Quantità di energia finale consumata *pro capite*;
- C_2 Quantità di energia finale consumata per *GDP*;
- C_3 Intensità di trasporto *pro capite*;
- C_4 Intensità di trasporto per *GDP*;
- C_5 Densità di motorizzazione;
- C_6 Vita media del parco macchine;

- C_7 Autovetture munite di marmitta catalitica;
- C_8 Consumo percentuale di benzina senza Pb;
- C_9 Prezzo della benzina senza Pb;
- C_10 Percentuale delle tasse sul prezzo della benzina senza Pb;
- C_11 Prezzo della benzina con Pb;
- C_12 Percentuale delle tasse sul prezzo della benzina con Pb;
- C_13 Consumo di benzina con piombo;
- C_14 Consumo di benzina con piombo *pro capite*;
- C_15 Prezzo del diesel;
- C_16 Percentuale delle tasse sul prezzo del diesel;
- C_17 Intensità del trasporto su bicicletta;
- C_18 Investimento lordo totale nei trasporti interni *pro capite*.

Le variabili d'ingresso al modello sono rappresentate dai 18 indicatori elencati sopra. Le variabili da proiettare nel futuro sono alternativamente i consumi energetici *pro capite* o per *GDP*, C_1 e C_2.

Il modello è fondato su una rete neurale di tipo *feedforward* costituita da un *perceptron multistrato*⁷⁵ con un unico strato nascosto e un'unica uscita (alternativamente C_1 o C_2), e con funzione di trasferimento a sigmoide. La rete viene addestrata avvalendosi dell'algoritmo di *backpropagation* di Rumelhart et al.,^{76,77} con funzione obiettivo espressa attraverso l'errore quadratico medio (RMSE) sulle configurazioni di apprendimento. La scelta di tale modello proviene dall'abbondante sperimentazione fatta in altri campi della ricerca con dati aventi caratteristiche simili e dalla disponibilità di strumenti applicativi già collaudati. La migliore architettura viene determinata facendo variare entro limiti opportuni (stabiliti empiricamente) sia la tolleranza di apprendimento che il rumore applicato ai dati in ingresso alla rete, nonché il numero di nodi dello strato nascosto (per migliorarne la capacità di generalizzazione). E' stata inoltre applicata la tecnica della validazione incrociata (*cross-validation*) a k raggruppamenti, la quale prevede la suddivisione dei casi in ingresso in k sottoinsiemi di egual numero, di cui ne

⁷⁵Marinara M. (1997), *Reti neurali: la loro origine ed il loro futuro*, Il Nuovo Saggiatore, 13(4), pag. 25-31.

⁷⁶Hertz J., Krogh A., Palmer R.G. (1991), *Introduction to the Theory of Neural Computation*, Redwood City, CA (USA): Addison-Wesley, pag.94-96.

⁷⁷Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. (1986), *Learning Internal Representations by Error Propagation*, in *Parallel Distributed Processing, Exploration in the Microstructure of Cognition*, Vol. 1: Foundations, MA (USA): MIT Press.

vengono alternativamente usati $k-1$ per l'apprendimento, mentre quello rimanente verrà poi utilizzato per effettuare la stima dell'errore di generalizzazione, avvalendosi in tal modo per l'apprendimento di tutti i casi osservazionali disponibili, e ottenendo alla fine k reti indipendenti. La previsione più probabile si otterrà facendo la media delle previsioni di ciascuna delle k reti. Successivamente, applicando una procedura di miglioramento genetico (attraverso gli operatori di mutazione e ricombinazione), per ciascuna delle k reti (ottenute con il metodo della *cross-validation*) ne vengono generate circa trecento, tra le quali verrà poi scelta quella migliore dal punto di vista della sua configurazione dei pesi, e cioè quella che produrrà sull'insieme dei casi di *testing* l'errore più piccolo.

Al fine di limitare il numero di ingressi privi di informazione rilevante, è stato usato il metodo del *F-test*,⁷⁸ un metodo statisticamente più efficace della semplice analisi delle correlazioni per discernere gli ingressi più importanti.

4.3 I Dati

Le serie temporali per ciascun Paese della Comunità, relative ai 18 indicatori e utilizzate nel modello sono raccolte nelle **tabelle 4.1 - [da C_1 a C_18]** (i dati in grassetto sono originali, gli altri sono ottenuti per interpolazione grafica usando le curve *B-splines*) e i grafici relativi al loro andamento nel tempo nelle **figure 4.2 - [da C_1 a C_18]**. Nella **figura 4.3 C_19** infine è illustrato l'andamento del *GDP* espresso in \$ 1990 per il periodo 1985-1998.

➤ C_1

La **tabella 4.1 - C_1** e la **figura 4.2 C_1** presentano l'andamento nel periodo 1985-1997 dell'indicatore quantità di energia finale consumata *pro capite* (espressa in toe/capita) dal settore trasporti nei 15 Paesi dell'Unione Europea. Essa comprende i consumi dei trasporti su strada (che rappresentano il 73% dei consumi energetici totali), quelli dei trasporti per ferrovia, navigazione interna e per via aerea, nonché del *bunkeraggio*.⁷⁹

Il consumo di energia nel settore trasporti ha raggiunto nel 1997 il livello record del 34% del consumo totale. Nell'EU i trasporti rappresentano il settore caratterizzato dall'aumento più rapido del consumo di energia, infatti esso è cresciuto di più del 42%, mentre negli altri settori solo dell'11%.

⁷⁸Brandt S. (1993), *Statistical and Computational Methods in Data Analysis*, Amsterdam: North Holland.

⁷⁹Rifornimento di combustibile con mezzi navali e aerei.

Dall'analisi dei dati di consumo del periodo 1985-1997 emerge in particolare che il Lussemburgo ha avuto un incremento dei consumi *pro capite* del 120% circa, contribuendo da solo all'incremento dei consumi totali dell'EU col 20% circa. Ciò è stato determinato dall'aumento delle automobili private e dai prezzi più bassi del carburante rispetto agli Stati vicini.

Tabella 4.1 - C_1: Consumo energetico *pro capite* dei trasporti (toe/capita). I dati dell'energia finale consumata provengono dall'Eurostat, quelli della popolazione dal compendio statistico dell'EEA.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A	0.60	0.62	0.65	0.68	0.70	0.70	0.78	0.78	0.79	0.79	0.77	0.78	0.78	0.78
B	0.85	0.92	0.98	1.06	1.13	1.19	1.21	1.25	1.27	1.27	1.22	1.32	1.41	1.49
DK	0.78	0.84	0.90	0.96	1.00	1.07	1.03	1.05	1.11	1.17	1.19	1.19	1.19	1.17
FIN	0.79	0.84	0.88	0.92	0.96	0.96	0.94	0.96	0.92	0.92	0.86	0.86	0.90	0.93
F	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.78	0.78	0.80	0.83	0.80	0.80	0.83	0.86	0.87
D	0.66	0.68	0.71	0.73	0.75	0.77	0.77	0.79	0.82	0.81	0.80	0.79	0.81	0.82
G	0.60	0.65	0.71	0.76	0.80	0.81	0.81	0.86	0.94	0.95	0.96	0.93	0.94	0.94
IR	0.50	0.53	0.53	0.56	0.57	0.57	0.60	0.60	0.60	0.66	0.65	0.82	0.87	0.87
I	0.55	0.57	0.59	0.60	0.62	0.63	0.65	0.67	0.69	0.69	0.70	0.70	0.72	0.73
L	1.65	1.92	2.20	2.34	2.47	2.62	3.15	3.41	3.41	3.41	3.19	3.44	3.69	3.81
NL	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.41	1.44	1.49	1.54	1.52	1.52	1.58	1.65	1.70
P	0.32	0.34	0.37	0.39	0.42	0.44	0.47	0.50	0.51	0.53	0.54	0.57	0.58	0.58
E	0.47	0.51	0.56	0.60	0.65	0.66	0.71	0.73	0.71	0.73	0.74	0.82	0.85	0.89
S	0.84	0.87	0.89	0.90	0.93	0.92	0.92	0.97	0.96	1.00	0.99	0.99	1.02	1.04
UK	0.67	0.71	0.74	0.78	0.81	0.83	0.82	0.84	0.86	0.86	0.85	0.89	0.90	0.90
EU15	0.65	0.68	0.71	0.74	0.78	0.79	0.80	0.82	0.84	0.84	0.84	0.86	0.89	0.90

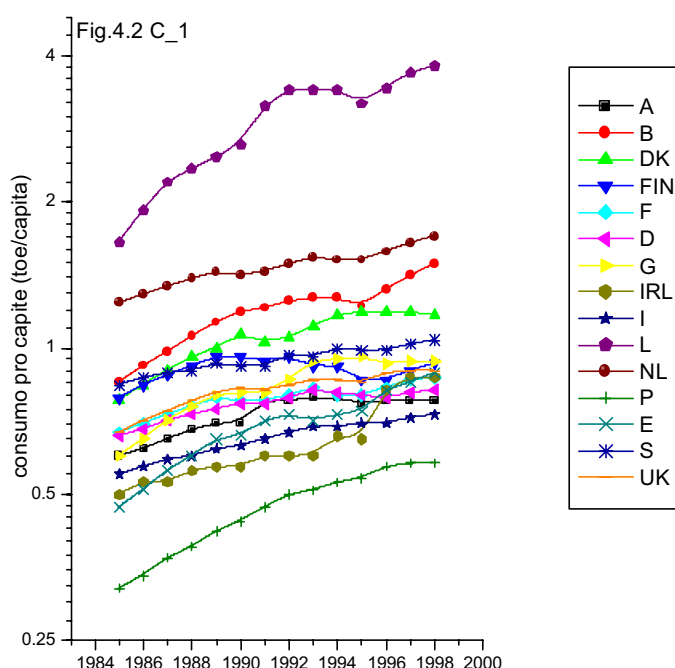
Nel 1997 nell'EU i trasporti su strada rappresentavano il 73% dell'intero settore trasporti, il *bunkeraggio* marino il 12%, il trasporto aereo l'11%, infine la navigazione interna e la ferrovia solo il 2%, ciascuna.

➤ C_2

La **tabella 4.1 - C_2** e la **figura 4.2 - C_2** presentano l'andamento nel periodo 1985-1997 dell'indicatore di energia finale consumata per la produzione di una unità di prodotto nazionale lordo, espressa in toe/M\$, per il settore trasporti nei 15 Paesi dell'Unione.

Particolarmente marcati risultano gli aumenti del Lussemburgo (72%), della Spagna (41%), della Grecia (39%), del Portogallo (38%), nonché un po' meno

quelli del Belgio (35%) e della Danimarca (28%). D'altra parte, tali cambiamenti sono trascurabili per l'Irlanda e la Finlandia. In conclusione, va comunque osservato che l'intensità energetica non è un indicatore di efficienza energetica in senso stretto, in quanto occorre considerare anche le differenze tra le condizioni economiche, geografiche e climatiche dei singoli Paesi.

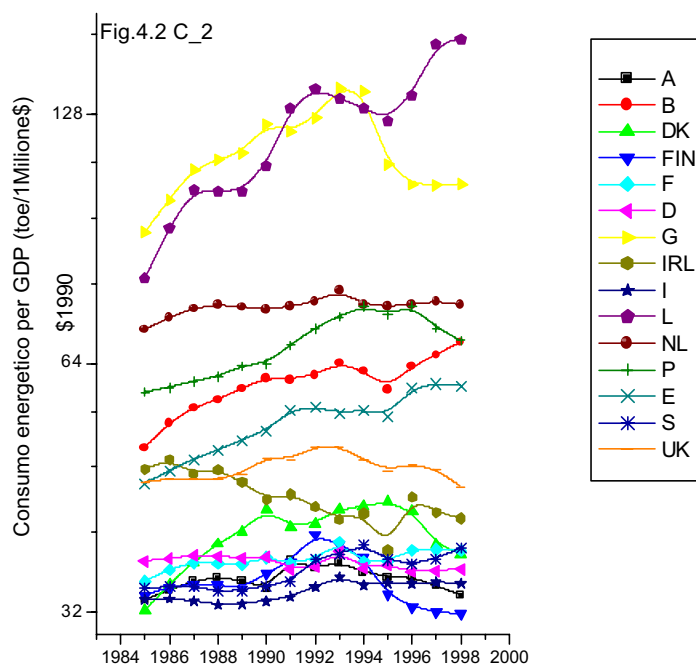


➤ C_3 e C_4

Le **tabelle 4.1 - C_3 e C_4** presentano l'andamento nel periodo 1985-1997 di due indicatori di intensità di trasporto: C_3 si riferisce ai passeggeri*km percorsi (per tutte le modalità, comprendendo l'uso della bicicletta e gli spostamenti a piedi) rispetto alla popolazione e C_4 ai passeggeri*km percorsi rispetto al *GDP*. Questi indicatori sono particolarmente utili per monitorare il progresso nel ridurre l'accoppiamento tra le attività economiche e la domanda di trasporti.

Tabella 4.1 - C_2. Consumo energetico dei trasporti per GDP (toe/M\$). I dati dell'energia finale consumata provengono dall'Eurostat. I dati del GDP sono stati elaborati dal Compendio statistico dell'EEA, il database del World Bank, e Rapporti IEA. Il GDP è in \$1990.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A	33.09	33.97	34.83	35.27	34.88	34.08	36.97	36.12	36.74	35.76	35.26	35.25	34.38	33.55
B	50.60	54.12	56.57	57.83	59.64	61.40	61.22	61.95	64.04	62.65	59.58	63.46	65.52	67.89
DK	32.13	34.46	36.76	38.69	40.06	42.59	40.61	40.93	42.57	42.91	43.52	42.39	38.58	37.61
FIN	33.54	34.23	34.56	34.50	34.14	35.59	36.83	39.73	38.68	37.18	33.55	32.48	31.95	31.83
F	34.82	36.01	36.71	36.65	36.53	37.23	36.63	36.99	38.86	36.74	36.89	38.00	38.09	37.99
D	36.86	37.15	37.42	37.34	37.21	37.31	36.06	36.26	37.84	36.16	36.43	35.78	35.90	36.04
G	92.21	100.93	109.80	112.99	114.98	124.70	122.24	127.02	137.81	136.83	138.31	126.19	131.14	131.53
IR	47.62	48.95	46.99	47.58	45.97	43.81	44.44	42.95	41.44	42.12	38.00	44.11	42.23	41.55
I	33.13	33.18	33.00	32.63	32.74	32.96	33.38	34.30	35.25	34.46	34.67	34.60	34.77	34.65
L	81.08	93.21	103.76	103.53	103.33	111.23	130.43	137.71	134.02	130.39	126.00	135.3	156	158.1
NL	70.34	72.64	74.58	75.35	74.92	74.42	74.95	75.96	78.41	75.42	74.96	75.36	76.09	75.34
P	59.05	59.81	60.87	61.66	63.53	63.95	67.35	70.58	72.90	75.06	73.24	75.13	70.65	68.24
E	45.76	47.36	49.00	50.17	51.67	53.06	56.12	56.67	55.71	56.19	55.21	59.71	60.44	60.11
S	34.16	34.30	34.34	33.87	33.96	34.38	34.80	37.06	37.58	38.57	36.99	36.52	37.13	38.17
UK	45.90	46.38	46.27	46.27	47.03	49.20	48.99	50.67	50.79	48.91	47.48	48.28	47.61	45.39



Il totale dei passeggeri*km percorsi nell'EU è più che raddoppiato dal '70 al '97. In media l'intensità della mobilità è cresciuta ad un tasso superiore a quello del *GDP*. Tuttavia, ciò non necessariamente mette in evidenza la correlazione tra mobilità e reddito, in quanto la propensione alla mobilità privata è legata prioritariamente al costo unitario percepito dall'utente.

Nelle **figure 4.2 - [C_3 e C_4]** sono mostrati gli andamenti dei due indicatori per il periodo in esame. Particolarmente marcata è l'intensità per *GDP* per il Portogallo e la Grecia, mentre l'Irlanda tende ad attestarsi ai livelli degli altri Paesi. L'intensità *pro capite* è in aumento per quasi tutti i Paesi dell'Unione, in modo particolarmente marcato per il Portogallo. Solo l'Austria segna una diminuzione.

➤ C_5

La **tabella 4.1 - C_5** e la **figura 4.2 - C_5** mostrano l'andamento del numero di autovetture per ogni 100 abitanti (densità di motorizzazione) nel periodo 1985-1997. Tale indicatore è un indicatore *proxy* per rappresentare l'accessibilità ai servizi di trasporto (cioè la possibilità di raggiungere le infrastrutture relative) ed è strettamente correlato alla mobilità, che dipende dalla facilità di spostarsi, utilizzando tutte le modalità, compreso anche il muoversi a piedi. La mobilità dipende anche da circostanze particolari, come la salute, il reddito, la disponibilità di auto private e la distanza dai trasporti pubblici e dalle infrastrutture stradali.

L'Italia è caratterizzata da un incremento continuo del suo parco macchine partendo da livelli che erano già tra i più alti d'Europa assieme a quelli del Lussemburgo. Nel 1997 l'Italia era il Paese con la più alta densità di motorizzazione in assoluto. Gli altri Paesi mostrano in generale una tendenza all'aumento anche se meno marcato, fatta eccezione della Francia, della Finlandia e dell'Olanda. I Paesi con il maggiore incremento di autoveicoli sono la Grecia, il Portogallo, la Spagna, tuttavia questi Paesi partivano da livelli molto bassi. I Paesi con il minore incremento sono la Svezia, la Danimarca e l'UK.

➤ C_6

La **tabella 4.1 - C_6** mostra i dati della vita media del parco macchine nel periodo 1985-1997. Tale indicatore è una misura indiretta della *performance* ambientale del trasporto stradale, in quanto le auto più recenti rispondono a criteri di maggiore efficienza energetica, sono meno inquinanti (in quanto caratterizzate da minori emissioni di gas inquinanti, dall'uso di materiali

riciclabili in percentuali sempre più alte, ecc.), meno rumorose, nonché più sicure.

Tabella 4.1 - C.3. Intensità di trasporto passeggeri *pro capite* (1000 Pkm/capita). I dati provengono dal DG Transport, Eurostat.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	9.60	9.78	9.99	10.17	10.37	10.36	10.91	11.47	11.38	11.47	10.99	10.95	10.91
B	9.10	9.28	9.43	9.62	9.76	9.86	10.11	10.34	10.56	10.86	10.90	10.92	11.15
DK	11.54	11.89	12.22	12.63	12.92	13.25	13.54	13.75	13.89	14.34	14.67	15.28	15.68
FIN	11.30	11.74	12.07	12.45	12.76	12.64	12.49	12.35	12.17	12.15	11.98	12.08	12.32
F	11.42	11.67	11.96	12.26	12.52	12.18	12.46	12.72	12.96	13.27	13.09	13.35	13.58
D	9.50	9.66	9.86	10.07	10.25	10.31	10.50	10.67	10.82	10.73	10.57	10.59	10.69
G	5.89	6.10	6.36	6.62	6.84	6.70	6.83	6.97	7.25	7.53	7.71	8.03	8.32
IR	11.00	11.23	11.47	11.67	11.91	11.82	12.19	12.62	13.07	13.56	13.76	14.21	14.64
I	9.54	9.91	10.35	10.75	11.13	11.48	12.24	13.00	12.88	12.82	13.16	13.26	13.52
L	10.71	10.99	11.54	11.81	12.09	12.07	12.60	13.12	13.65	13.91	13.27	13.27	13.51
NL	10.22	10.43	10.68	10.92	11.13	10.72	10.96	11.24	11.33	11.72	11.32	11.26	11.63
P	6.94	7.18	7.44	7.75	7.95	8.21	8.56	8.99	10.14	10.91	11.96	12.53	12.91
E	7.50	7.75	8.02	8.30	8.52	8.46	8.80	9.12	9.30	9.50	9.70	9.93	10.38
S	11.17	11.44	11.76	12.03	12.32	12.27	12.35	12.43	12.36	11.58	11.61	12.33	12.44
UK	10.28	10.60	11.00	11.37	11.69	11.81	11.72	11.64	11.66	11.76	11.77	12.03	12.23

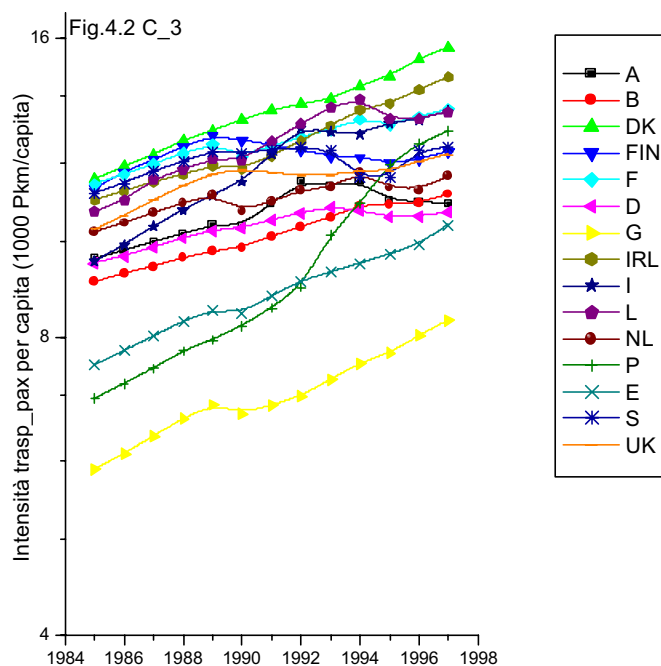
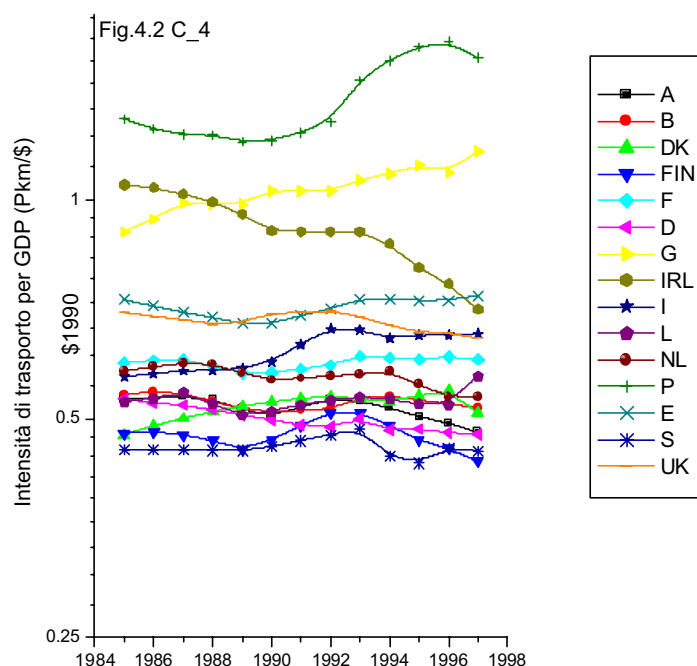
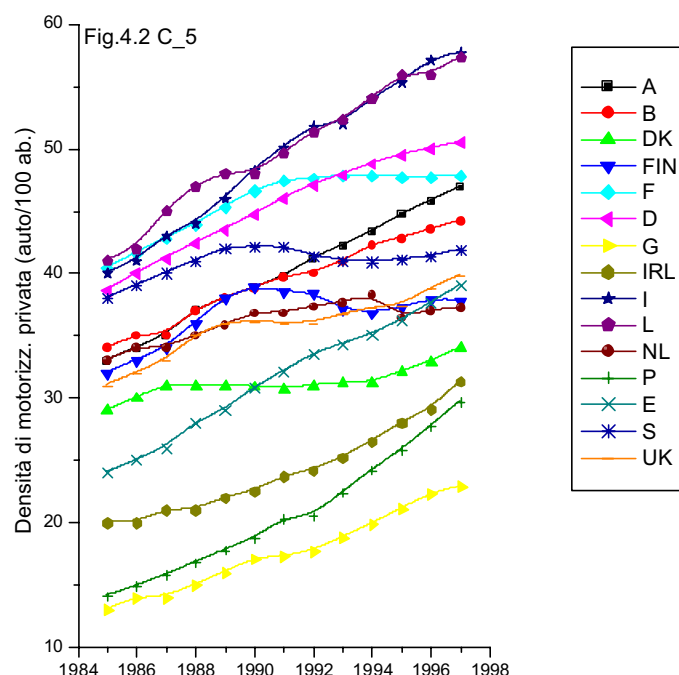


Tabella 4.1 - C_4. Intensità di trasporto per GDP. I dati provengono dall'Eurostat per i dati di domanda trasporto passeggeri. Il GDP è in \$1990.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	0.533	0.533	0.536	0.531	0.515	0.504	0.518	0.532	0.528	0.518	0.503	0.493	0.479
B	0.540	0.544	0.542	0.527	0.517	0.510	0.513	0.514	0.534	0.537	0.530	0.524	0.517
DK	0.475	0.488	0.500	0.511	0.520	0.527	0.533	0.536	0.533	0.527	0.538	0.546	0.510
FIN	0.477	0.480	0.475	0.467	0.453	0.467	0.488	0.510	0.510	0.490	0.467	0.455	0.437
F	0.597	0.601	0.602	0.591	0.578	0.578	0.585	0.592	0.609	0.606	0.603	0.608	0.603
D	0.532	0.525	0.522	0.514	0.506	0.498	0.490	0.487	0.500	0.482	0.484	0.478	0.476
G	0.903	0.940	0.990	0.987	0.986	1.029	1.028	1.028	1.064	1.086	1.115	1.091	1.164
IR	1.048	1.039	1.018	0.994	0.955	0.907	0.904	0.904	0.904	0.870	0.806	0.767	0.707
I	0.571	0.576	0.582	0.582	0.586	0.598	0.632	0.664	0.662	0.645	0.651	0.651	0.654
L	0.527	0.533	0.544	0.524	0.505	0.512	0.522	0.530	0.536	0.532	0.523	0.522	0.572
NL	0.581	0.589	0.596	0.594	0.578	0.565	0.568	0.572	0.575	0.580	0.557	0.536	0.535
P	1.291	1.252	1.229	1.228	1.202	1.205	1.237	1.278	1.459	1.555	1.622	1.650	1.570
E	0.728	0.714	0.700	0.689	0.675	0.675	0.692	0.707	0.730	0.730	0.727	0.727	0.738
S	0.453	0.453	0.453	0.452	0.452	0.457	0.466	0.475	0.485	0.444	0.434	0.455	0.451
UK	0.700	0.691	0.684	0.674	0.678	0.697	0.700	0.704	0.691	0.672	0.657	0.656	0.645

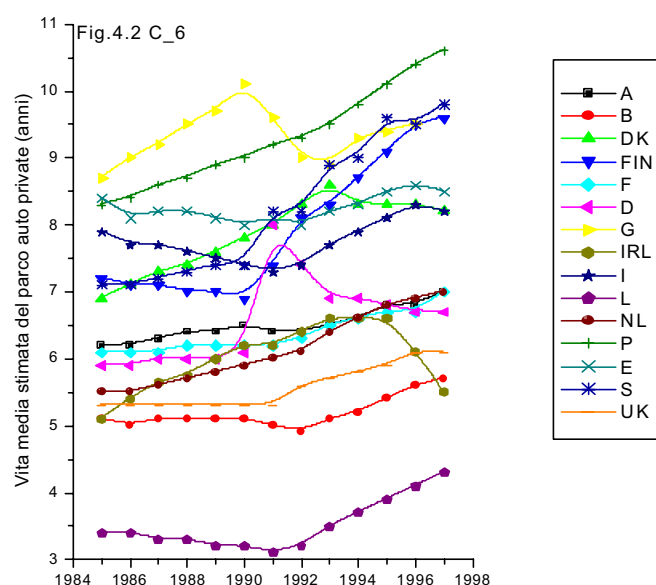




L'età media dei veicoli in EU è aumentata in media da 6.1 degli anni '80 a 7 nel '97. In particolare, gli effetti delle politiche di rottamazione che sono state

Tabella 4.1.- C_5. Densità di motorizzazione privata (auto private per 100 abitanti). I dati provengono dal Compendio statistico '98 dell'EEA e dall'Eurostat.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	33.0	34.0	35.0	37.0	38.0	38.8	39.7	41.2	42.2	43.3	44.7	45.8	46.9
B	34.0	35.0	35.0	37.0	38.0	38.8	39.7	40	40.9	42.3	42.8	43.5	44.2
DK	29.0	30.0	31.0	31.0	31.0	30.9	30.7	31	31.2	31.2	32.1	32.9	34
FIN	32.0	33.0	34.0	36.0	38.0	38.9	38.5	38.4	37.1	36.8	37.2	37.9	37.8
F	40.4	41.6	42.8	43.9	45.3	46.6	47.4	47.6	47.8	47.8	47.7	47.7	47.8
D	38.6	40.0	41.2	42.4	43.5	44.7	46	47.1	47.9	48.8	49.5	50	50.5
G	13.0	14.0	14.0	15.0	16.0	17.1	17.3	17.7	18.8	19.9	21.1	22.3	22.9
IRL	20.0	20.0	21.0	21.0	22.0	22.5	23.7	24.2	25.2	26.5	28	29.1	31.3
I	40.0	41.0	43.0	44.0	46.0	48.3	50.1	51.8	52	54	55.3	57.1	57.7
L	41.0	42.0	45.0	47.0	48.0	48	49.6	51.3	52.3	54	55.9	55.9	57.3
NL	33.0	34.0	34.0	35.0	35.8	36.8	36.8	37.3	37.6	38.3	36.4	37	37.2
P	14.1	14.9	15.8	16.8	17.8	18.7	20.3	20.5	22.4	24.2	25.8	27.7	29.7
E	24.0	25.0	26.0	28.0	29.0	30.8	32.1	33.5	34.3	35.1	36.2	37.6	39
S	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	42.1	42.1	41.4	41	40.9	41.1	41.3	41.9
UK	31.0	32.0	33.0	35.0	36.0	36.1	36	36	36.7	37.2	37.4	38.8	39.8



applicate in Grecia (1991-1993), Danimarca (1994-95), Irlanda (1995-97) e Italia (1997-98) sono evidenziati dalle groppe della **figura 4.2 - C_6**.

Tabella 4.1 - C_6. Vita media del parco auto private. Valori stimati a cura dell'Eurostat.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	6.2	6.2	6.3	6.4	6.4	6.5	6.4	6.4	6.5	6.6	6.8	6.8	7
B	5.1	5	5.1	5.1	5.1	5.1	5	4.9	5.1	5.2	5.4	5.6	5.7
DK	6.9	7.1	7.3	7.4	7.6	7.8	8	8.3	8.6	8.3	8.3	8.3	8.2
FIN	7.2	7.1	7.1	7	7	6.9	7.4	8.1	8.3	8.7	9.1	9.5	9.6
F	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3	6.5	6.6	6.7	6.7	7
D	5.9	5.9	6	6	6	6.1	8	7.4	6.9	6.9	6.8	6.7	6.7
G	8.7	9	9.2	9.5	9.7	10.1	9.6	9	8.9	9.3	9.4	9.5	9.6
IRL	5.1	5.4	5.65	5.75	6	6.2	6.2	6.4	6.6	6.6	6.6	6.1	5.5
I	7.9	7.7	7.7	7.6	7.5	7.4	7.3	7.4	7.7	7.9	8.1	8.3	8.2
L	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1	3.2	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3
NL	5.5	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6	6.1	6.4	6.6	6.8	6.9	7
P	8.3	8.4	8.6	8.7	8.9	9	9.2	9.3	9.5	9.8	10.1	10.4	10.6
E	8.4	8.1	8.2	8.2	8.1	8	8.1	8	8.2	8.3	8.5	8.6	8.5
S	7.1	7.1	7.2	7.3	7.4	7.4	8.2	8.2	8.9	9	9.6	9.5	9.8
UK	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.6	5.7	5.8	5.9	6.1	6.1

Tabella 4.1. - C_7. Percentuale di auto private munite di marmitta catalitica.
Fonte Eurostat - Valori stimati.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	0	7	14	21	28	35	37	40	48	56	63	71	76
B	0	0	0	0	2	3	7	11	20	29	37	46	54
DK	0	1	1	1	2	2	4	6	12	23	32	41	50
FIN	0	0	0	1	2	2	5	7	12	17	23	29	37
F	0	0	0	0	2	3	5	8	15	23	30	38	43
D	0	6	10	16	21	26	32	38	44	48	52	56	60
G	0	0	0	0	0	9	18	28	34	38	43	47	51
IRL	0	0	0	0	1	5	14	21	27	35	44	54	66
I	0	0	0	1	2	3	6	9	15	21	27	33	41
L	0	0	0	2	4	5	12	17	30	41	52	62	70
NL	0	0	9	16	24	32	40	48	53	59	65	71	76
P	0	0	0	0	0	1	3	5	9	13	16	19	22
E	0	0	0	0	0	4	5	7	10	15	18	22	26
S	0	1	2	2	4	4	8	11	20	30	40	52	67
UK	0	0	0	1	2	3	5	7	13	20	27	33	40

➤ C_7

La **tabella 4.1 - C_7** e illustra i dati stimati della percentuale di autovetture munite di marmitta catalitica nel periodo 1985-1997. L'indicatore relativo è finalizzato a evidenziare il progresso nell'adeguamento agli *standard* di emissione.

Emerge che in EU nel 1997 circa il 50% delle auto era munito di marmitta catalitica, ma con notevoli differenze tra i singoli Paesi, variando tra gli estremi del 76 % per l'Austria e il 22% per il Portogallo.

➤ C_8

La **tabella 4.1 - C_8** e la **figura** relativa illustrano i dati relativi alla quota di consumo di benzina senza piombo nel periodo 1985-1997. In generale, la quota di carburanti convenzionali più puliti e di quelli alternativi rappresenta un *determinante* importante per misurare il contributo all'inquinamento dell'aria del settore trasporti. L'indicatore C-8 è solo un primo approccio per rappresentare l'uso dei carburanti più puliti.

Tabella 4.1 - C_8. Percentuale sul totale del consumo di benzina senza piombo. Fonte Eurostat.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	0	23	29	35	43	51	58	67	97	100	100	100	100
B	0	0	0	0	15	25	37	47	57	65	69	74	79
DK	0	10	29	32	40	57	63	70	76	98	100	100	100
FIN	0	0	0	1	20	54	58	70	87	100	100	100	100
F	0	0	0	0	2	14	25	34	44	50	56	61	65
D	0	3	25	44	57	68	77	84	89	92	95	97	100
G	0	0	0	0	0	2	7	16	23	28	31	38	43
IRL	0	0	0	0	7	19	25	32	39	49	56	65	74
I	0	0	0	1	2	5	7	13	24	33	42	47	50
L	0	0	0	10	20	30	45	58	69	76	79	84	88
NL	0	0	20	26	38	48	60	70	75	80	84	92	100
P	0	0	0	0	0	2	9	13	21	30	36	42	48
E	0	0	0	0	0	1	3	6	14	22	26	35	41
S	0	7	15	37	43	55	57	59	80	99	100	100	100
UK	0	0	0	1	19	34	41	47	53	58	63	68	80
EU15	0	2	8	15	24	34	42	48	57	63	67	71	77

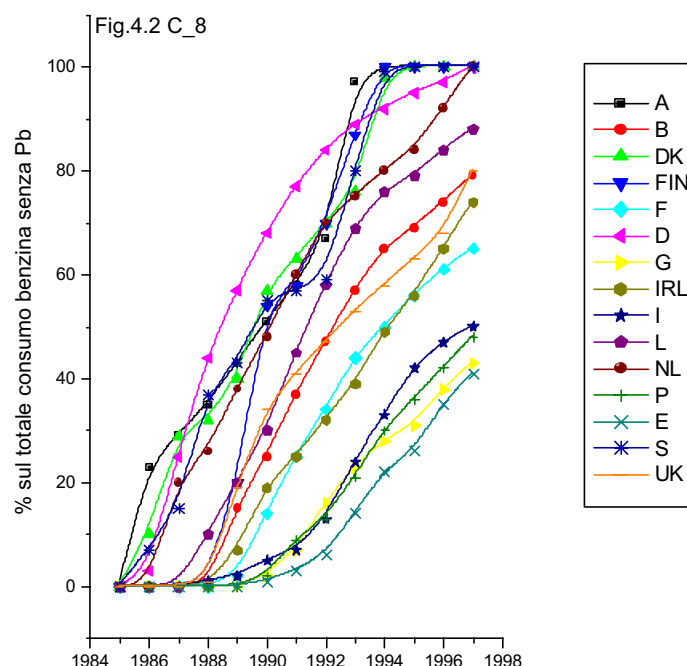
Per il consumo di benzina senza piombo si osserva un andamento in crescendo in tutti i Paesi dell'Unione, ove è stata raggiunta la totalità dei consumi in Austria e Finlandia (fin dal '94), in Danimarca e Svezia (dal '95), in Germania e Olanda (dal '97).

➤ C_9, C_10, C_11, C_12, C15 e C_16

L'andamento dei costi delle differenti modalità di trasporto, nonché la maggiore disponibilità di reddito individuale, ha favorito in questi ultimi anni l'uso dell'auto privata a fronte del mezzo pubblico. Pertanto, i prezzi dei carburanti (incluse le tasse) rappresentano uno strumento chiave per promuovere una politica equilibrata tra le varie modalità di trasporto e la gestione della domanda in modo ambientalmente sostenibile.

Le tasse differenziate tra i vari tipi di carburante (in modo da incoraggiare l'uso di carburanti più puliti) rappresentano una prima *risposta* per ridurre le emissioni inquinanti.

Le **tabelle 4.1 - C_9-12 e C_15-16**, accanto alle **figure 4.2** relative, illustrano l'andamento dei prezzi della benzina senza piombo, della benzina super e del diesel, nonché delle tasse relative nel periodo 1985-1997. La benzina con piombo è divenuta la più cara in tutti i Paesi dell'EU, variando dal 4% al 17% in



più rispetto alla benzina senza piombo, e arrivando fino al 57% in più rispetto al Diesel nel '98. Non c'è alcun comportamento comune tra i Paesi dell'Unione

Tabella 4.1 - C_9. Prezzo della benzina senza piombo. Dati elaborati da OECD '99, OECD '98 e TERM. I prezzi sono in dollari \$1991.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.7	0.7	0.7	0.69	0.67
B	0.82	0.81	0.79	0.78	0.77	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7	0.77	0.77	0.77
DK	0.7	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63	0.62	0.61	0.67	0.66	0.64
FIN	0.52	0.54	0.56	0.58	0.61	0.63	0.65	0.66	0.68	0.7	0.72	0.8	0.79	0.78
F	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82	0.81	0.8	0.8	0.84	0.84	0.83
D	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.6	0.61	0.63	0.64	0.65	0.67	0.66	0.64
G	0.86	0.85	0.83	0.82	0.81	0.81	0.8	0.78	0.77	0.75	0.74	0.73	0.70	0.66
IRL	1	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.9	0.87	0.84	0.81	0.78	0.79	0.77	0.75
I	1.14	1.12	1.11	1.1	1.1	1.07	1.05	1.04	1.02	1.01	0.99	0.98	0.95	0.92
L	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.59	0.58	0.56
NL	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.81	0.81	0.8	0.8	0.8	0.8	0.83	0.84	0.84
P	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.34	1.28	1.23	1.18	1.12	1.07	1.07	1.06	1.04
E	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82	0.81	0.79	0.8	0.78	0.76
S	0.55	0.57	0.58	0.59	0.61	0.62	0.64	0.65	0.66	0.68	0.68	0.71	0.71	0.71
UK	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.71	0.72	0.73	0.73	0.74	0.75	0.77	0.81	0.85

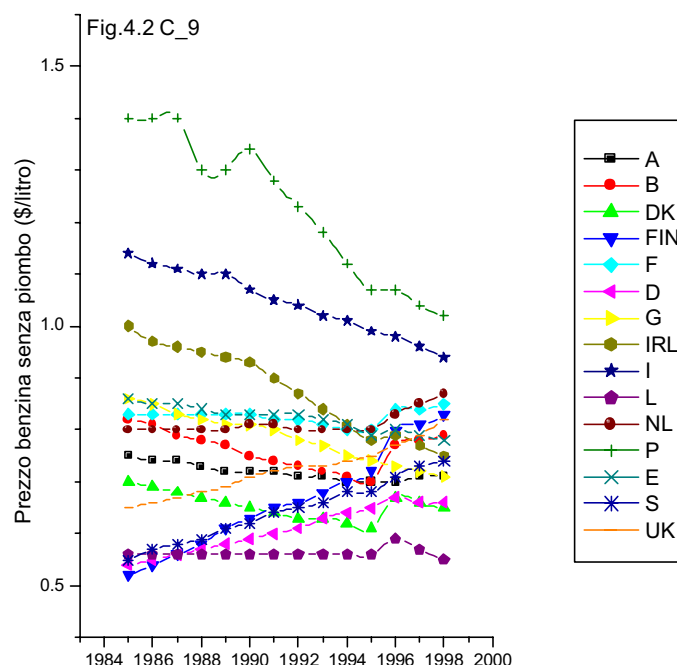


Tabella 4.1 - C_10. Percentuale delle tasse sul prezzo della benzina senza piombo. Dati elaborati da OECD'99, OECD'98 e TERM.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.53	0.56	0.59	0.61	0.64	0.67	0.67	0.68	0.68
B	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.72	0.73	0.75	0.76
DK	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62	0.63	0.65	0.66	0.68	0.69	0.70	0.71	0.71
FIN	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.51	0.55	0.60	0.65	0.69	0.74	0.75	0.77	0.78
F	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.73	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81
D	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.60	0.63	0.66	0.69	0.73	0.76	0.74	0.75	0.75
G	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.68	0.68	0.67
IRL	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.66	0.66	0.66	0.65	0.67	0.68
I	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.75
L	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.65	0.66	0.66
NL	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.62	0.65	0.67	0.69	0.72	0.74	0.72	0.74	0.75
P	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	0.71	0.72	0.73
E	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.68	0.67	0.68	0.69
S	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.75	0.76
UK	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.58	0.61	0.64	0.68	0.71	0.74	0.76	0.79	0.81

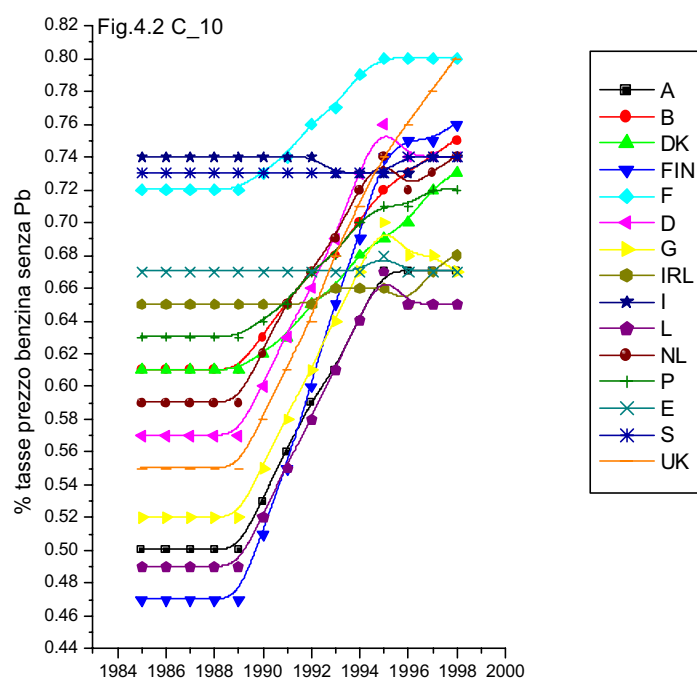


Tabella 4.1 - C_11. Prezzo della benzina con piombo (\$/litro). Dati elaborati da OECD'93, OECD'98 OECD'99, TERM e GTZ (Eschborn, Germany). I prezzi sono in dollari \$1991.

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A	0.75	0.70	0.64	0.64	0.62	0.68	0.75	0.69	0.74	0.74	0.75	0.75	0.76	0.78	-
B	0.77	0.69	0.61	0.61	0.61	0.70	0.80	0.80	0.82	0.8	0.79	0.77	0.84	0.84	0.83
DK	0.65	0.68	0.71	0.71	0.71	0.70	0.70	0.66	0.63	0.63	0.63	0.62	0.69	0.75	-
FIN	0.64	0.59	0.54	0.55	0.54	0.61	0.68	0.70	0.73	0.74	0.77	0.78	0.83	0.87	-
F	0.78	0.74	0.7	0.72	0.73	0.79	0.85	0.82	0.80	0.81	0.82	0.83	0.87	0.87	0.87
D	0.60	0.54	0.48	0.48	0.47	0.56	0.64	0.69	0.72	0.71	0.71	0.7	0.72	0.72	0.72
G	0.79	0.83	0.88	0.78	0.68	0.77	0.85	0.85	0.86	0.84	0.82	0.8	0.79	0.75	0.71
IRL	0.88	0.85	0.83	0.83	0.83	0.89	0.96	0.93	0.88	0.87	0.86	0.84	0.87	0.87	0.88
I	1.10	1.07	1.05	1.05	1.05	1.07	1.09	1.05	1.03	1.04	1.04	1.05	1.03	1.01	0.97
L	0.63	0.57	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.57	0.60	0.61	0.62	0.63	0.66	0.64	0.63
NL	0.71	0.65	0.59	0.66	0.72	0.78	0.85	0.85	0.91	0.89	0.88	0.87	0.89	0.89	0.89
P	1.71	1.64	1.57	1.51	1.44	1.42	1.40	1.34	1.23	1.19	1.13	1.08	1.09	1.07	1.07
E	1.01	0.94	0.87	0.82	0.77	0.78	0.80	0.80	0.84	0.84	0.84	0.84	0.85	0.83	0.81
S	0.55	0.49	0.43	0.46	0.47	0.58	0.70	0.68	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74	0.74	0.74
UK	0.75	0.72	0.68	0.67	0.65	0.70	0.75	0.76	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.89	0.93

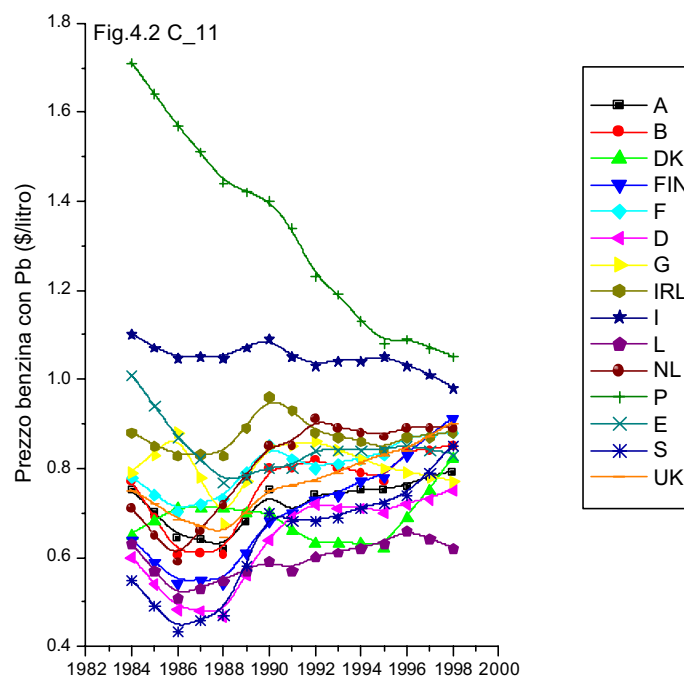


Tabella 4.1 - C_12. Percentuale delle tasse sul prezzo della benzina con piombo. Dati elaborati da OECD'93, OECD'98 OECD'99 e TERM .

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.56	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	-
B	0.59	0.60	0.62	0.63	0.65	0.65	0.70	0.70	0.72	0.73	0.75	0.75	0.76	0.77
DK	0.64	0.64	0.65	0.66	0.67	0.69	0.69	0.67	0.69	0.70	0.72	0.72	0.72	-
FIN	0.46	0.48	0.50	0.53	0.55	0.55	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	-
F	0.66	0.68	0.69	0.71	0.73	0.74	0.77	0.77	0.79	0.80	0.82	0.81	0.82	0.83
D	0.56	0.58	0.59	0.61	0.63	0.63	0.72	0.72	0.74	0.75	0.77	0.74	0.74	0.74
G	0.53	0.56	0.58	0.60	0.63	0.64	0.69	0.69	0.71	0.72	0.74	0.72	0.71	0.7
IRL	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	0.68	0.7
I	0.68	0.69	0.71	0.72	0.73	0.75	0.75	0.76	0.76	0.76	0.76	0.75	0.76	0.76
L	0.47	0.48	0.49	0.50	0.50	0.49	0.63	0.63	0.66	0.68	0.71	0.68	0.68	0.69
NL	0.58	0.60	0.61	0.63	0.65	0.64	0.73	0.73	0.74	0.75	0.76	0.75	0.75	0.75
P	0.65	0.65	0.66	0.67	0.69	0.68	0.75	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
E	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.63	0.70	0.70	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.71
S	0.57	0.59	0.60	0.62	0.64	0.65	0.69	0.69	0.72	0.75	0.78	0.79	0.80	0.81
UK	0.54	0.56	0.58	0.59	0.62	0.62	0.69	0.69	0.71	0.74	0.76	0.79	0.81	0.83

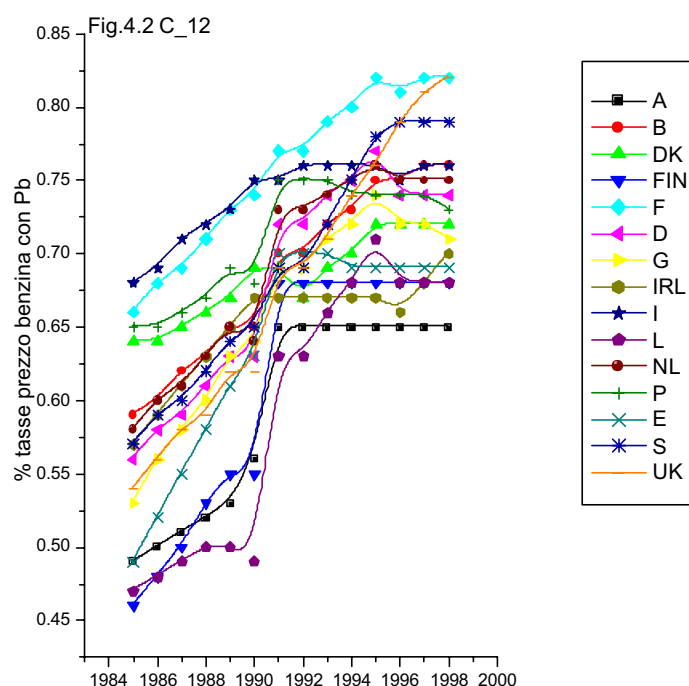
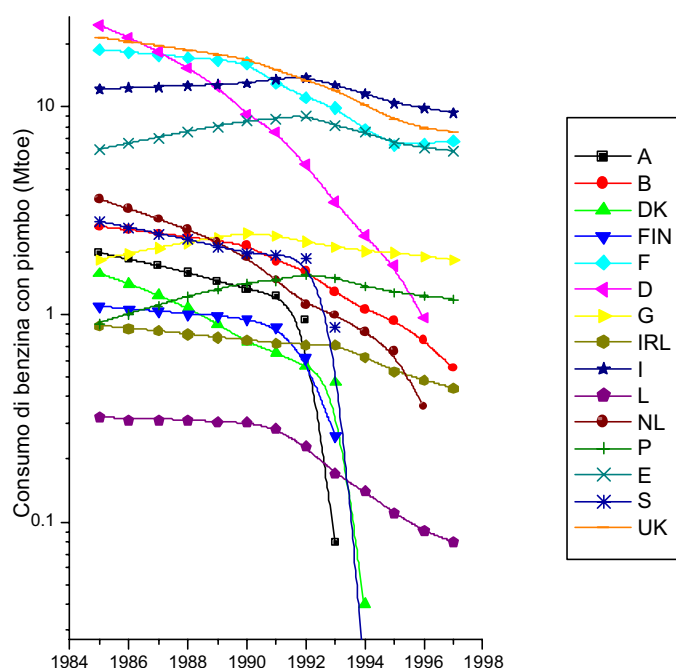


Tabella 4.1 - C_13. Consumo dei trasporti su strada per tipo di carburante: benzina con piombo (Mtoe). Fonte Compendio statistico EEA '98.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	1.97	1.83	1.71	1.58	1.44	1.32	1.23	0.94	0.08	0	0	0	0
B	2.63	2.54	2.44	2.35	2.24	2.15	1.8	1.62	1.27	1.05	0.93	0.75	0.55
DK	1.57	1.4	1.23	1.07	0.9	0.73	0.65	0.56	0.47	0.04	0	0	0
FIN	1.09	1.05	1.03	1	0.98	0.94	0.87	0.62	0.26	0	0	0	0
F	18.69	18.21	17.69	17.19	16.7	16.17	12.92	11.04	9.86	7.76	6.49	6.58	6.8
D	24.62	21.44	18.41	15.31	12.5	9.16	7.54	5.26	3.46	2.39	1.72	0.96	0
G	1.82	1.95	2.08	2.21	2.33	2.45	2.38	2.22	2.1	2.01	1.97	1.89	1.82
IRL	0.88	0.85	0.83	0.8	0.77	0.75	0.72	0.71	0.71	0.62	0.53	0.48	0.44
I	12.08	12.25	12.4	12.56	12.69	12.89	13.51	13.8	12.66	11.48	10.34	9.8	9.32
L	0.32	0.31	0.31	0.31	0.3	0.3	0.28	0.23	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08
NL	3.56	3.22	2.87	2.55	2.22	1.87	1.46	1.115	0.99	0.82	0.66	0.36	0
P	0.9	1	1.1	1.21	1.31	1.41	1.45	1.55	1.49	1.36	1.27	1.22	1.18
E	6.18	6.61	7.07	7.55	8.01	8.48	8.69	9.07	8.04	7.49	6.66	6.31	6.09
S	2.79	2.61	2.44	2.28	2.11	1.97	1.91	1.87	0.86	0.02	0	0	0
UK	21.44	20.47	19.6	18.62	17.76	16.87	14.93	13.35	11.99	10.17	8.62	7.83	7.52

Fig.4.2 C_13



Tab. 4.1 C_14. Consumo *pro capite* per tipo di carburante: benzina con piombo (toe/capita).

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	0.261	0.242	0.227	0.209	0.191	0.171	0.160	0.122	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
B	0.267	0.258	0.248	0.239	0.227	0.216	0.181	0.163	0.128	0.106	0.092	0.074	0.054
DK	0.306	0.273	0.240	0.209	0.176	0.142	0.126	0.109	0.091	0.008	0.000	0.000	0.000
FIN	0.228	0.220	0.215	0.209	0.205	0.189	0.174	0.124	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.347	0.338	0.328	0.319	0.310	0.285	0.228	0.195	0.174	0.137	0.112	0.113	0.117
D	0.314	0.274	0.235	0.196	0.160	0.115	0.095	0.066	0.044	0.030	0.021	0.012	0.000
G	0.189	0.202	0.216	0.229	0.242	0.240	0.233	0.217	0.205	0.197	0.188	0.181	0.174
IRL	0.259	0.250	0.244	0.235	0.226	0.214	0.206	0.203	0.203	0.177	0.149	0.135	0.124
I	0.214	0.217	0.220	0.223	0.225	0.226	0.237	0.242	0.222	0.201	0.181	0.171	0.163
L	0.879	0.852	0.852	0.852	0.824	0.787	0.735	0.604	0.446	0.367	0.270	0.221	0.197
NL	0.252	0.228	0.203	0.180	0.157	0.125	0.098	0.075	0.066	0.055	0.043	0.023	0.000
P	0.092	0.102	0.113	0.124	0.134	0.143	0.147	0.157	0.151	0.138	0.129	0.124	0.120
E	0.165	0.176	0.188	0.201	0.213	0.216	0.221	0.231	0.205	0.191	0.168	0.159	0.154
S	0.336	0.314	0.294	0.274	0.254	0.230	0.223	0.218	0.100	0.002	0.000	0.000	0.000
UK	0.381	0.363	0.348	0.331	0.315	0.293	0.259	0.232	0.208	0.177	0.148	0.135	0.129

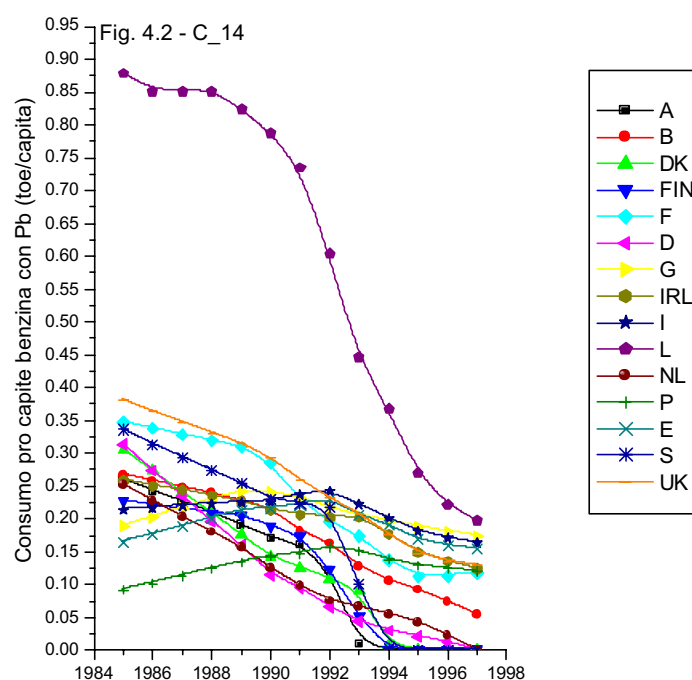


Tabella 4.1 - C_15. Prezzi del diesel (\$/litro). Dati elaborati da OECD'93, OECD'98, OECD'99 e TERM. I prezzi sono in dollari \$1991.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A	0.68	0.64	0.62	0.59	0.56	0.53	0.47	0.46	0.46	0.45	0.44	0.47	0.46	0.44
B	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.52	0.5	0.48	0.47	0.45	0.48	0.46	0.44
DK	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.32	0.31	0.32	0.33	0.33	0.35	0.38	0.4
FIN	0.68	0.66	0.65	0.63	0.61	0.60	0.48	0.48	0.46	0.45	0.43	0.45	0.44	0.43
F	0.58	0.56	0.54	0.52	0.49	0.47	0.45	0.45	0.46	0.46	0.46	0.5	0.49	0.48
D	0.54	0.52	0.5	0.48	0.46	0.44	0.44	0.43	0.43	0.42	0.41	0.44	0.42	0.4
G	0.48	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.48	0.45	0.41
IRL	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	0.66	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.59	0.59	0.59
I	0.57	0.58	0.58	0.59	0.59	0.6	0.63	0.63	0.64	0.65	0.65	0.66	0.63	0.6
L	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.37	0.37	0.38	0.39	0.39	0.43	0.41	0.39
NL	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.47	0.5	0.53	0.56	0.6	0.55	0.49
P	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.79	0.77	0.74	0.72	0.69	0.69	0.65	0.61
E	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.56	0.54	0.52
S	0.38	0.39	0.4	0.41	0.42	0.43	0.40	0.42	0.43	0.44	0.46	0.48	0.47	0.45
UK	0.68	0.66	0.64	0.62	0.6	0.59	0.59	0.6	0.61	0.63	0.64	0.67	0.70	0.73

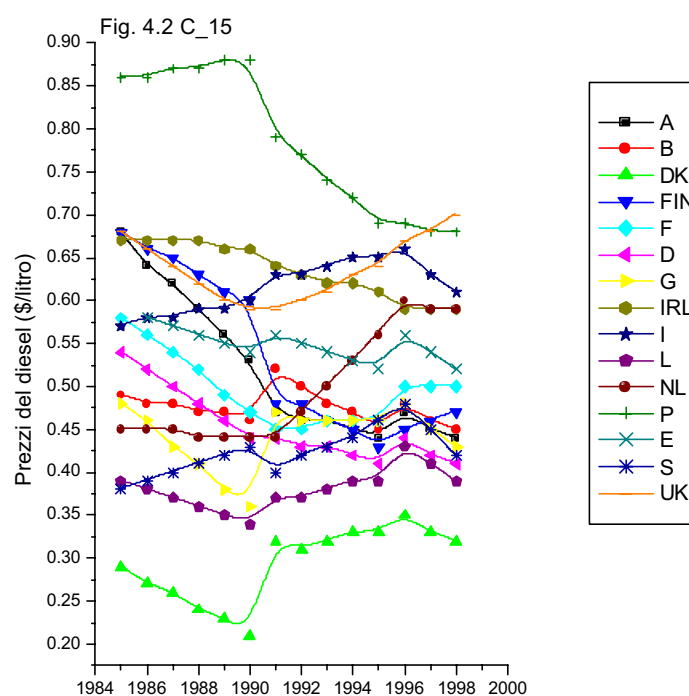


Tabella 4.1 - C_16. Percentuale delle tasse sul prezzo del diesel. Dati elaborati da OECD'98, OECD'99 e TERM.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A	0.39	0.4	0.41	0.42	0.44	0.45	0.49	0.49	0.5	0.51	0.52	0.52	0.54	0.55
B	0.42	0.43	0.44	0.46	0.49	0.47	0.54	0.54	0.56	0.57	0.59	0.54	0.56	0.58
DK	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.42	0.44	0.47	0.44	0.42	0.4
FIN	0.55	0.56	0.56	0.57	0.58	0.59	0.54	0.54	0.55	0.57	0.58	0.54	0.57	0.6
F	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.58	0.61	0.64	0.67	0.64	0.67	0.7
D	0.46	0.47	0.48	0.49	0.5	0.51	0.58	0.58	0.6	0.61	0.64	0.59	0.61	0.63
G	0.2	0.21	0.23	0.24	0.25	0.27	0.6	0.6	0.6	0.6	0.61	0.57	0.58	0.59
IRL	0.39	0.42	0.43	0.46	0.49	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52	0.53	0.42	0.50	0.57
I	0.34	0.39	0.44	0.49	0.55	0.6	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.62	0.64	0.65
L	0.25	0.27	0.28	0.3	0.31	0.33	0.46	0.46	0.5	0.54	0.58	0.54	0.56	0.57
NL	0.33	0.35	0.37	0.39	0.41	0.43	0.5	0.5	0.5	0.51	0.51	0.48	0.55	0.61
P	0.29	0.34	0.38	0.43	0.47	0.52	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62	0.59	0.59	0.58
E	0.37	0.4	0.42	0.44	0.46	0.49	0.57	0.57	0.58	0.58	0.59	0.55	0.57	0.58
S	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.27	0.32	0.32	0.38	0.43	0.49	0.49	0.51	0.53
UK	0.46	0.48	0.49	0.5	0.52	0.53	0.59	0.59	0.62	0.65	0.68	0.7	0.75	0.79

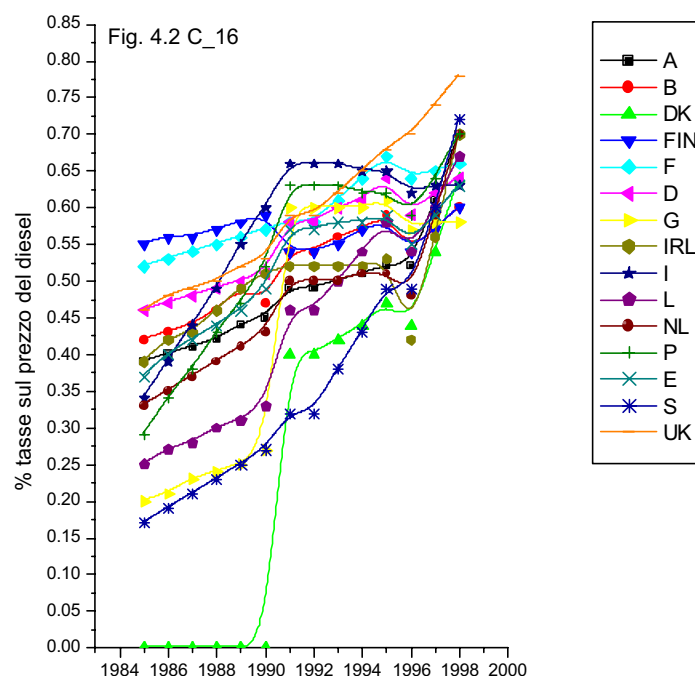


Tabella 4.1 - C_17. Intensità del trasporto su bicicletta (1000 Pkm/capita). Fonte DG transport and Energy.

	1970	1975	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.14	0.13	0.13
B	0.41	0.40	0.38	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32
DK	0.91	0.91	0.88	0.80	0.83	0.86	0.89	0.93	0.95	0.94	0.92	0.91	0.89	0.90	0.84	0.87
FIN	0.37	0.41	0.46	0.40	0.38	0.36	0.35	0.33	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.25	0.25
F	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
D	0.22	0.23	0.28	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29
G	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
IRL	0.22	0.24	0.24	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18
I	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
L	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
NL	0.84	0.89	0.70	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.85	0.81	0.86
P	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
E	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
S	0.20	0.17	0.19	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.27	0.24	0.27
UK	0.08	0.08	0.09	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07

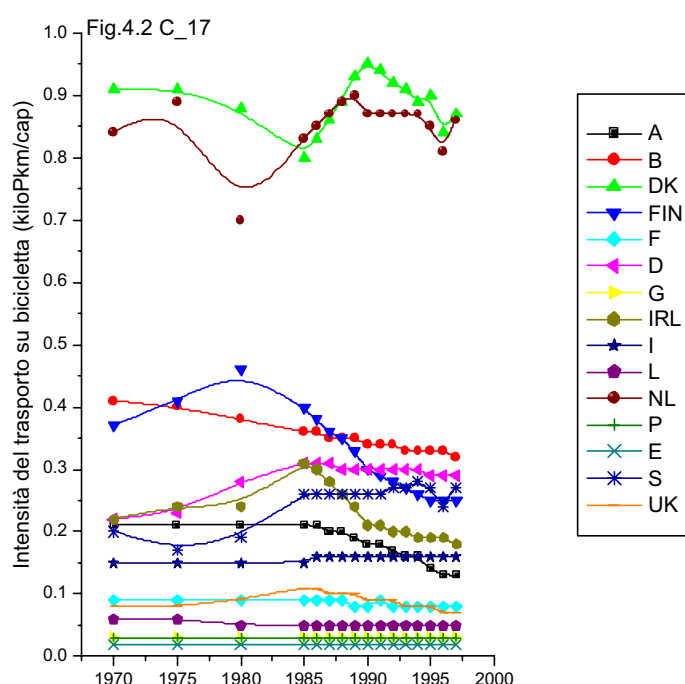
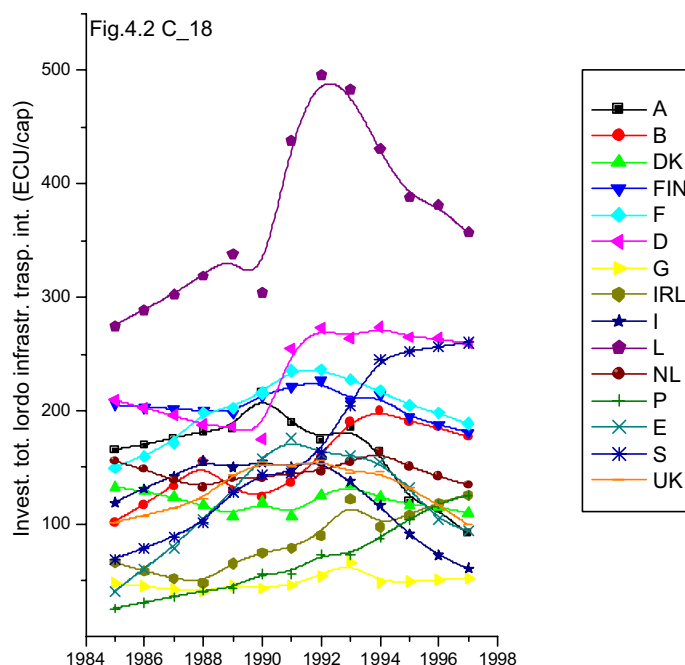


Tabella 4.1 - C_18. Investimento totale lordo in infrastrutture di trasporto interne (Ferrovia, strada e vie d'acqua interne) espresso in ECU/capita (ECU 1995). Fonte ECMT.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	165.6	169.6	175.3	181.7	183.3	216.5	189.7	173.7	185.5	164.3	120.6	113.1	91.7
B	101.5	116.7	132.9	155.3	129.5	123.4	136.0	158.8	190.2	200.3	190.4	185.1	176.8
DK	132.7	128.8	123.4	116.5	106.8	120.0	107.0	125.3	134.2	123.5	117.2	114.9	109.8
FIN	205.0	202.9	201.5	200.0	197.9	213.2	220.6	226.8	208.4	213.6	194.4	188.0	180.9
F	149.4	159.6	171.8	198.1	202.5	215.5	235.2	236.3	227.4	217.7	204.8	197.9	188.6
D	209.4	202.4	196.0	187.4	185.8	175.1	254.6	272.9	263.8	273.9	264.8	263.5	259.0
G	47.7	45.1	42.3	40.4	45.7	43.3	46.1	54.3	66.3	48.7	49.4	50.7	52.4
IRL	66.2	58.8	52.0	47.9	65.3	74.5	78.8	89.9	121.9	97.6	108.0	118.4	125.7
I	118.7	131.1	141.7	155.2	149.8	154.6	150.1	156.2	137.6	116.7	91.2	72.5	60.8
L	274.7	288.5	302.2	318.7	337.9	304.5	438.3	496.1	482.9	430.4	388.2	380.8	357.1
NL	155.5	148.5	138.6	131.9	140.1	141.0	144.3	146.8	154.5	163.9	150.8	142.1	134.5
P	25.6	30.7	35.7	40.9	43.5	56.2	56.2	73.3	72.3	87.4	103.5	117.2	125.6
E	40.0	59.9	79.0	104.1	127.6	157.9	175.5	162.2	160.9	155.4	132.3	103.5	94.1
S	69.2	78.2	88.3	100.8	127.4	143.5	144.3	163.2	204.5	245.6	252.4	256.0	259.9
UK	101.2	107.4	113.2	121.8	142.8	154.1	150.5	156.5	145.5	145.6	132.2	117.1	100.0



nello stabilire il livello di tassazione dei carburanti. Le tasse vengono solitamente utilizzate per incoraggiare l'uso di carburanti più puliti, ma non per limitarne la domanda complessiva. In generale, le tasse rappresentano attraverso svariate voci la fetta più importante del prezzo dei carburanti e costituiscono un elemento dominante della politica dei trasporti al fine di internalizzarne i costi, comprendendo anche quelli ambientali. Attualmente, sono in corso in alcuni Paesi dell'Unione alcune iniziative per promuovere l'uso delle tasse sui carburanti o sul veicolo al fine di gestire alcuni costi esterni legati all'uso delle automobili, come il rumore, l'inquinamento dell'aria, i cambiamenti climatici, la congestione delle strade, gli incidenti e il costo delle infrastrutture stesse. In particolare, in Olanda sono state introdotte tasse differenziate sulla base dell'età del veicolo e il suo standard di efficienza. La stessa iniziativa è in corso di studio nell'Irlanda. In Germania è stata introdotta dal 1999 una tassa ecologica sui carburanti piuttosto rilevante, e destinata a crescere annualmente fino al 2003. Inoltre, sempre in Germania, dal 2001 i carburanti con un contenuto di zolfo superiore a 50 ppm saranno soggetti ad una tassa addizionale.

➤ C_13 e C_14

Nelle **tabelle 4.1 - C_13 e C_14** e **nelle figure relative** vengono presentati il consumo di benzina con piombo e il consumo *pro capite* nel periodo 1985-1997. Il consumo di benzina con piombo, accanto agli altri carburanti fossili, rappresenta in molti Paesi ancora una parte importante dei consumi di energia non rinnovabile, perciò esso è di grande utilità, da un lato per misurare l'uso dei veicoli a motore, dall'altro per rappresentare attraverso una misura *proxy* le pressioni sull'ambiente determinate dal consumo di risorse e di energia, con l'emissione di sostanze inquinanti dell'aria (particolarmente ozono, particolati materiali, ossidi di carbonio e di azoto) e di rumore. Una concreta riduzione delle emissioni dovute ai carburanti fossili costituisce attualmente una delle maggiori preoccupazione dei ricercatori mondiali, in quanto essa costituisce un obiettivo basilare per un futuro sostenibile. Tale indicatore fornisce inoltre un'informazione indiretta sulla congestione urbana e la contaminazione dell'acqua e del suolo. Pertanto, dato che il comparto dei veicoli a motore agisce sull'intero ecosistema ad una scala sostanziale, ed è strettamente correlato ad altri importanti indicatori socio-economici ed ambientali, l'indicatore in oggetto risulta rilevante anche per tutte le azioni politiche di intervento (*responses*), in modo particolare per le aree urbane.

Per quanto concerne, in particolare, i consumi di benzina con Pb emerge che l'Austria, la Danimarca, la Finlandia e la Svezia li hanno praticamente azzerati a partire dal 1994. D'altra parte, il Lussemburgo (caratterizzato all'inizio del periodo da un consumo molto alto e nettamente superiore a tutti gli altri Paesi dell'Unione) mostra un drastico calo, passando da un livello di circa 0.90 toe/capita nel 1985 a circa 0.2 toe/capita nel 1997. Tuttavia, i consumi complessivi di carburanti fossili pur tendendo a spostarsi sulla benzina senza piombo, mantengono invariata la loro tendenza a crescere.

➤ C_17

Attualmente, circa 200 milioni di biciclette contribuiscono alla mobilità sostenibile in Europa con circa 70 miliardi di km percorsi in un anno (vedi **tabella 4.1 - C_17**). I Paesi a cui si associa l'intensità maggiore di km percorsi in bicicletta sono tradizionalmente la Danimarca e l'Olanda, mentre negli altri Paesi permane una stagnazione se non un declino nell'uso di tale mezzo, a causa dell'assenza o scomparsa addirittura di sistemazioni ciclabili, che bloccano lo sviluppo potenziale della domanda.

Pertanto, una risposta efficace per promuovere tale modalità di trasporto è fondata sull'incremento delle piste ciclabili a fronte delle strade. Inoltre, è

importante sostenerne l'uso in generale con politiche *ad hoc*, poichè circa il 30% dei tragitti effettuati in automobile è inferiore ai 3 km, una distanza percorribile facilmente sia in bicicletta che a piedi.

➤ C_18

L'indicatore dell'investimento lordo totale nei trasporti interni *pro capite* è un indicatore molto complesso che dipende da svariati fattori, tra cui i più importanti sembrano essere:

- Condizioni geografiche, topografiche e climatiche;
- Condizioni demografiche, struttura degli insediamenti urbani, densità della popolazione;
- Volumi di trasporto e di traffico, livelli di congestione;
- Condizioni delle infrastrutture di trasporto;
- L'andamento dell'economia, considerazioni finanziarie;
- Priorità politiche.

Dai dati della **tabella 4.1 - C_18** e relativa **figura** emerge un picco negli investimenti nel 1992 che merita qualche riflessione. Tipici sono gli investimenti di punta nell'eurotunnel e nella Germania dell'est dopo la caduta del muro. Successivamente si osserva una caduta media annua del 3%. Si osserva un aumento generalizzato dall'1985 al 1992 degli investimenti determinato da progetti di grande rilievo quali l'alta velocità in Francia, Germania e Spagna, nonché l'accesso della Spagna e del Portogallo nella Comunità ha indotto lo sviluppo di importanti programmi infrastrutturali. Il declino dal 1993 fu prodotto da parecchie ragioni:

- il rallentamento della crescita economica a partire dal 1990 che influenzò tutti gli investimenti;
- l'aumentato interesse per i problemi legati all'impatto ambientale, con un conseguente aumento dei costi per le nuove infrastrutture;
- il completamento di alcuni progetti rilevanti;
- l'impatto dei criteri di Maastricht per il risanamento del deficit pubblico sulla spesa pubblica.

Il declino fu severo in Finlandia, Germania, Italia e UK, peraltro ci fu un aumento in Belgio, Svezia e Portogallo. Gli investimenti in Belgio furono dominati dalla realizzazione del progetto della ferrovia ad alta velocità (HSR), mentre quelli del Portogallo dai progetti associati con l'esibizione universale del 1998.

➤ C_19

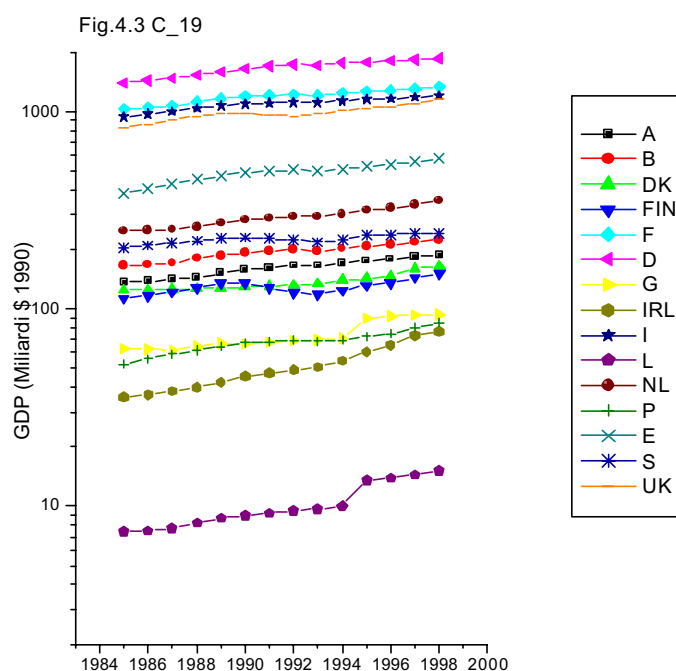


Figura 4.3 C_19. Andamento nel tempo del GDP per il periodo 1985-1998 per i 15 Paesi dell'Unione Europea.

➤ C_20

Tabella 4.1 C_20. Consumo dei trasporti su strada per tipo di carburante: diesel (Mtoe).
Fonte Compendio statistico EEA '98 e '99

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
A	1.47	1.59	1.70	1.82	1.96	2.06	2.29	2.41	2.59	2.66	2.84	3.08	3.30
B	2.42	2.63	2.85	3.06	3.27	3.52	3.57	3.65	3.88	4.02	4.04	4.26	4.70
DK	1.16	1.23	1.30	1.36	1.42	1.51	1.40	1.42	1.41	1.51	1.53	1.56	1.60
FIN	1.31	1.36	1.41	1.45	1.49	1.56	1.46	1.45	1.51	1.55	1.52	1.61	1.70
F	10.63	11.95	13.28	14.56	15.80	17.21	18.47	19.61	20.46	21.52	22.68	23.32	25.00
D	11.94	12.74	13.46	14.39	15.20	15.79	18.75	19.74	21.12	22.01	22.71	23.13	23.70
G	1.21	1.24	1.28	1.32	1.36	1.38	1.57	1.57	1.60	1.62	1.68	1.73	1.80
IRL	0.53	0.55	0.56	0.58	0.60	0.62	0.66	0.69	0.73	0.77	0.63	0.48	1.10
I	11.62	12.33	13.00	13.69	14.32	15.16	14.87	15.11	15.01	14.45	14.37	14.89	15.40
L	0.19	0.24	0.28	0.33	0.39	0.43	0.52	0.58	0.59	0.59	0.56	0.59	0.70
NL	3.02	3.10	3.18	3.25	3.33	3.42	3.45	3.68	3.70	3.75	3.85	4.23	4.60
P	1.16	1.25	1.33	1.42	1.50	1.59	1.68	1.79	1.87	2.00	2.12	2.31	2.50
E	5.56	6.25	6.98	7.67	8.37	9.09	9.62	10.00	10.08	10.51	11.42	12.06	12.70
S	1.42	1.47	1.53	1.57	1.61	1.69	1.55	1.68	1.83	2.03	1.96	1.97	2.10
UK	7.18	7.85	8.59	9.30	9.92	10.76	10.80	11.20	11.93	13.05	13.60	14.51	15.50

4.4 Calcolo del modello

Al fine di valutare la significatività degli ingressi nel determinare l'uscita della rete neurale (cioè, alternativamente, consumo energetico dei trasporti *pro capite* o per *GDP*), è stata effettuata un'analisi preliminare di correlazione sia con il metodo tradizionale dell'analisi di correlazione che con il metodo dell'*F-Test*. I risultati di tale analisi sono mostrati nelle **tabelle 4.2-3**, considerando rispettivamente l'alternativa C_1 e quella C_2.

La determinazione dei due modelli a reti neurali (uno per ciascuno dei due determinanti C_1 e C_2, e denominato anche modello U_1 e modello U_2), che ne forniscono la migliore previsione nel futuro (l'orizzonte temporale è di 1 anno) è stata eseguita avvalendosi dello strumento di sviluppo *BrainMaker* della California Scientific Software.⁸⁰

I dati di input dei due modelli (costituiti dalle serie storiche a cadenza annuale che rappresentano gli indicatori C_1-18) sono limitati al periodo che va dal 1985 al 1998; di essi, per alcuni Stati dell'EU, l'annata 1998 è stata riservata per verificare la bontà della previsione, mentre con le annate precedenti (applicando la tecnica della validazione incrociata) sono stati costruiti 10 insiemi d'apprendimento e altrettanti insiemi di test (con i quali stimare l'errore di generalizzazione). Con tale metodo è stata determinata la migliore architettura (cioè quella con il numero di nodi nascosti più efficace per la previsione),

Tabella 4.2 - F-Test (calcolato su 5 classi) e correlazione tra ingressi e C_1

Ingresso	F-Test	Correlazione
C_01	1	0.995
C_02	0.999	0.593
C_03	0.986	0.303
C_04	0.998	-0.334
C_05	0.997	0.430
C_06	1	-0.575
C_07	0.948	0.236
C_08	0.984	0.258
C_09	1	-0.465
C_10	0.986	-0.187
C_11	0.997	-0.392
C_12	0.977	-0.102
C_13	1	-0.287

⁸⁰BrainMaker Professional (1998), *Neural Network Simulation Software, User's Guide and Reference Manual*, California Scientific Software, Nevada City, CA (USA).

C_14	0.999	0.482
C_15	0.999	-0.469
C_16	0.985	-0.093
C_17	1	0.135
C_18	1	0.724

facendo variare sia il parametro di tolleranza da 0 a 0.1 (con passo 0.02), sia la quantità di rumore applicata ai casi in ingresso (facendo variare il parametro relativo tra 0.02 e 0.1 con passo di 0.01), nonché il numero di nodi dello strato nascosto tra 5 e 30.

Tabella 4.3 - F-Test (calcolato su 5 classi) e correlazione tra ingressi e C_2

Ingresso	F-Test	Correlazione
C_01	0.999	0.597
C_02	1	0.994
C_03	0.996	-0.369
C_04	0.998	0.362
C_05	0.997	-0.239
C_06	1	-0.097
C_07	0.957	0.108
C_08	0.969	-0.118
C_09	0.996	-0.037
C_10	0.992	-0.276
C_11	0.982	0.010
C_12	0.964	-0.079
C_13	0.999	-0.287
C_14	0.994	0.389
C_15	0.998	-0.172
C_16	0.987	-0.060
C_17	1	-0.188
C_18	1	0.139

con passo 1, attraverso una scansione di 1404 reti potenziali. La funzione di trasferimento tra i nodi interni e quelli di uscita è una *sigmoide* a valori compresi tra -1. e +1. Ai pesi iniziali delle connessioni vengono attribuiti valori casuali piccoli (rispetto ai valori che i pesi possono assumere) e distribuiti in modo *gaussiano*. Per altri dettagli sulla procedura, è consigliabile consultare il

Manuale d'uso del pacchetto *BrainMaker*. Ovviamente l'intera procedura viene applicata indipendentemente a ciascuno dei due modelli U_1 e U_2.

Modello U_1. La migliore architettura, corrispondente a un errore quadratico medio di apprendimento (RMSE) più piccolo sui 10 insiemi analizzati col metodo della *cross-validation*, è risultata quella a 27 nodi nascosti, con parametri di tolleranza e rumore, rispettivamente, di 0.04 e 0.07. Tale conclusione è stata tratta considerando i risultati della **tabella 4.5** e della

Tabella 4.5 - Valore del RMSE di apprendimento (mediato sulle 1404 reti della scansione e sui 10 casi di apprendimento previsti dal metodo di *cross-validation* considerato) al variare del parametro di tolleranza e del rumore applicato agli ingressi

rumore	tolleranza					
	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
0.02	0.16	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06
0.03	0.15	0.10	0.04	0.05	0.05	0.06
0.04	0.18	0.14	0.04	0.04	0.05	0.06
0.05	0.16	0.10	0.04	0.04	0.05	0.05
0.06	0.15	0.10	0.04	0.04	0.04	0.05
0.07	0.19	0.10	0.03	0.04	0.04	0.05
0.08	0.16	0.13	0.04	0.04	0.04	0.05
0.09	0.24	0.15	0.04	0.04	0.04	0.05
0.1	0.19	0.11	0.04	0.04	0.04	0.05

figura 4.4. Nella **tabella 4.5** è mostrato l'andamento del RMSE di apprendimento (mediato sulle 1404 reti della scansione e sui 10 casi di apprendimento previsti dal metodo di *cross-validation* considerato) al variare del parametro di tolleranza e del rumore applicato agli ingressi. Nel diagramma della **figura 4.4**, sono mostrati l'andamento di frequenza cumulata del RMSE medio per ciascuna delle architetture di rete (nodi nascosti) prese in considerazione (5-30 nodi nascosti) relative alla particolare tolleranza e rumore d'ingresso, corrispondente al minimo errore di apprendimento stimato, dedotto dalla **tabella 4.5**.

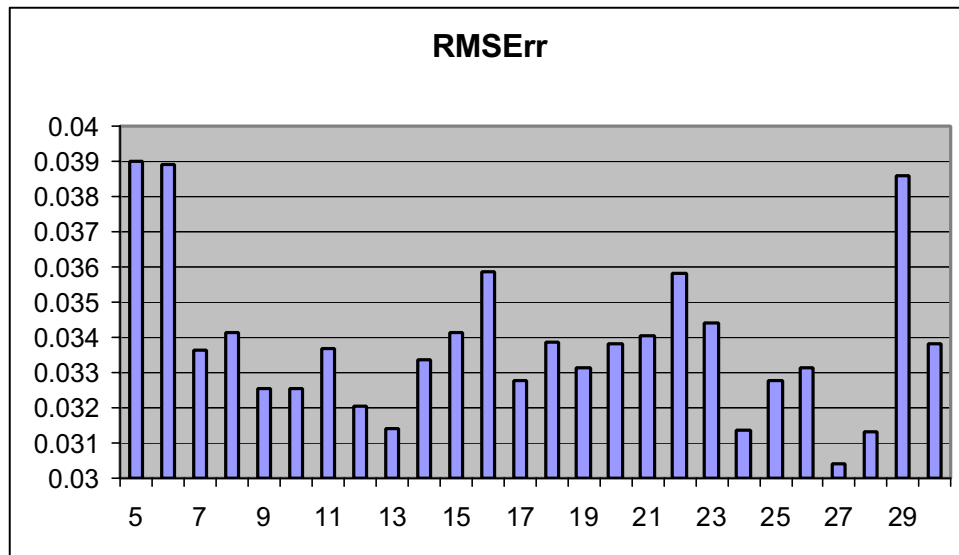


Figura 4.4 - Andamento della frequenza cumulata del RMSE medio per ciascuna delle architetture di rete (nodi dell'unico strato di nodi nascosti) prese in considerazione (5-30 nodi nascosti) relative alla particolare tolleranza e rumore d'ingresso, corrispondente al minimo errore di apprendimento stimato, dedotto dalla tabella 4.5.

Modello U_2. Applicando una procedura simile a quella seguita per il modello U_1, la migliore architettura è risultata a 23 nodi nascosti, con parametri di tolleranza e rumore, rispettivamente, di 0.06 e 0.08. Tale conclusione è illustrata nella **tabella 4.6** e nella **figura 4.5**, analoghe a quelle del modello U_1.

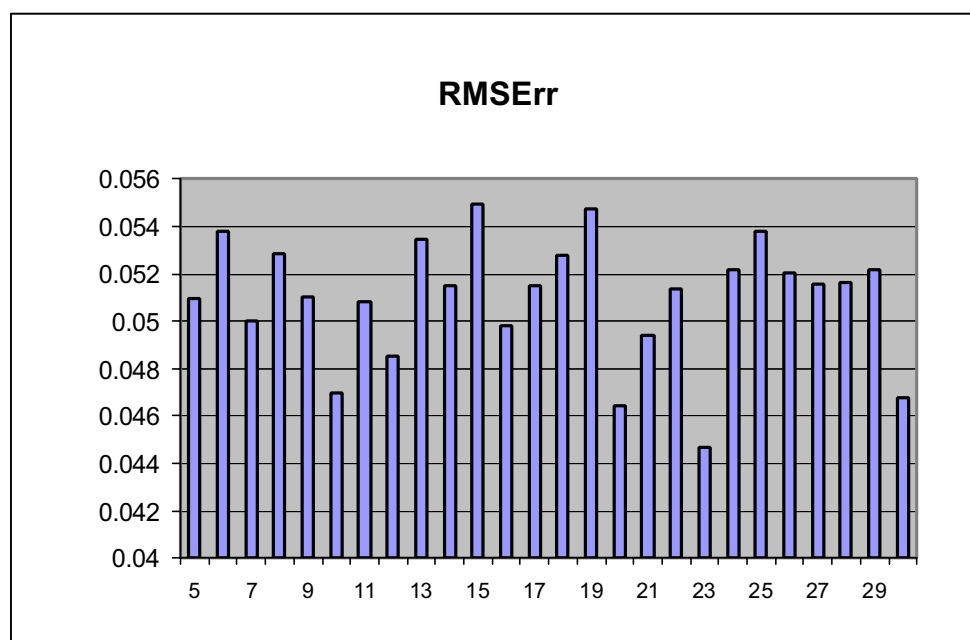


Figura 4.5 - Andamento della frequenza cumulata del RMSE medio per ciascuna delle architetture di rete (nodi dell'unico strato di nodi nascosti) prese in considerazione (5-30 nodi nascosti), e relative alla particolare tolleranza e rumore d'ingresso, corrispondente al minimo errore di apprendimento stimato, dedotto dalla tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Valore del RMSE di apprendimento (mediato sulle 1404 reti della scansione e sui 10 casi di apprendimento previsti dal metodo di cross-validation considerato) al variare del parametro di tolleranza e del rumore applicato agli ingressi

rumore	tolleranza					
	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
0.02	0.111	0.081	0.056	0.056	0.060	0.067
0.03	0.101	0.081	0.055	0.054	0.057	0.064
0.04	0.103	0.081	0.054	0.054	0.055	0.062
0.05	0.105	0.083	0.052	0.052	0.055	0.060
0.06	0.101	0.081	0.053	0.052	0.054	0.059
0.07	0.105	0.082	0.053	0.052	0.054	0.058
0.08	0.098	0.082	0.055	0.051	0.053	0.058
0.09	0.100	0.078	0.057	0.052	0.053	0.057
0.1	0.096	0.081	0.058	0.053	0.053	0.056

4.5 Risultati e conclusioni

Con i due modelli U_1 e U_2 (caratterizzati da un orizzonte annuale di previsione)⁸¹ abbiamo determinato dapprima le proiezioni per l'anno 1998 per 4 Paesi significativi dell'Unione, e cioè Francia, Germania, Italia e Spagna, rispettivamente per il *determinante* C_1 e C_2. I risultati sono relativamente soddisfacenti, nonostante che il punto di riferimento per il 1998 ed il dato di partenza del 1997 siano stati talora ricavati per estrapolazione grafica dalla serie temporale interpolata attraverso le *B-splines*, e permangano alcune incertezze sui dati della Germania (a causa della riunificazione dopo la caduta del muro di Berlino). I dati relativi sono mostrati, rispettivamente, nella **tabella 4.7** e illustrati nella **figura 4.6** per il caso del modello U_1, e nella **tabella 4.8** e nella **figura 4.7** per il caso del modello U_2. La scelta del consumo energetico dei trasporti quale parametro da proiettare è stata determinata non solo dall'importanza di tale parametro nel contesto dei consumi complessivi di energia (esso rappresenta infatti circa il 20% dei consumi totali di energia), ma soprattutto perché esso è in continua espansione. E' stata ampiamente discussa nei precedenti capitoli la necessità sia di contenere tali consumi (soprattutto dei combustibili fossili tipicamente implicati nei trasporti) che di contenere le emissioni di gas serra a causa degli incombenti cambiamenti climatici che minacciano la Terra.

Tabella 4.7 - Risultati della proiezione del consumo energetico *pro capite* per l'anno 1998 dei trasporti (toe/capita) per 4 Paesi dell'UE, stime ottenute da estrapolazione grafica e dal modello U_1.

Proiezione del consumo energetico <i>pro capite</i>				
	Francia	Germania	Italia	Spagna
<i>Estrapolazione</i>	.87	.82	.73	.89
<i>Modello</i>	.81	1.00	.72	.77

In tale contesto, nel Protocollo di Kyoto (1997) venne previsto di contenere in particolare le emissioni di CO2 secondo un tasso pianificato mirando soprattutto al settore trasporti. E' ben nota la difficoltà di ripartire tale onere tra i vari Paesi del mondo, per cui il problema di contenere le emissioni e di

⁸¹Ceschia M., Pietrobon V. (2000), *La previsione delle precipitazioni a scala mensile - confronto fra modelli statistici e a reti neurali: il caso di Udine*, ed. Forum, Udine.

ripartirne equamente l'onere è a tutt'oggi oggetto di accesa discussione tra i partecipanti alla Conferenza Internazionale dell'Aja sul clima (novembre 2000), accanto alle svariate problematiche sociali ed economiche che i cambiamenti climatici possono comportare per l'intera umanità.

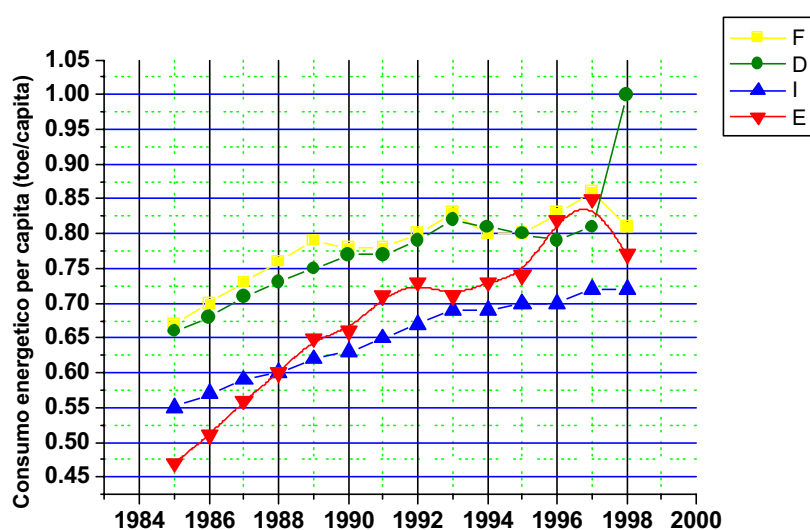


Figura 4.6 - Andamento delle proiezioni del consumo energetico *pro capite* per l'anno 1998 dei trasporti (toe/capita) per 4 Paesi dell'UE, stime ottenute dal modello U_1.

Tabella 4.8 - Risultati della proiezione del consumo energetico *per GDP* per l'anno 1998 dei trasporti (toe/M\$1990) per 4 Paesi dell'UE, stime ottenute da estrapolazione grafica e dal modello U_2.

Proiezione del consumo energetico per GDP				
	Francia	Germania	Italia	Spagna
Estrapolazione	38.0	36.0	34.65	60.1
Modello	37.4	43.4	34.7	57.1

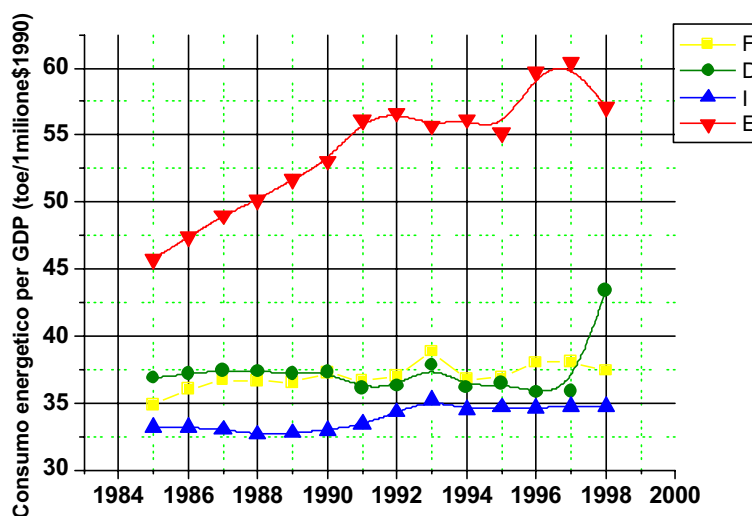


Figura 4.7 - Andamento delle proiezioni del consumo energetico *per GDP* per l'anno 1998 dei trasporti (toe/M\$1990) per 4 Paesi dell'UE, stime ottenute dal modello U_2.

Per esplorare e stimare il contributo di qualche azione efficace diretta al contenimento dei consumi energetici dei trasporti, si è cercato di saggiare la potenzialità dei modelli U_1 e U_2 implementati in questo lavoro, valutando alcuni semplici scenari di intervento attraverso alcune modificazioni percentuali applicate *indipendentemente* agli indicatori di risposta C_10 (Percentuale delle tasse sulla benzina senza Pb), C_17 (Intensità del trasporto su bicicletta) e C_18 (Investimenti totali in infrastrutture di trasporto interne) dell'anno precedente. Gli effetti di una riduzione delle tasse sul prezzo della benzina senza Pb, del 5% e del 10%, sono mostrati nella **tabella 4.9** (modello U_1) e **tabella 4.10** (modello U_2). Si osserva un aumento appena percettibile dei consumi *pro capite* e uno più sensibile dei consumi per unità di *GDP*.

Tabella 4.9 - Proiezione del consumo energetico *per capita* a seguito di una riduzione delle tasse sul prezzo della benzina senza Pb, del 5% e del 10% (modello U_1).

C_10	Francia	Germania	Italia	Spagna
Originale	0.82	1.00	0.72	0.77
-5%	0.82	1.00	0.74	0.77
-10%	0.83	1.00	0.75	0.78

L'aumento del 10% e del 20% dell'intensità del trasporto su bicicletta non determina alcun cambiamento percettibile dei consumi energetici *pro capite* (modello U_1) e una diminuzione appena percettibile dei consumi per unità di *GDP* (modello U_2). I risultati sono mostrati nelle **tabelle 4.11 e 4.12**, rispettivamente.

Tabella 4.10 - Proiezione del consumo energetico per *GDP* a seguito di una riduzione delle tasse sul prezzo della benzina senza Pb, del 5% e del 10% (modello U_2).

C_10	Francia	Germania	Italia	Spagna
Originale	37.4	43.4	34.7	57.1
-5%	38.5	44.1	35.4	57.8
-10%	39.9	44.6	36.3	58.4

Infine, è stato stimato l'effetto sui consumi energetici degli aumenti del 5%, del 10%, del 15% e del 20% sugli investimenti in infrastrutture di trasporto interne. I risultati del modello U_1 non mostrano influenze percettibili, mentre quelli del modello U_2 mostrano qualche diminuzione appena sensibile per la Germania, l'Italia e la Francia. I risultati sono mostrati nelle **tabelle 4.13 e 4.14**, rispettivamente.

Tabella 4.11 - Proiezione del consumo energetico *per capita* a seguito dell'aumento del 10% e del 20% dell'intensità del trasporto su bicicletta (modello U_1).

C_17	Francia	Germania	Italia	Spagna
Originale	0.82	1.00	0.72	0.77
10%	0.82	1.01	0.73	0.77
20%	0.82	1.03	0.73	0.77

Tabella 4.12 - Proiezione del consumo energetico per *GDP* a seguito dell'aumento del 10% e del 20% dell'intensità del trasporto su bicicletta (modello U_2).

C_17	Francia	Germania	Italia	Spagna
Originale	37.4	43.4	34.7	57.1
10%	37.3	43.6	34.6	57.1
20%	37.3	43.8	34.5	57.0

Tabella 4.13 - Proiezione del consumo energetico *per capita* a seguito dell'aumento del 5%,10%, 15% e 20% sugli investimenti in infrastrutture di trasporto interne (modello U_1).

C_18	Francia	Germania	Italia	Spagna
Originale	0.82	1.00	0.72	0.77
5%	0.82	1.00	0.72	0.77
10%	0.82	1.00	0.72	0.77
15%	0.81	1.00	0.72	0.77
20%	0.81	1.00	0.72	0.77

Questo lavoro rappresenta il primo approccio per la costruzione di un sistema di valutazione generale degli interventi necessari per uno sviluppo sostenibile dei trasporti. Dati gli indirizzi correnti del V Piano di Azione comunitario per il settore trasporti, che sposta l'attenzione dalla pianificazione e regolamentazione dei flussi e delle modalità dei trasporti al controllo della domanda, e ove viene rimarcata la necessità di modificare i modelli attuali di consumo e comportamento, si è pensato di sviluppare modelli di previsione tesi al controllo dei consumi energetici. In tale contesto, abbiamo considerato, per i due modelli sviluppati, alcuni indicatori (*di tipo determinante e di risposta*) ritenuti *chiave* per rappresentare le principali problematiche del settore soprattutto nel contesto del contenimento delle emissioni dei gas serra (vedi per l'Italia Delibera CIPE 98).

Tabella 4.14 - Proiezione del consumo energetico per *GDP* a seguito dell'aumento del 5%,10%, 15% e 20% sugli investimenti in infrastrutture di trasporto interne (modello U_2).

C_18	Francia	Germania	Italia	Spagna
Originale	37.4	43.4	34.7	57.1
5%	37.3	43.3	34.7	57.1
10%	37.3	43.1	34.6	57.1
15%	37.2	43.0	34.6	57.1
20%	37.2	42.8	34.6	57.1

Per lo sviluppo di modelli di questo tipo, una difficoltà fondamentale è costituita dal reperimento e validazione di tutte le serie temporali disponibili dei principali indicatori del settore. Invero, durante il lungo lavoro preparatorio per la raccolta e l'analisi dei dati, le differenti fonti della letteratura erano spesso incomplete, non sempre confrontabili tra di loro e di difficile accesso. Pertanto, un ulteriore miglioramento e approfondimento richiedono una selezione alternativa degli indicatori coinvolti nel modello e delle variabili da proiettare, un reperimento alla fonte di ulteriori dati originali ed omogenei, nonché l'allungamento nel tempo delle serie temporali disponibili per questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA GENERALE

Bureau of Transportation Statistics (BTS), U.S. Department of Transportation (DOT)

Il BTS compila, analizza e rende accessibili le informazioni riguardanti i sistemi di trasporto degli Stati Uniti; raccoglie le informazioni sui vari aspetti dei trasporti; migliora la qualità e l'efficacia dei programmi statistici del Dipartimento dei Trasporti, attraverso la ricerca, lo sviluppo di linee guida, nonché la promozione e il miglioramento nell'acquisizione e nell'uso dei dati.

- *Pocket Guide to Transportation*, 1998.
- *Transportation Statistics Annual Report*, 1998.

Community Environmental Council (CEC)

- Jill Zachary, *Sustainable Community Indicators: Guideposts for Local Planning*, Prepared by the Community Environmental Council, 1995.

Questo lavoro illustra come gli indicatori sostenibili possano aiutare le comunità locali a identificare e monitorare i loro obiettivi economici, ambientali e sociali, sviluppando una visione del loro futuro attraverso decisioni politiche e di pianificazione effettuate a livello locale.

I tre progetti analizzati, comprendenti the Sustainable Seattle (Seattle, WA), the Santa Monica Sustainable City Program (Santa Monica, CA) and the Consortium of Regional Sustainability/Cambridge Civic Forum (Cambridge, MA), forniscono ciascuno un approccio alternativo di interesse generale all'identificazione, sviluppo e attuazione degli indicatori.

Sustainable Seattle identifica quasi 100 indicatori, ridotti poi a 40. In particolare, per il settore trasporti gli indicatori considerati sono:

Le miglia percorse da un veicolo per persona e il consumo di carburante.

- L'aumento delle miglia percorse riflette un aumento dell'uso delle risorse, diminuisce la disponibilità a lavorare, vivere nella comunità e partecipare alla sua crescita.

- L'uso dei veicoli alimentati a benzina è in relazione all'inquinamento dell'aria e dell'acqua, alla perdita di spazio aperto e di habitat selvaggio, e al declino del senso della comunità.

L'energia rinnovabile e non rinnovabile consumata per persona.

- CEC, *Santa Barbara South Coast Community Indicators*, Santa Barbara, CA, 1998.

Gli indicatori di questo documento risultano da un progetto pilota di due anni, iniziato a cura del CEC nel 1994. L'obiettivo del progetto era quello di creare il massimo interesse verso il concetto degli indicatori di comunità.

Il progetto degli indicatori di Santa Barbara iniziò nel gennaio 1997 e portò ad un dibattito pubblico nell'estate dello stesso anno (11 incontri pubblici) nel quale i residenti della South Coast raccolsero in una dichiarazione quello che ritenevano più importante per la loro comunità e ciò che ritenevano dovesse essere misurato (in particolare per il settore della mobilità, proposero di misurare la congestione del traffico e l'uso di forme alternative all'automobile).

Department of the Environment, Transport and the Regions, UK

- *Indicators of sustainable development for the United Kingdom*, London, 1997.

L'obiettivo chiave per uno sviluppo sostenibile è raggiungere il giusto equilibrio fra la capacità dei trasporti a soddisfare lo sviluppo economico, la protezione dell'ambiente, e una qualità sostenibile di vita, ora e in futuro.

Questo report riporta quattro significativi indicatori per i trasporti: l'uso della macchina rispetto al totale del trasporto passeggeri (in passeggeri*km *pro capite*); il numero di percorsi brevi per persona (per modalità di trasporto e per distanza percorsa); le variazioni reali nel costo dei trasporti; il traffico merci (ripartizione modale strada/rotaia).

- *A New Deal for transport: Better for Everyone*, London 1998.

European Environmental Agency (EEA)

- EEA, *Spatial and Ecological Assessment of the TEN: Demonstration of Indicators and GIS Methods*, Environmental Issues Series n°11, 1998
- EEA, *Environmental indicators: Typology and overview*, 1999, Technical report n°25.

Questo lavoro riporta il modello DPSIR (Driving forces, Pressure, State, Impact, Response) usato dall'EEA nelle sue attività di ricerca.

La tipologia degli indicatori secondo l'Agenzia EEA viene classificata in 4 gruppi che rispondono alle seguenti domande:

- Che cosa è successo all'ambiente e all'essere umano? (Tipo A o Indicatori Descrittivi);
 - E' importante? (Tipo B o Indicatori di *Performance*);
 - Stiamo migliorando? (Tipo C o Indicatori di Efficienza);
 - Stiamo complessivamente meglio? (Tipo D o Indicatore di Benessere finale).
- EEA in co-operation with Eurostat, *Towards a transport and environment reporting mechanism (TERM) for the EU – Part 1: TERM concept and process*, Technical report n°18, 1999.
 - *Towards a transport and environment reporting mechanism (TERM) for the EU – Part 2: Some preliminary indicator sheets*.
 - *Are we moving in the right direction? - TERM 2000*.

- EEA, *Europe's Environment: The Second Assessment*, Copenhagen 1998.
- EUROSTAT, EC and EEA, *Statistical compendium for Europe's Environment: The Second Assessment*, 1998.
- Cirillo, M., De Lauretis R., Del Ciello R., *Review Study on European Urban Emission Inventories*, EEA, 1997.

Environmental Protection Agency (EPA)

- EPA, *Indicators of the Environmental Impacts of Transportation*, Second Edition, 1999.

- EPA, *Indicators of the Environmental Impacts of Transportation*, 1996.

Questo documento presenta delle stime quantitative su scala nazionale degli impatti dei mezzi di trasporto sull'ambiente naturale. Vengono prese in considerazione le principali modalità di trasporto (stradale, ferroviario, aereo e marittimo), tutte le risorse ambientali (aria, acqua e suolo), e viene coperto l'intero *ciclo di vita* dei trasporti, a partire dalla costruzione delle infrastrutture e dalla fabbricazione dei mezzi di trasporto per arrivare fino alla rottamazione dei veicoli e dei loro componenti. Le informazioni contenute in questo rapporto mettono in luce che gli impatti dei trasporti sull'ambiente sono globali e non si limitano agli effetti negativi provocati dall'utilizzo dei veicoli sulla qualità dell'aria.

- Oltre a presentare le valutazioni quantitative dei dati, questo rapporto presenta un modello che permette lo sviluppo di varie tipologie di indicatori e la classificazione sistematica delle varie attività di trasporto che influenzano l'ambiente. Questo modello si rivela utile per comprendere i limiti e gli utilizzi possibili dei vari indicatori e per individuare le attuali lacune nei dati raccolti. In certi casi, laddove non erano disponibili indicatori quantitativi, è stato possibile costruirne di nuovi. Permangono ancora significative lacune. Il rapporto si conclude con il suggerimento dei prossimi passi da intraprendere nello sviluppo e nell'utilizzazione degli indicatori d'impatto ambientale dei trasporti.

Vanno, tuttavia, evidenziati anche i limiti di questo rapporto:

- Fornisce solamente stime a livello nazionale e non a livello locale.
- Non è un libro di testo sulle problematiche ambientali, anche se contiene una breve descrizione di alcuni impatti ambientali.
- Non vengono considerati gli impatti ambientali causati direttamente dalle infrastrutture legate al settore dei trasporti (distributori di benzina, industria petrolifera, ecc.).
- Non sono stati presi in considerazione impatti estetici o visivi, effetti sulla preservazione di luoghi di interesse storico, considerazioni riguardanti l'uso di energie non rinnovabili ed altri impatti sociali di carattere generale.

- Eventuali effetti indiretti di sviluppo non sono stati presi in considerazione (ad es. la costruzione di edifici legata all'apertura di una nuova strada).
- Benché i benefici legati al settore dei trasporti dovessero essere presi in considerazione insieme agli effetti sull'ambiente per una analisi di politica economica più ampia, questi restano al di fuori degli scopi di questo studio.
- EPA, *Procedures for Emission Inventory Preparation, Volume IV: Mobile Sources*, 1992.

Green Mountain Institute for Environmental Democracy (GMI)

- Iones K., *Indicators, Planning, and Comparative Risk: Complementary Tools for Environmental Management*
- *Indicator Data Catalog*.

International Institute For Sustainable Development (IISD)

- *Assessing Sustainable Development: Principles in Practice*, 1997.
- *Measuring Sustainable Development: Review of Current Practice*, 1997.
- *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*, 1999.

Vengono presentati alcuni esempi specifici di Città, Regioni e Nazioni che hanno individuato un set di indicatori di sostenibilità: la Città di Seattle, la Regione dell'Alta Austria, la Nuova Zelanda, una sorta di *global Region*.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

- *Indicators for the integration of Environmental Concerns into Transport Policies*, 1993.
- *Pollution Prevention and Control: Environmental Criteria for Sustainable Transport*, 1996.
- *Environmental Indicators: A Review of Selected Central and Eastern European Countries*, 1996.

Questo *report* presenta una selezione di indicatori sullo stato e sui trend delle condizioni ambientali di pressione e di risposta, in cinque paesi del Centro e dell'Europa dell'Est e nella Federazione Russa.

- *Towards Clean Transport*, 1996.
- *Transport and Environmental*, Paris 1997.

Part I: Descrive la recente evoluzione del trasporto su strada nei paesi dell'OECD, le relative conseguenze, le misure politiche per la mitigazione degli impatti ambientali dei trasporti su strada e per un trasporto sostenibile; infine analizza i benefici ambientali di una politica integrata per un trasporto sostenibile.

Part II: E' un rapporto sui lavori effettuati e in corso dell'OECD, dell'IEA (International Energy Agency) e dell'ECMT (European Conference of Ministers of Transport) sui "trasporti e l'ambiente".

Tra questi è particolarmente interessante lo studio recente dell'OECD sugli “indicatori di performance per il settore strade”, pubblicato nel 1997. Tra gli indicatori, 16 sono normalmente usati e identificati come il minimo richiesto per un'effettiva misura di *performance*. In seguito, questi 16 indicatori sono stati applicati, in collaborazione con la World Bank, in 15 paesi durante un periodo di due anni.

- *Performance Indicators for The Road Sector*, 1997.
- *Towards Sustainable Development: Environmental Indicators*, 1998.
- OECD – RTR (Road Transport Research Programme) *Compilation and evaluation of A-Level Roads and Hospitalized Victims in OECD Countries*, 1998.
- *Towards more Sustainable Household Consumption Patterns: Indicators to Measure Progress*, Oct. 1999.

Una sezione è dedicata ai Trasporti e Comunicazioni e fornisce dati statistici su:

Intensità del traffico stradale (traffico per unità di PIL);
 Intensità dei veicoli stradali (veicoli a motore per persona);
 Emissioni nell'aria da trasporto stradale (intensità di emissione per persona);
 Prezzi e tasse del carburante;
 Consumi di beni durevoli e non;
 Consumo d'energia per settore (trasporto, industria, residenziale, e altro).

- *Indicators for the Integration of Environmental Concerns Into Transport Policies*, Oct. 1999.
- OECD-RTR Road Transport Research Programme, *IRTAD Special Report, Definitions and Data availability*, BAST Germany, 1998.
- *Project on Environmentally Sustainable Transport (EST)-The economic and social implications of sustainable transportation*, 2000.
- *Sustainable Development. Policy Approaches for the 21st Century*, 1998.
- European Conference of Ministers of Transport (ECMT), *Trends in the Transport Sectors in 1999*, 2000.
- European Conference of Ministers of Transport (ECMT), *Trends in the Transport Sectors in 1970-1997*, 1999.

OsAcA, Osservatorio Ambientale di Cattolica

Sintesi degli indicatori, 1999.

L'andamento della qualità ambientale del Comune di Cattolica nel 1999 e del suo percorso verso la sostenibilità è espressa da una serie di indicatori; sono illustrati 44 indicatori, di cui 12 sono quelli ritenuti più significativi.

In particolare, per il tema della mobilità, sono stati individuati 6 indicatori:

il trasporto pubblico, la densità di motorizzazione privata, le strade amiche dei pedoni, i parcheggi, l'incidentalità, e il Piano Urbano del Traffico.

Per ogni indicatore viene indicata la Tipologia (Qualità o stato di degrado, Pressione e impatto sull'ambiente, Risposta e capacità di gestione), viene data una valutazione sintetica (situazione positiva, negativa, né positiva né negativa), l'andamento temporale (in crescita, in diminuzione, oscillante, stabile) e infine viene rapportato con il contesto normativo.

L'efficienza del trasporto pubblico è rappresentata con diversi indicatori: la densità della rete (cioè la rete di esercizio calcolata nella sua estensione lineare in km), la diffusione capillare del servizio calcolata in percentuale rispetto alla rete viaria e la velocità commerciale ovvero la velocità media raggiunta dai mezzi nel percorso tra i due capolinea (in km/h).

Redefining Progress

- Anielski Mark and Rowe Jonathan, *The Genuine Progress Indicator*, 1999.
- Hamond Jeff M. *et al.*, *Greening the Golden State*, 1999.
- Cobb C., Goodman G. S., Wackernagel M., *Why bigger isn't better: The Genuine Progress Indicator*, 1999.

Regione Lombardia

Direzione Generale Tutela Ambientale, Rapporto sullo Stato dell'Ambiente, 2000.

La redazione del Primo Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Regione Lombardia risponde alla esigenza di disporre di un quadro generale ed omogeneo di conoscenze sulla situazione dell'ambiente.

L'analisi dello stato dell'ambiente segue lo schema definito dall'Agenzia Europea per l'Ambiente in “*Europe's Environment: The Second Assessment*”, si sviluppa secondo undici tematiche (sviluppo socio-economico, cambiamenti climatici, acidificazione, ozono troposferico, composti chimici, rifiuti, biodiversità, il ciclo delle acque, la risorsa suolo, l'ambiente urbano, i rischi industriali e naturali). Ogni capitolo segue il modello DPSIR (*Drivers, Pressures, State, Impact, Responses*) della EEA senza un rigido richiamo ad esso e considera indicatori che descrivono lo stato e la qualità dell'ambiente per il particolare problema identificato, indicatori che descrivono le pressioni, che determinano la situazione di degrado, indicatori che quantificano le politiche adottate di prevenzione e ripristino.

Swedish Environmental Advisory Council

Green Headline Indicators – Monitoring Progress towards Ecological Sustainability, Stockholm, December 1999.

Presenta 12 indicatori che forniscono facili, disponibili e concise informazioni sul progresso che è stato fatto in Svezia nella transizione verso una società ecologicamente sostenibile. L'obiettivo è monitorare lo sviluppo in alcune aree strategiche in modo da evidenziare quei fattori che risultano più influenti.

The Statistical Office of the European Communities (EUROSTAT)

- A European System of Environmental Pressure Indices: *First Volume of the Environmental Pressure Indices Handbook: The Indicators. Part I: Introduction to the political and theoretical background.*
- *Towards Environmental Pressure Indicators for the EU (TEPI)*, First Ed. 1999, Volume 1 and 2.

TEPI è un progetto pluriennale di EUROSTAT. L'obiettivo di tale progetto è quello di calcolare i 6 indicatori di pressione più rilevanti per ogni campo della politica ambientale (i campi politici sono basati sui 10 temi del V Programma di azione ambientale dell'UE) e per tutti i 15 Stati Membri della UE. La definizione di pressione sull'ambiente segue il modello DPSIR. Dopo lunghi dibattiti fra scienziati ed esperti di indicatori, tale modello è stato adottato (in quanto ritenuto il più appropriato per rappresentare l'informazione ambientale) dalla maggior parte degli Stati Membri della UE e dalle organizzazioni internazionali che si occupano di informazione ambientale (EUROSTAT, EEA, OECD).

- *Statistics in focus*, 1998, 1999.

The Thomas Jefferson Sustainability Council

Indicators of Sustainability: Interim Report, Virginia (USA), 1997.

Il Sustainability Council è formato da 34 membri di diversa estrazione sociale. Il gruppo ha individuato 69 obiettivi per la comunità, e quindi sviluppato 159 indicatori per misurare il progresso verso un futuro sostenibile. In particolare per il settore trasporti, l'obiettivo generale è quello di agevolare la circolazione della gente, dei beni, dei servizi e dell'informazione attraverso un sistema di trasporto integrato che minimizzi gli impatti sul sistema naturale e sulla comunità. Gli indicatori individuati sono sette (la lunghezza delle piste ciclabili e pedonali; il numero dei viaggi in automobile per persona al giorno; il numero e la percentuale dei passeggeri che si spostano all'interno e fuori dalla regione con il treno, l'autobus, l'aereo e la macchina; il tempo di viaggio in macchina o in treno e bus in alcune particolari strade; la quantità di spesa per i sistemi di trasporto e la percentuale sul totale per ogni modalità di trasporto, ecc.).

United Nations Centre For Human Settlements: UNCHS (Habitat)

GLOBAL URBAN OBSERVATORY, *Monitoring Human Settlements with Urban Indicators-Guide*, Nairobi, Kenia, 1997.

Sono stati selezionati in particolare 4 indicatori chiave per rappresentare il settore Trasporto:

Modal split (la percentuale di viaggi effettuati per ogni modalità di trasporto); il tempo di viaggio (il tempo medio in minuti per andare a lavorare); la spesa per la costruzione e il mantenimento delle infrastrutture stradali (in dollari per persona); la proprietà di automobili in percentuale di automobili per 1000 abitanti).

United Nations Development Programme (UNDP)

Human Development Report 1999, Oxford University Press, 1999.

United Nations Sustainable Development

Programme of Work on Indicators for Sustainable Development of the Commission on Sustainable Development (CSD).

Gli indicatori sono presentati secondo il modello Driving force-State-Response (DSR). Il concetto di pressione è stato sostituito da quello di indicatori di Driving force per indicare le attività umane, gli andamenti e i modelli che impattano con lo sviluppo sostenibile. Gli indicatori di Stato indicano lo stato dello sviluppo sostenibile; quelli di Risposta, indicano le politiche e altre risposte ai cambiamenti nello stato di sviluppo sostenibile. Gli indicatori sono raggruppati in categorie in modo da ricoprire tutti gli aspetti sociali, economici, ambientali dello sviluppo sostenibile e seguono i capitoli dell'Agenda 21.

U.S. Interagency Working Group On Sustainable Development Indicators (SDI Group)

Sustainable Development in the United States: An Experimental Set of Indicators, Dec. 1998.

Victoria Transport Policy Institute,

La pianificazione sostenibile dei trasporti richiede di considerare la totalità degli impatti economici, sociali e ambientali di ogni decisione. Gli indici sono spesso usati nella pianificazione per tracciare il progresso verso finalità e obiettivi. Vengono elencati una serie di indicatori che possono essere incorporati al fine di costruire un “indice di sostenibilità dei trasporti”.

- Noland R.B., *Relationships between highway capacity and induced vehicle travel*, U.S. Environmental Protection Agency, June 1999.
- Litman T., *Win-Win Transportation Solutions*, 1999.
- Litman T., *Issues in Sustainable Transportation*, 2000.
- Litman T., *Generated Traffic: Implications for Transport Planning*, 2000.

- Litman T., *Reinventing Transportation: Exploring the paradigm Shift Needed for sustainable Transportation*, 1999.
- Litman T., *Sustainable Transportation Indicators*, Feb. 2000

La sostenibilità richiede un sistema di trasporto più efficiente, equo e sensibile all'ambiente; questo non può essere raggiunto semplicemente aumentando l'efficienza dei modelli veicolari o la gestione del traffico. Sono invece necessari cambiamenti sia nel modo di pensare ai trasporti, che nei criteri di ricerca e valutazione delle soluzioni ai problemi trasportistici (*paradigm shifts*).

La sostenibilità richiede di ripensare a come si misurano i trasporti.

Che cos'è un trasporto sostenibile?

Un trasporto sostenibile richiede l'uso di ogni modalità per quello che meglio può fornire, ciò significa una maggior fiducia verso i mezzi non motorizzati, un aumento nell'uso del pubblico in aree urbane, una riduzione (ma non eliminazione) dell'uso personale dell'automobile.

La pianificazione sostenibile si focalizza sui risultati, come la qualità dell'*accessibilità* (l'abilità a raggiungere beni e attività), piuttosto che semplicemente misurare la quantità (come la velocità di viaggio o la lunghezza del viaggio). L'aumento della mobilità non è necessariamente un beneficio, piuttosto potrebbe indicare inefficienze, in quanto si richiedono più spostamenti per soddisfare i bisogni ordinari.

Gli ingegneri del traffico tendono a misurare il movimento dei veicoli, usando indicatori quali il livello di servizio, l'aumento della congestione, la velocità media dei veicoli, ecc. Sono indicatori però inappropriati in quanto è impossibile costruire strade e parcheggi in quantità adeguata a soddisfare la domanda potenziale; i veicoli a motore impongono significativi costi economici, ambientali e sociali; alcune persone non possono possedere o guidare una macchina.

World Bank

- *World Development Indicator Database* 1998.
- *World Development Indicators*, 1999.
- *Expanding the Measure of Wealth: Indicators of Environmentally Sustainable Development*, 1997.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. (1987), *Il futuro di noi tutti. Rapporto della commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo*, Bompiani, Milano.

AA.VV. (1988), *Gli indicatori ambientali: valori, metri e strumenti nello studio dell'impatto ambientale*, F. Angeli, Milano.

AA.VV. (1997), *Progettare la sostenibilità*, Domus n°789.

AA.VV. (1997), *Verso il quinto programma-quadro dell'Unione Europea*, EAI n°3.

AA.VV. (1999), *Il nuovo Piano generale dei Trasporti, Reti e servizi per l'Italia che si muove, Indirizzi e linee guida*.

AA.VV. (1995), *Sintesi dei lavori del seminario: il contributo dell'urbanistica e delle scienze del territorio allo sviluppo sostenibile. Ventotene, 1-3 giugno 1995*.

AEA (1995), *L'ambiente in europa: valutazione di Dobris*.

Alberti M. (1998), *Lo scenario/città, spazio ecologico e pianificazione energetica locale*, Equilibri 1/1998, Il Mulino, Bologna.

Alberti M. et al. (1994), *La città sostenibile: analisi, scenari e proposte per un'ecologia urbana in Europa*, Franco Angeli, Milano.

Ambiente Italia (1996), *Pianificazione energetica locale*, Ambiente Italia, Milano.

Amici della Terra (1995), *Verso un'Europa Sostenibile*, Maggioli editore.

Amici della Terra (1998), *Alternative energetiche per un'Italia sostenibile*, Roma.

Amici della Terra (1998), *I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia*, Roma.

Amici della Terra-ENEA (1995), *Verso un'Europa sostenibile*, Elaborazione dei dati per l'Italia.

Atkinson G. *et al.* (1997), *Measuring sustainable development*, Elgar, Cheltenham.

Atti del Convegno Internazionale *Agenda 21 della Regione Liguria: Ambiente e sviluppo sostenibile*, Genova 13/14/15 ottobre 1999.

Beatrici S., *Economia, ambiente e sviluppo sostenibile*, Il Margine n° 9/1998.

Bellone C., *Le strategie per il sistema della mobilità*, Urb. Inf. n°159/1998.

Bollini G., Mittino G., Zorzoli A., *Utilizzo e uso funzionale degli indicatori di sostenibilità*, Documento finale - Genova, 15 ottobre 1999.

Bologna G. a cura di (1996), *I contenuti della sostenibilità*, Periodico di Edizioni Ambiente n°1.

BrainMaker Professional (1998), *Neural Network Simulation Software, User's Guide and Reference Manual*, California Scientific Software, Nevada City, CA (USA).

Brandt S. (1993), *Statistical and Computational Methods in Data Analysis*, Amsterdam: North Holland.

Bressa G. (1989), *Le sostanze chimiche tossiche nell'ambiente: modelli matematici*, Difesa Ambientale, n° 9.

Bresso M. (1993), *Per un'economia ecologica*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Brown Lester R. (1992), *Un pianeta da salvare: per un'economia globale compatibile con l'ambiente*, Franco Angeli, Milano.

Brown Lester R. (1996), *State of the world 1996. A World watch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*, Worldwatch Institute, Norton & Co, New York.

Cellerino R. a cura di (1999), *Economisti Ambientali Italiani, Atti della quarta riunione*, Franco Angeli, Milano.

Ceschia M., Pietrobon V. (2000), *La previsione delle precipitazioni a scala mensile - confronto fra modelli statistici e a reti neurali: il caso di Udine*, ed. Forum, Udine.

Ciuffini F., *Domanda e offerta di mobilità e sostenibilità ambientale*, Atti del Convegno internazionale Agenda 21 della Regione Liguria: Ambiente e Sviluppo Sostenibile, Genova, 13-15 ottobre 1999.

Clayton A., N. Radcliffe (1997), *Sustainability: a system approach*, Earth Scan, London.

Commissione delle Comunità Europee (1992), *Per uno Sviluppo Durevole e Sostenibile. Programma Politico e d'Azione delle Comunità Europee a favore dell'Ambiente e di uno Sviluppo Sostenibile*, COM(92) 23def. vol. II.

Commissione delle Comunità Europee (1996), *European Sustainable Cities*", DG XI, Report by the Expert Group on the Urban Environment, Bruxelles, March 1996, ISBN 92-827-8259-X, <http://europa.eu.int>

Commissione delle Comunità Europee (1996), *Relazione della Commissione sull'applicazione del programma comunitario di politica ed azione a favore dell'ambiente e di uno sviluppo sostenibile. Per uno Sviluppo Durevole e Sostenibile*, COM(95) 624def.

Commissione delle Comunità Europee (1997), *Fifth Framework Programme for Research and Technological Development (1998-2002)*, COM(97) 553 final.

Commissione delle Comunità Europee (1997), *Toward an Urban Agenda for EU*, COM(97) 197def.

Commissione delle Comunità Europee (1998), *Agenda 2000*, COM(98) 182def, <http://europa.eu.int/comm/dg1a/agenda2000/index/htm>

Commissione delle Comunità Europee (1998), *Implementation of Agenda 21 in the European Community*.

Commissione delle Comunità Europee (1998), *Proposte di decisione del consiglio relative ai programmi specifici che attuano il V programma quadro di attività di ricerca, di sviluppo tecnologico e di dimostrazione della Comunità Europea (1998-2002)*.

Comunità Europea (1999), *Quadro d'azione per uno sviluppo urbano sostenibile nell'Unione europea*.

Daly H., (1996), *Beyond Growth*, Beacon Press, Boston.

Daly H., Pearce D. (1989), *Blueprint for a green economy*, Blue 1, Earthscan, London.

Daly H. and Cobb J. J. (1994), *For the Common Good*, 2nd Ed. Beacon Press, Boston.

De Lauretis R. e Liburdi R., *La valutazione dell'inquinamento atmosferico del sistema energetico*, Casaccia-ENEA.

Debernardi A., Mattucci A., Valentini M. P. (1999), *Valutazione ambientale strategica del PGT*.

Di Bella I. (1999), *La Pubblica amministrazione fa i conti con l'ambiente*, ed. Ambiente, Milano.

Donati A., Rambelli L. e Zambrini M., a cura di (1998), *Ambiente e politica dei trasporti*, ed. Ambiente, Milano.

ECMT (1999), *Investment in Transport Infrastructure 1985-1995. Volume 1 and 2*, OECD Paris.

Ecoistituto del FVG (1999), *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente nel Friuli-Venezia Giulia 1998: Verso l'Agenda 21 Locale*.

EEA (1995), *L'ambiente nell'Unione Europea - 1995*.

ENEA (1998), *"Fonti rinnovabili di energia"*, Libro verde, ENEA, Roma, Conferenza Energia ed Ambiente.

ENEA (1998), *Atti del Simposio: Energia, Ambiente, Economia: un futuro sostenibile*, Roma, Conferenza Energia ed Ambiente, 12-13 ottobre 1998.

ENEA (1998), *Libro verde sugli usi sostenibili dell'energia nei trasporti* Roma, Conferenza Energia ed Ambiente.

ENEA (1998), *Sviluppo urbano sostenibile: verso il Libro verde*, Roma, Conferenza Energia ed Ambiente.

ENEA (1998), *Verso un modello energetico sostenibile. Considerazioni introduttive alla Conferenza Energia ed Ambiente*, Roma, Conferenza Energia ed Ambiente.

Environmental Protection Agency - U.S., *Measurement of Environmental Quality in the United States*, Office of Policy and Planning, Environmental Information and Statistical Division.

Environmental Protection Agency - U.S. (1996), *Indicators of the Environmental Impacts of Transportation*.

EURONET (1996), *Local Sustainability Indicators*, UWE, Bristol. Facheux, Pearce, Proops (1996), *Models of sustainable development*, Edward Elgar, Cheltenham.

Fusco Girard L., Nijkamp P. a cura di (1997), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, F. Angeli, Milano.

Giaoutzi M. e Nijkamp P. (1993), *Decision Support Models for Sustainable Development*, Aldershot, Avebury.

Giovanelli F. (1999), *La Contabilità Ambientale dal laboratorio alle istituzioni*, ed. Ambiente, Milano.

Girard L. e Nijkamp P. (1997), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, Franco Angeli, Milano.

Hart M. (1999), *Guide to Sustainable Community Indicators* (2° edition), Hart Environmental Data, North Andover, MA (USA).

Henderson H. (1996), *Building a win-win world*, Berrett, San Francisco.

Hertz J., Krogh A., Palmer R. G. (1991), *Introduction to the Theory of Neural Computation*, Redwood City, CA (USA): Addison-Wesley, pag.94-96.

IndEco Strategic Consulting (1995), *Ontario Round Table on Environment and Economy Report: Sustainability Indicators*.

Institution of Civil Engineers (1998), *Developing an integrated transport policy*, Proc. Instn Civ. Engrs Transp., n°129.

ISTAT (1998), *Statistica degli incidenti stradali: anno 1997*, Roma.

Istituto Wuppertal (1996), *Per una civiltà capace di futuro*, E.M.I., Bologna.

Lanza A. (1997), *Lo sviluppo sostenibile*, il Mulino, Bologna.

Legambiente (1999), *Ambiente Italia 2000, Rapporto sullo stato del paese*, Edizioni Ambiente.

Malcevschi S. (1991), *Qualità ed impatto ambientale*, Etaslibri, Milano.

Manzini E. (1995), *E' l'ambiente il fattore scarso*, Stileindustria, n°1.

Marinaro M. (1997), *Reti neurali: la loro origine ed il loro futuro*, Il Nuovo Saggiatore, 13(4), pag. 25-31.

Meadows D. H. et al. (1972), *I limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano.

Meadows D.H. et al. (1992), *Oltre i limiti dello sviluppo*, Il Saggiatore.

Ministero dell'Ambiente (1997), *Relazione sullo stato dell'ambiente*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Ministero dell'Ambiente (1999), *Bilancio 1998. Politiche ambientali in Italia: un anno di attività del Ministero dell'Ambiente*, Ministero dell'Ambiente, Roma.

Ministero dell'Ambiente, Direzione generale VIA (1999), *Piano Generale dei Trasporti, Valutazione ambientale strategica degli scenari di domanda-offerta*.

Ministero dell'Ambiente-ENEA (1999), *Nuovo Piano Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, Settore Trasporti*.

Mitchell C. G. B. (1997), *Sustainability - a future for transport?*, Proc. Instn Civ. Engrs Transp., n°123.

Mitchell C. M. et al. (1996), *Transport and the environment: sustainable development*, Proc. Instn Civ. Engrs Transp., n°117.

Molesti R. (1997), *Traffico urbano: viva l'ossido di carbonio!* Economia e Ambiente n° 3.

Molocchi A., (1998), *La scommessa di Kyoto*, Franco Angeli, Milano.

Mondo P., Mondo E. (1996), *L'uso dei modelli nella pianificazione dei trasporti*, V&T.

Mulder H., Biesiot W. (1998), *Transition to a Sustainable Society*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.

National Environmental Technology Strategy, NSTC, (1995), *Bridge to a sustainableFuture*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Nebbia G. (1991), *Lo Sviluppo Sostenibile*, ECP, Firenze.

Noland R. (1999), *Relationship between highway capacity and induced vehicle travel*, U.S. EPA, Office of Policy, Washington.

OECD (1998), *Sustainable Development: a renewal effort by OECD*, Policy brief n° 8.

OECD (1999), *OECD Environmental Data: Compendium 1999*.

Pearce D., Markandya A., Barbier E. B. (1989), *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan Publications, London. (Trad. ital.: *Progetto per una Economia verde*, il Mulino, Bologna, 1991).

Pearce D., Markandya A., Barbier E. B. (1991), *Blueprint 2 Greening the World Economy*, Earthscan Publications, London. (Trad. ital.: *Un'Economia verde per il Pianeta*, il Mulino, Bologna, 1993).

Pearce D. W. *et al.* (1993), *Blueprint 3*, Earthscan Publications, London.

Pearce D. W. *et al.* (1995), *Blueprint 4*, Earthscan Publications, London.

Persson G., Lindh A. (1997), *Government Communication*, Sundsvall, Sweden.

Rapporto della Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo (1988), *Il futuro di noi tutti*, Ed. it. Bompiani.

Regione Liguria (1999), *Agenda 21, Piano d'azione regionale*.

Ricci P. F. (a cura di), (1997), *L'utilizzo delle reti neurali per l'analisi dell'incidentalità in aree urbane*, Paesaggio Urbano n° 3.

Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. (1986), *Learning Internal Representations by Error Propagation*, in *Parallel Distributed Processing, Exploration in the Microstructure of Cognition*, Vol. 1: Foundations, MA (USA): MIT Press.

Sachs W. (1997), *Dall'efficienza alla sufficienza*, Periodico di ed. Ambiente n° 5.

Saeed K. (1998), *Toward Sustainable Development*, 2nd Edition, Ashgate, Brookfield, USA.

Scandurra E., Macchi S. a cura di (1995), *Ambiente e Pianificazione*, ETASLIBRI, Milano.

SDP (1997), *European Spatial Development Perspective*, First official draft, Nordwijk, June 1997.
http://www.inforegio.org/wbdoc/docoffic/official/sdec/sdec_en.htm

Serageldin I. (1996), *Sustainability and the Wealth of Nations*, ESD series n. 5; The World Bank, Washington D.C.

Spangenberg J. (1995), *Verso un'Europa Sostenibile*, Maggioli, Rimini.

Taylor J. (1997), *Sustainability and acceptability in infrastructure development, the SAID debates-petrol tax*, Proc. Instn Civ. Engrs Transp., n°123.

Tiezzi E., a cura di (1995), *Ecologia e*, Laterza, Bari.

Tiezzi E., *Le basi scientifiche dello sviluppo sostenibile e il global change*, Atti del Convegno internazionale Agenda 21 della Regione Liguria: Ambiente e Sviluppo Sostenibile, Genova, 13-15 ottobre 1999.

Vismara R., Zavatti A. (1996), *Indicatori e scale di qualità*, Pitagora, Bologna.

Von Weizsacker E. U. *et al.* (1998), *Fattore 4*, Edizioni Ambiente, Milano.

Wackernagel M., Rees W. (1996), *L'impronta Ecologica*, Ed. Ambiente, Milano.

WCED (1987), *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford.

Williams A. R. (1997), *Vehicle, tyre, road interaction - the vision for the future*, Proc. Instn Civ. Engrs Transp., n°123.

PRINCIPALI FONTI DEI DATI PER L'ITALIA

ACI, *Autoveicoli circolanti per anno di costruzione, per comune capoluogo ed altri comuni*, Centro Studi, Roma, 1998. (Il volume riepiloga in una tabella il parco autoveicoli circolanti per categoria, province e regioni, fornisce inoltre il numero di autoveicoli ripartiti per categoria, nazionalità, comune capoluogo ed altri comuni).

ACI, *Autovetture voll.1 e 2*, Roma, 1998.

ACI, *Percorrenze medie annue dei veicoli, prezzi e consumi di carburanti*, 1995-1996.

ANAS, Direzione Centrale Coordinamento Centro Studi, Roma, marzo 1997.

ISTAT, *Annuario Statistico italiano*, varie annualità.

ISTAT, *Statistiche degli incidenti stradali*, varie annualità.

ISTAT, Ambiente e territorio, *Statistiche Ambientali*, 1998.

Comprendono dati rappresentativi della domanda di mobilità delle persone, sulle infrastrutture disponibili e sul parco circolante, e cioè:

- Traffico totale interno di passeggeri per modo di trasporto (milioni di Pkm), *Conto Nazionale dei trasporti*, 1997.
- Rete stradale per tipo di strada e regione (dati assoluti in km), ANAS - Ministero dei lavori pubblici - Ministero dei trasporti e della navigazione, *Conto Nazionale dei trasporti*, Roma, 1997;
- Indicatori di densità della rete stradale, per regione (1995), ISTAT, Servizio Ambiente (dati ISTAT e del Ministero dei trasporti e della navigazione).
- Veicoli circolanti per categoria - Ministero dei trasporti e della navigazione, *Conto Nazionale dei trasporti*, 1997 (dati ACI).
- Veicoli circolanti per età (1994) - Ministero dei trasporti e della navigazione, *Conto Nazionale dei trasporti*, 1997 (dati ACI).
- Autoveicoli circolanti secondo il tipo di alimentazione, Ministero dei trasporti e della navigazione, *Conto Nazionale dei trasporti*, 1997 (dati ACI).

I dati rappresentativi di elementi di domanda e di offerta di mobilità (opportunamente vagliati) contribuiscono a definire gli *indicatori di*

pressione dei trasporti sul territorio, secondo i diversi modi in cui le pressioni possono manifestarsi, ed in parte servono a stimare le emissioni inquinanti prodotte nel settore dei trasporti. L'informazione statistica sui veicoli è fornita con diversi criteri di aggregazione, rappresentativi dei diversi modi con cui possono essere valutate le pressioni che l'uso dei veicoli provoca sull'ambiente esterno. I dati relativi ai veicoli circolanti, distribuiti per anni e per tipologia di veicolo, forniscono informazioni utili alla valutazione a livello nazionale degli indicatori di pressione sull'ambiente, ma non sono sufficienti a determinare gli effetti sull'ambiente in termini di emissioni inquinanti in atmosfera, mancando specifiche informazioni sulla tecnologia dei veicoli. A tal fine sarebbe necessario conoscere il consumo di carburanti per tipologia di veicolo e la relativa distribuzione sul territorio. D'altra parte, la descrizione del parco dei veicoli (per categoria di veicolo), un indicatore utile a ricostruire nel tempo le variazioni nell'età dei veicoli, può essere usata per valutare le politiche di rinnovo del parco macchine, ma essa risulta meno utile per stimare gli effetti sulle emissioni inquinanti. Per il calcolo delle emissioni inquinanti è utile, invece, conoscere la distribuzione sul territorio di tipologie di veicoli aggregati in modo coerente rispetto alla relativa capacità inquinante. Associando a queste informazioni stime sulle percorrenze dei veicoli o sul consumo relativo di carburanti, si ottengono le stime delle emissioni inquinanti, moltiplicando i consumi totali per veicolo, o i chilometri totali percorsi, per il fattore di emissione corrispondente al veicolo per i diversi inquinanti. Ciò nonostante, l'informazione relativa all'età dei veicoli, in particolare per le autovetture, è quella più importante per individuare il fattore di emissione più adeguato.

Ministero dell'Ambiente, *Relazione sullo stato dell'ambiente*, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma, 1998.

Ministero del Tesoro e del Bilancio, *Relazione generale sulla situazione economica del paese 1998*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1999.

Ministero dei Trasporti e della Navigazione, *Conto nazionale dei trasporti - anno 1998*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1999.

Contiene gli elementi essenziali di conoscenza del sistema dei trasporti in Italia e presenta i dati fondamentali del valore aggiunto, delle spese per i trasporti, dei consumi di energia e della sicurezza, comparati con gli altri paesi europei.

ACI, *Automobilismo e trasporti, Sommario Statistico*, Roma, nov. 1996.

APPENDICE I

Tabella 3. – Tematiche ambientali e relativi indicatori di pressione per settore

TEMATICHE AMBIENTALI	INDICATORI DI PRESSIONE	SETTORI						
		agricoltura e foreste	pesca	industria	energia	turismo	trasporti	domestici/consumatori
Cambiamenti del clima	Emissioni di CO ₂ Emissione totale di gas a effetto serra	■		■	■		■	■
Riduzione dell'ozono stratosferico	Produzione e consumo di Cfc e di Hcfc			■				
Acidificazione	Emissioni di SO ₂ Emissioni di NO _x Emissioni di NH ₃	■		■	■		■	■
Ozono troposferico e ossidanti	Emissioni di CO Emissioni di Cov Emissioni di NO _x	■		■	■		■	■
Sostanze chimiche (pesticidi, metalli pesanti, Pop)	Emissioni di metalli pesanti Emissioni inquinanti organici persistenti (Pop) Consumo di pesticidi per usi agricoli	■		■			■	
Rifiuti	Produzione totale di rifiuti per settore Produzione totale e pro capite di rifiuti urbani Produzione di rifiuti pericolosi Importazione ed esportazione di rifiuti pericolosi	■		■	■		■	■
Natura e biodiversità	Densità delle infrastrutture legate alla rete dei trasporti Area adibita ad agricoltura intensiva Zone edificate	■	■	■			■	■
Acque	Estrazione di acque per area, pro capite e per settore Consumo di acqua pro capite Emissioni di metalli pesanti (Hg, Pb, Cd) nelle acque Emissioni di Nutrienti in acqua (azoto e fosforo) per fonte (famiglie e settori economici) Emissioni di materia organica (kg Bod pro capite)	■	■	■	■		■	■
Ambiente marino e costiero	Cattura di pesce, per specie Flussi di azoto e fosforo in mare (Eutrofizzazione)	■	■				■	■
Degrado del suolo	Cave e attività estrattive Estrazione di idrocarburi Superficie occupata da discariche Uso del suolo: cambiamento da area naturale ad area edificata Superficie agro-pastorale per fascia altimetrica Area disboscata sul totale dell'area boschiva Superficie aree golenali occupate da insediamenti infrastrutturali	■		■	■		■	■
Ambiente urbano	Densità della popolazione nelle città Produzione totale e pro capite di rifiuti urbani Emissioni di CO, NO _x , particolato, metalli pesanti, Cov Emissioni acustiche			■	■		■	■
Rischi tecnologici	N° incidenti notificati: Industria e Trasporti Impianti a rischio di incidente rilevante (siti "Seveso")			■			■	
Rischi naturali	N° episodi di calamità naturali (terremoti, eruzioni, ecc.)							
Paesaggio e patrimonio culturale	Trasformazione degli ambiti naturali e storico-culturali							■

Tabella 4. – Indicatori di pressione e di stato e relative fonti principali di dati

Tematiche ambientali	Indicatori di pressione	Indicatori di stato	Fonti principali
Cambiamenti del clima	<ul style="list-style-type: none"> Emissioni di CO₂ Emissione totale di gas a effetto serra 	<ul style="list-style-type: none"> Stato meteo (temperature e precipitazioni medie) 	<ul style="list-style-type: none"> Ministero della Difesa, rete Aeronautica militare Corinnair
Riduzione dell'ozono su scala globale	<ul style="list-style-type: none"> Produzione e consumo di ClC e di HClC 	<ul style="list-style-type: none"> Radiazione ultravioletta efficace 	<ul style="list-style-type: none"> Cnr Aul Arpa
Acidificazione	<ul style="list-style-type: none"> Emissioni di SO₂ Emissioni di NO_x Emissioni di NH₃ 	<ul style="list-style-type: none"> Deposizioni di sostanze acidificanti, totale di S, N ossidato e N ridotto 	<ul style="list-style-type: none"> Corinnair Cnr
Ozono troposferico e ossidanti	<ul style="list-style-type: none"> Emissioni di CO Emissioni di COv Emissioni di NO_x 	<ul style="list-style-type: none"> Ozono a livello del suolo e superamento delle soglie 	<ul style="list-style-type: none"> Corinnair Oms
Sostanze chimiche (pesticidi, metalli pesanti, Pop)	<ul style="list-style-type: none"> Emissioni di metalli pesanti Emissioni inquinanti organici persistenti (Pop) Consumo di pesticidi per usi agricoli 	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazioni di Pcb, Ddt, Hcb, clordanes, Hch, Pah 	<ul style="list-style-type: none"> Ministero dell'Ambiente Corinnair Istat
Rifiuti [*]	<ul style="list-style-type: none"> Produzione totale di rifiuti per settore Produzione totale e pro capite di rifiuti urbani Provisione di rifiuti pericolosi Importazione ed esportazione di rifiuti pericolosi 	<ul style="list-style-type: none"> Numero di impianti di trattamento/smaltimento dei rifiuti (per tipologia, capacità e superficie occupata) Quantità di rifiuti smaltiti/trasferiti per tipologia di trattamento/smaltimento. Raccolta differenziata dei rifiuti urbani per frazione (carta, vetro, alluminio, farmaci scaduti, ecc.) Quantità di materiali riciclati/recuperati 	<ul style="list-style-type: none"> Arpa Osservatori provinciali C'nnair
Natura e biodiversità	<ul style="list-style-type: none"> Densità delle infrastrutture legate alla rete dei trasporti Area adibita ad agricoltura intensiva Zone edificare 	<ul style="list-style-type: none"> Carta dei principali habitat Carta della Natura 	<ul style="list-style-type: none"> Regioni Ministero dell'Ambiente Istat Servizi Tecnici Nazionali Corine Land Cover
Acque ^{**}	<ul style="list-style-type: none"> Estrazione di acque per area, pro capite e per settore Consumo di acqua pro capite Emissioni di metalli pesanti (Hg, Pb, Cd) nelle acque Emissioni di nutrienti in acqua (azoto e fosforo) per fonte (famiglie e settori economici) Emissioni di materia organica (kg Bod pro capite) 	<ul style="list-style-type: none"> Qualità dei fiumi (lunghezza corsi d'acqua di buona qualità) Concentrazione di materia organica nei fiumi Concentrazioni di azoto, fosforo e metalli nei fiumi e nei laghi Concentrazione di nitrati nelle acque sotterranee Indici vulnerabilità degli acquedotti Disponibilità e qualità dell'acqua potabile Numero di impianti di trattamento delle acque reflue (capacità e tipologia di trattamento) Percentuale degli impianti di trattamento delle acque reflue in esercizio Percentuale della popolazione connessa alla rete fognaria Percentuali di scarichi industriali riversati in un sistema di raccolta 	<ul style="list-style-type: none"> Regioni Ministero dell'Ambiente Istat Servizi Tecnici Nazionali Corine Land Cover Ista-Cnr Istat Regioni Ministero dell'Ambiente Aul
Ambiente marino e costiero	<ul style="list-style-type: none"> Cattura di pesce, per specie Flussi di azoto e fosforo in mare (eutrofizzazione) 	<ul style="list-style-type: none"> Caratterizzazione geomorfologica delle zone costiere Concentrazioni di azoto, fosforo, nitrato, nitroso e ammoniacale, O₂ disciolto e clorofilla "a" per la valutazione dell'indice trofico Trox nelle acque costiere Percentuali di coste dichiarate balneabili 	<ul style="list-style-type: none"> Cnr Ministero della Sanità Istat
Degrado del suolo	<ul style="list-style-type: none"> Cave e attività estrattive Estrazione di idrocarburi Superficie occupata da discariche Uso del suolo: cambiamento da area naturale ad area edificata Superficie agro-pastorale per fascia altimetrica Area disboscata nel corso dell'area boschiva Superficie aree golenali occupate da insediamenti infrastrutturali 	<ul style="list-style-type: none"> Fertilità (indici di capacità d'uso dei suoli) Aree in subsidenza Siti contaminati 	<ul style="list-style-type: none"> Ministero dell'Industria Ministero dell'Ambiente Unione Petrolifera Regioni Corine Land Cover
Ambiente urbano	<ul style="list-style-type: none"> Densità della popolazione nelle città Produzione totale e pro capite di rifiuti urbani Emissioni di CO, SO₂, NO_x, particolato, metalli pesanti, COv Emissioni acustiche 	<ul style="list-style-type: none"> Area urbana utilizzata per il trasporto Qualità dell'aria urbana, concentrazioni di: SO₂, NO₂, Pb, benzene, Ozono, particolato, fumo nero, Pm10/Pm2.5, Ipa, CO, composti del fluoro Verde urbano Classificazione in zone acustiche (livelli di pressione sonora) 	<ul style="list-style-type: none"> Istat Corinnair Regioni Arpa Comuni Aul Ministero dell'Ambiente
Rischi tecnologici	<ul style="list-style-type: none"> numero incidenti notificati: industria e trasporti Impianti a rischio di incidente rilevante (siti "Seveso") 	<ul style="list-style-type: none"> Aree a rischio di incidente rilevante Densità di popolazione residente in aree a rischio 	<ul style="list-style-type: none"> Ministero dell'Ambiente Istat
Rischi naturali	<ul style="list-style-type: none"> numero episodi di calamità naturali (terremoti, eruzioni, ecc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Aree di pericolo sismico e idrogeologico Densità di popolazione residente in aree a rischio sismico e idrogeologico 	<ul style="list-style-type: none"> Cnr Istituto nazionale di geofisica Servizi Tecnici Nazionali Ministero dell'Ambiente
Paesaggio e patrimonio culturale	<ul style="list-style-type: none"> Trasformazione degli ambienti naturali e storici, culturali 	<ul style="list-style-type: none"> Aree a valore paesaggistico/architettonico monumentale Aree degradate con potenzialità di riqualificazione paesaggistica 	<ul style="list-style-type: none"> Carta dei rischi Iir Sistemi informativi territoriali Scap-Mbac Dati Icd Altre fonti Mbac Piani territoriali paesistici

^{*} Gli indicatori di stato relativi alle tematiche Rifiuti descrivono lo stato dei sistemi di gestione dei rifiuti, indicatori più propriamente integrabili come indicatori di pressione e/o di risposta all'interno del modello Dstg.

^{**} Gli altri indicatori di stato relativi alle tematiche Acque descrivono lo stato dei sistemi di gestione delle acque reflue, indicatori più propriamente integrabili come indicatori di pressione e/o di risposta all'interno del modello Dstg.

Tabella 5. – Criteri chiave di sostenibilità e principali direttive comunitarie ambientali

Esempi di settori prioritari per i fondi strutturali	Dieci criteri chiave per la sostenibilità	Descrizione	Principali atti legislativi comunitari in materia ambientale (direttive del Consiglio)
Energia Trasporti Industria	1 Ridurre al minimo l'impiego delle risorse energetiche non rinnovabili	L'impiego di risorse non rinnovabili, quali combustibili fossili, giacimenti di minerali e conglomerati riduce le riserve disponibili per le generazioni future. Un principio chiave dello sviluppo sostenibile afferma che tali risorse non rinnovabili debbono essere utilizzate con saggezza e con parsimonia, a un ritmo che non limiti le opportunità delle generazioni future. Ciò vale anche per fattori insostituibili - geologici, ecologici o del paesaggio - che contribuiscono alla produttività, alla biodiversità, alle conoscenze scientifiche e alla cultura (cfr. comunque i criteri chiave nn. 4, 5 e 6).	85/337/Cee (97/11/Ce) - Via 91/156/Cee - rifiuti 91/689/Cee - rifiuti pericolosi
Energia Agricoltura Silvicoltura Turismo Risorse idriche Ambiente Trasporti Industria	2 Impiego delle risorse rinnovabili nei limiti della capacità di rigenerazione	Per quanto riguarda l'impiego di risorse rinnovabili nelle attività di produzione primarie, quali la silvicoltura, la pesca e l'agricoltura, ciascun sistema è in grado di sostenere un carico massimo oltre il quale la risorsa si inizia a degradare. Quando si utilizza l'atmosfera, i fiumi e gli estuari come "depositi" di rifiuti, li si tratta anch'essi alla stregua di risorse rinnovabili, in quanto ci si affida alla loro capacità spontanea di autorigenerazione. Se si approfitta eccessivamente di tale capacità, si ha un degrado a lungo termine della risorsa. L'obiettivo deve pertanto consistere nell'impiego delle risorse rinnovabili allo stesso ritmo (o possibilmente a un ritmo inferiore) a quello della loro capacità di rigenerazione spontanea, in modo da conservare o anche aumentare le riserve di tali risorse per le generazioni future.	85/337/Cee (97/11/Ce) - Via 91/676/Cee - nitrati 91/156/Cee - rifiuti 91/689/Cee - rifiuti pericolosi 92/43/Cee - habitat e specie 79/409/Cee - uccelli
Industria Energia Agricoltura Risorse idriche Ambiente	3 Uso e gestione corretta, dal punto di vista ambientale, delle sostanze e dei rifiuti pericolosi/inquinanti	In molte situazioni, è possibile utilizzare sostanze meno pericolose; dal punto di vista ambientale, ed evitare o ridurre la produzione di rifiuti, e in particolare dei rifiuti pericolosi. Un approccio sostenibile consisterà nell'impiegare i fattori produttivi meno pericolosi dal punto di vista ambientale e nel ridurre al minimo la produzione di rifiuti adottando sistemi efficaci di progettazione di processi, gestione dei rifiuti e controllo dell'inquinamento.	85/337/Cee (97/11/Ce) - Via 91/156/Cee - rifiuti 91/689/Cee - rifiuti pericolosi 96/61/Ce - prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento
Ambiente Agricoltura Silvicoltura Risorse idriche Trasporti Industria Energia Turismo Risorse culturali	4 Conservare e migliorare lo stato della fauna e flora selvatiche, degli habitat e dei paesaggi	In questo caso, il principio fondamentale consiste nel conservare e migliorare le riserve e le qualità delle risorse del patrimonio naturale, a vantaggio delle generazioni presenti e future. Queste risorse naturali comprendono la flora e la fauna, le caratteristiche geologiche e geomorfologiche, le bellezze e le opportunità ricreative naturali, il patrimonio naturale pertanto comprende la configurazione geografica, gli habitat, la fauna e la flora e il paesaggio, la combinazione e le interrelazioni tra tali fattori e la fruibilità di tale risorse. Vi sono anche stretti legami con il patrimonio culturale (cfr. criterio chiave n. 6).	92/43/Cee - habitat e specie 79/409/Cee - uccelli selvatici 85/337/Cee (97/11/Ce) - Via 91/676/Cee - nitrati
Agricoltura Silvicoltura Risorse idriche Ambiente Industria Turismo Risorse culturali	5 Conservare e migliorare la qualità dei suoli e delle risorse idriche	Il suolo e le acque sono risorse naturali rinnovabili essenziali per la salute e la ricchezza dell'umanità, e che possono essere seriamente minacciate a causa di attività estrattive, dell'erosione o dell'inquinamento. Il principio chiave consiste pertanto nel proteggere la quantità e qualità delle risorse esistenti e nel migliorare quelle che sono già degradate.	85/337/Cee (97/11/Ce) - Via 91/676/Cee - nitrati 91/156/Cee - rifiuti 91/689/Cee - rifiuti pericolosi 91/271/Cee - acque reflue
Turismo Ambiente Industria Trasporti Risorse culturali	6 Conservare e migliorare la qualità delle risorse storiche e culturali	Le risorse storiche e culturali sono risorse limitate che, una volta distrutte o danneggiate, non possono essere sostituite. In quanto risorse non rinnovabili, i principi dello sviluppo sostenibile richiedono che siano conservati gli elementi, i siti o le zone rare rappresentativi di un particolare periodo o tipologia, o che contribuiscono in modo particolare alle tradizioni e alla cultura di una data area. Si può trattare, tra l'altro, di edifici di valore storico e culturale, di altre strutture o monumenti di ogni epoca, di reperti archeologici nel sottosuolo, di architettura di esterni (paesaggi, parchi e giardini) e di strutture che contribuiscono alla vita culturale di una comunità (teatri, ecc.). Gli stili di vita, i costumi e le lingue tradizionali costituiscono anch'essi una risorsa storica e culturale che è opportuno conservare.	85/337/Cee (97/11/Ce) - Via

11 (segue)

Tabella 5. – Continuazione

Esempi di settori prioritari per i fondi strutturali	Dieci criteri chiave per la sostenibilità	Descrizione	Principali atti legislativi comunitari in materia ambientale (direttive del Consiglio)
Ambiente (urbano) Industria Turismo Trasporti Energia Risorse idriche Risorse culturali	7 Conservare e migliorare la qualità dell'ambiente locale	Nel contesto del presente dibattito, la qualità di un ambiente locale può essere definita dalla qualità dell'aria, dal rumore ambiente, dalla gradevolezza visiva e generale. La qualità dell'ambiente locale è importantissima per le aree residenziali e per i luoghi destinati ad attività ricreative o di lavoro. La qualità dell'ambiente locale può cambiare rapidamente a seguito di cambiamenti del traffico, delle attività industriali, di attività edilizie o estrattive, della costruzione di nuovi edifici e infrastrutture e da aumenti generali del livello di attività, ad esempio da parte di visitatori. È inoltre possibile migliorare sostanzialmente un ambiente locale degradato con l'introduzione di nuovi sviluppi. Cfr. anche il criterio n. 3 relativo alla riduzione dell'impiego e del rilascio di sostanze inquinanti.	85/337/Cee - (97/11/Ce) - Via 91/156/Cee - rifiuti 91/689/Cee - rifiuti pericolosi 91/271/Cee - acque reflue urbane 96/61/Ce - prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.
Trasporti Energia Industria	8 Protezione dell'atmosfera (riscaldamento del globo)	Una delle principali forze trainanti dell'emergere di uno sviluppo sostenibile è consistita nei dati che dimostrano l'esistenza di problemi globali e regionali causati dalle emissioni nell'atmosfera. Le connessioni tra emissioni derivanti dalla combustione, piogge acide e acidificazione dei suoli e delle acque, come pure tra clorofluorocarburi (CFC), distruzione dello strato di ozono ed effetti sulla salute umana sono stati individuati negli anni Settanta e nei primi anni Ottanta. Successivamente è stato individuato il nesso tra anidride carbonica e altri gas di serra e cambiamenti climatici. Si tratta di impatti a lungo termine e pervasivi, che costituiscono una grave minaccia per le generazioni future.	85/337/Cee - (97/11/Ce) - Via 96/61/Ce - prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.
Ricerca Ambiente Turismo Risorse culturali	9 Sensibilizzare maggiormente alle problematiche ambientali, sviluppare l'istruzione e la formazione in campo ambientale	Il coinvolgimento di tutte le istanze economiche ai fini di conseguire uno sviluppo sostenibile è un elemento fondamentale dei principi istituiti a Rio (Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo, 1992). La consapevolezza dei problemi e delle opzioni disponibili è d'importanza decisiva: l'informazione, l'istruzione e la formazione in materia di gestione ambientale costituiscono elementi fondamentali ai fini di uno sviluppo sostenibile. Li si può realizzare con la diffusione dei risultati della ricerca, l'integrazione dei programmi ambientali nella formazione professionale, nelle scuole, nell'istruzione superiore e per gli adulti, e tramite lo sviluppo di reti nell'ambito di settori e raggruppamenti economici. È importante anche l'accesso alle informazioni sull'ambiente a partire dalle abitazioni e nei luoghi ricreativi.	
Tutti	10 Promuovere la partecipazione del pubblico alle decisioni che comportano uno sviluppo sostenibile	La dichiarazione di Rio (Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo, 1992) afferma che il coinvolgimento del pubblico e delle parti interessate nelle decisioni relative agli interessi comuni è un cardine dello sviluppo sostenibile. Il principale meccanismo a tal fine è la pubblica consultazione in fase di controllo dello sviluppo, e in particolare il coinvolgimento di terzi nella valutazione ambientale. Oltre a ciò, lo sviluppo sostenibile prevede un più ampio coinvolgimento del pubblico nella formulazione e messa in opera delle proposte di sviluppo, di modo che possa emergere un maggiore senso di appartenenza e di condivisione delle responsabilità.	85/337/Cee - (97/11/Ce) - Via 96/61/Ce - prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.

Tabella 6. – Tematiche ambientali - Obiettivi di sostenibilità

Tematiche ambientali	Obiettivi
Cambiamenti climatici	<ul style="list-style-type: none"> • Limitare le emissioni di gas a effetto serra che contribuiscono al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici (CO_2, CH_4, N_2O e Cl_2); • Concorrere al rispetto degli obiettivi fissati per il contributo nazionale alle emissioni globali.
Ozono stratosferico	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminare le emissioni atmosferiche di sostanze che provocano la riduzione della fascia di ozono stratosferico (Cl_2, Haloni, HFC); • Concorrere al rispetto degli obiettivi fissati per il contributo nazionale alle emissioni globali.
Acidificazione	<ul style="list-style-type: none"> • Limitare le emissioni acide in atmosfera (SO_2, NO_x, NH_3) e favorire appropriati sistemi di gestione del territorio.
Ozono troposferico e ossidanti fotochimici	<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre le emissioni di sostanze che favoriscono la formazione di ozono troposferico (Nimoci e NO_x) e degli altri ossidanti fotochimici; • Tutelare la salute umana e del patrimonio agricolo e forestale.
Sostanze chimiche	<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose; • Eliminare l'uso di sostanze cancerogene nei cicli di produzione e nei prodotti.
Rifiuti	<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'adozione e lo sviluppo di tecnologie pulite; • Assicurare idonei processi di riutilizzo, riciclaggio, recupero e smaltimento dei rifiuti prodotti; • Raggiungere l'autosufficienza regionale nello smaltimento dei rifiuti per ambiti territoriali ottimali; • Organizzare la raccolta dei rifiuti in modo da consentire la progressiva separazione dei principali flussi produttivi (rifiuti domestici, mercatili, attività di servizio, attività commerciali, attività produttive, attività agricole); • Usare i rifiuti come combustibile e come altro mezzo di produrre energia; • Conferire almeno il 25% dei rifiuti urbani da recuperare attraverso la raccolta differenziata entro il 2001 e almeno il 35% dal marzo 2003; almeno il 50% di recupero e il 25% di riciclaggio degli imballaggi dal maggio 2002; • Riutilizzo a valle della raccolta e delle iniziative per la riduzione dei rifiuti; • Minimizzare lo smaltimento in discarica.
Natura e biodiversità	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentare il territorio sottoposto a protezione; • Tutelare le specie minacciate e la diversità biologica; • Promuovere degli interventi di conservazione e di recupero degli ecosistemi; • Promuovere degli interventi di riduzione dei rischi derivanti dall'introduzione di specie naturali aliene; • Promuovere delle tecnologie che favoriscano la biodiversità.
Acque	<ul style="list-style-type: none"> • Adeguare le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque n. 152/99; • Garantire un equilibrio dei corpi idrici; • Garantire acqua potabile di buona qualità a tutta la popolazione; • Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2008, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo.
Ambiente marino e costiero	<ul style="list-style-type: none"> • Adeguare le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque n. 152/99; • Difesa dall'eutrofizzazione; • Garantire un equilibrio a cui vengono destinate le acque marine e salmastre; • Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2008, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; • Raggiungere gli obiettivi eco-ambientali, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; • Tutelare la prateria marina; • Difendere le coste dall'erosione.
Degrado del suolo	<ul style="list-style-type: none"> • Proteggere la qualità del suolo quale risorsa limitata e non rinnovabile per la produzione di cibo e di altri prodotti e come ecosistema per gli altri organismi viventi; • Difendere il suolo dai processi di erosione e di desertificazione; • Identificare e catalogare i siti potenzialmente contaminati, anche nelle aree di sviluppo industriale in attività; • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio paesaggistico delle aree depresse; • Identificare le aree a rischio idrogeologico; • Ripristinare la funzionalità idrogeologica dei sistemi naturali.
Ambiente urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre la necessità di spostamenti urbani; • Sviluppare modelli di traffico e di inquinamento atmosferico; • Promuovere lo sviluppo di Agenzie XXI locali; • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio archeologico, architettonico, storico-artistico e paesaggistico delle aree depresse; • Dotare le aree depresse di strutture e sistemi per la gestione degli interventi di restauro e valorizzazione del patrimonio; • Interventi di restauro e valorizzazione del patrimonio; • Sviluppare l'imprenditorialità legata alla valorizzazione del patrimonio e sostenere la crescita delle organizzazioni, anche del terzo settore, nel settore culturale.
Paesaggio e patrimonio culturale	<ul style="list-style-type: none"> • Individuare e catalogare le invarianti del patrimonio paesaggistico e storico-culturale. Proteggere la qualità degli assetti individuali; • Riqualificazione paesaggistica delle aree degradate.

Tabella 7.- Criteri e obiettivi di sostenibilità

Esempi di settori prioritari per i fondi strutturali	Dieci criteri chiave per la sostenibilità	Obiettivi di sostenibilità
Energia Trasporti Industria	1 Ridurre al minimo l'impiego delle risorse energetiche non rinnovabili	<ul style="list-style-type: none"> Proteggere la qualità dei suoli quale risorsa limitata e non rinnovabile per la produzione di cibo e di altri prodotti e come ecosistema per gli altri organismi viventi; Difendere il suolo dai processi di erosione e di desertificazione; Tutelare la salute umana e del patrimonio agricolo e forestale; Incentivazione dell'efficienza di produzione energetica e nuove fonti alternative; Promozione del risparmio energetico come efficienza di utilizzo e riduzione delle necessità di consumo di energia; Incentivazione dell'efficienza di produzione energetica e nuove fonti alternative.
Energia Agricoltura Silvicoltura Turismo Risorse idriche Ambiente Trasporti Industria	2 Impiego delle risorse rinnovabili nel limiti della capacità di rigenerazione	<ul style="list-style-type: none"> Usare i rifiuti come combustibile o come altro mezzo per produrre energia; Riutilizzo a valle della raccolta e delle iniziative per la riduzione dei rifiuti; Aumentare il territorio sottoposto a protezione; Tutelare le specie minacciate e della diversità biologica; Promozione degli interventi di conservazione e di recupero degli ecosistemi; Difesa dall'eutrofizzazione; Garantire un'pecunia a cui vengono destinate le acque marine e salmastre; Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2008, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; Garantire un'pecunia dei corpi idrici; Adeguate le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque.
Industria Energia Agricoltura Risorse idriche Ambiente	3 Uso e gestione corretta, dal punto di vista ambientale, delle sostanze e dei rifiuti pericolosi/inquinanti	<ul style="list-style-type: none"> Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'aduzione e lo sviluppo di tecnologie pulite; Assicurare idonei processi di riutilizzo, riciclaggio, recupero e smaltimento dei rifiuti prodotti; Raggiungere l'auto-sufficienza regionale nello smaltimento dei rifiuti per ambiti territoriali ottimizzati; Organizzare la raccolta dei rifiuti in modo da consentire la progressiva separazione dei principali flussi produttivi (rifiuti domestici, mercatili, rifiuti di servizio, rifiuti commerciali, rifiuti produttivi, rifiuti agricoli); Usare i rifiuti come combustibile o come altro mezzo per produrre energia; Conferire almeno il 25% dei rifiuti urbani da recuperare attraverso la raccolta differenziata entro il 2001 e almeno il 35% dal marzo 2003; almeno il 50% di recupero e il 25% di riciclaggio degli imballaggi dal maggio 2002; Riutilizzo a valle della raccolta e delle iniziative per la riduzione dei rifiuti; Minimizzare lo smaltimento in discarica.
Ambiente Agricoltura Silvicoltura Risorse idriche Trasporti Industria Energia Turismo Risorse culturali	4 Conservare e migliorare lo stato della fauna e flora selvatiche, degli habitat e dei paesaggi	<ul style="list-style-type: none"> Aumentare il territorio sottoposto a protezione; Tutelare le specie minacciate e della diversità biologica; Promozione degli interventi di conservazione e di recupero degli ecosistemi; Promozione degli interventi di riduzione dei rischi derivanti dall'introduzione di specie aliene; Promozione delle tecnologie che favoriscano la biodiversità; Proteggere la qualità dei suoli come risorsa limitata e non rinnovabile per la produzione di cibo e di altri prodotti e come ecosistema per gli altri organismi viventi; Difendere il suolo dai processi di erosione e di desertificazione; Identificare e catalogare i siti potenzialmente contaminati, anche nelle aree di sviluppo industriale in attività; Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2008, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; Tutelare la prateria marina; Difendere le coste dall'erosione; Difesa dall'eutrofizzazione; Garantire un'pecunia a cui vengono destinate le acque marine e salmastre; Tutelare la salute umana e del patrimonio agricolo e forestale; Individuare e catalogare le invarianti del patrimonio paesaggistico e storico-culturale; Proteggere la qualità degli ambienti individuali; Riquadratura paesaggistica delle aree degradate.

Tabella 7.- Criteri e obiettivi di sostenibilità (continua)

Esempi di settori prioritari per i fondi strutturali	Dieci criteri chiave per la sostenibilità	Obiettivi di sostenibilità
Agricoltura Silvicoltura Risorse idriche Ambiente Industria Turismo Risorse culturali	3. Conservare e migliorare la qualità dei suoli e delle risorse idriche	<ul style="list-style-type: none"> • Proteggere la qualità dei suoli come risorsa limitata e non rinnovabile per la produzione di cibo e di altri prodotti e come ecosistema per gli altri organismi viventi; • Difendere il suolo dai processi di erosione e di desertificazione; • Identificare e catalogare i siti potenzialmente contaminati, anche nelle aree di sviluppo industriale in attività; • Adeguare le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque; • Garantire usi peculiari dei corpi idrici; • Garantire acqua potabile di buona qualità a tutta la popolazione; • Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2008, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; • Adeguare le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque; • Difesa dall'eutrofizzazione; • Garantire usi peculiari a cui vengono destinate le acque marine e salmastre; • Raggiungere gli obiettivi eco-ambientali secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; • Tutelare la pesca marittima; • Difendere le coste dall'invasione; • Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose; • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio paesaggistico delle aree depresse; • Identificare le aree a rischio idrogeologico; • Ripristinare la funzionalità idrologica dei sistemi naturali; • Individuare e catalogare le invenzioni del patrimonio paesaggistico e storico-culturale. Proteggere la qualità degli ambienti individuali.
Turismo Ambiente Industria Trasporti Risorse culturali	6. Conservare e migliorare la qualità delle risorse storiche e culturali	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio archeologico, architettonico, storico-artistico e paesaggistico delle aree depresse; • Dotare le aree depresse di strutture e sistemi per la gestione degli interventi di restauro e valorizzazione del patrimonio; • Sviluppare l'imprenditorialità legata alla valorizzazione del patrimonio e sostenere la crescita delle organizzazioni, anche del terzo settore, nel settore culturale; • Individuare e catalogare le invenzioni del patrimonio paesaggistico e storico-culturale. Proteggere la qualità degli ambienti individuali.
Ambiente (urbano) Industria Turismo Trasporti Energia Risorse idriche Risorse culturali	7. Conservare e migliorare la qualità dell'ambiente locale	<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre la necessità di spostamenti urbani; • Sviluppare modelli di traffico e di inquinamento atmosferico; • Promuovere lo sviluppo di Agende XXI locali; • Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose; • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio archeologico, architettonico, storico-artistico e paesaggistico delle aree depresse; • Dotare le aree depresse di strutture e sistemi per la gestione degli interventi di restauro e valorizzazione del patrimonio; • Sviluppare l'imprenditorialità legata alla valorizzazione del patrimonio e sostenere la crescita delle organizzazioni, anche del terzo settore, nel settore culturale; • Individuare e catalogare le invenzioni del patrimonio paesaggistico e storico-culturale. Proteggere la qualità degli ambienti individuali.
Trasporti Energia Industria	8. Protezione dell'atmosfera (riscaldamento del globo)	<ul style="list-style-type: none"> • Limitare le emissioni di gas a effetto serra che contribuiscono al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici (CO_2, CH_4, N_2O e Cl_2); • Concorrere al rispetto degli obiettivi fissati per il contributo nazionale alle emissioni globali; • Eliminare le emissioni atmosferiche di sostanze che provocano la riduzione della fascia di ozono stratosferici (CFC, Halon, HCFC); • Concorrere al rispetto degli obiettivi fissati per il contributo nazionale alle emissioni globali; • Limitare le emissioni acide in atmosfera (SO_2, NO_2, NH_3) e favorire appropriati sistemi di gestione del territorio; • Ridurre le emissioni di sostanze che favoriscono la formazione di ozono troposferico (HNO_2 e NO_2) e degli altri ossidanti fotochimici; • Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose; • Eliminare l'uso di sostanze nocive nei cicli di produzione e nei prodotti.
Ricerca Ambiente Turismo Risorse culturali	9. Sensibilizzare maggiormente alle problematiche ambientali, sviluppare l'osservazione e la formazione in campo ambientale	<ul style="list-style-type: none"> • Promozione e sostegno alle attività di educazione ambientale anche tramite i laboratori territoriali; • Promozione delle attività di formazione del personale impegnato nell'attuazione delle strategie ambientali; • Promuovere la formazione di nuove figure professionali in ambito ambientale; • Individuare e catalogare le invenzioni del patrimonio paesaggistico e storico-culturale. Proteggere la qualità degli ambienti individuali.
Tutti	10. Promuovere la partecipazione del pubblico alle decisioni che comportano uno sviluppo sostenibile	<ul style="list-style-type: none"> • Promozione e sostegno delle campagne di diffusione dell'informazione ambientale e della consapevolezza delle relative problematiche; • Promozione di misure di sostegno alla partecipazione del pubblico ai processi decisionali riguardanti l'ambiente; • Promozione di programmi di raccolta e messa a disposizione del pubblico delle informazioni ambientali; • Misure di formazione del personale e delle autorità che suonano il pubblico nell'accesso alle informazioni e alla partecipazione dei processi decisionali concernenti l'ambiente.

Tabella 8.- Obiettivi di sostenibilità e settori di intervento*

Acqua	Patrimonio culturale
<ul style="list-style-type: none"> • Adeguare le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque; • Garantire usi peculiari dei corpi idrici; • Garantire acqua potabile di buona qualità a tutta la popolazione; • Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2008, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; • Difendere dall'eutrofizzazione; • Garantire usi peculiari a cui vengono destinate le acque marine e salmastre; • Raggiungere gli obiettivi eco-ambientali, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; • Tutelare la prateria marina; • Difendere le coste dall'erosione. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio archeologico, architettonico, storico-artistico e paesaggistico delle aree depresse; • Dotare le aree depresse di strutture e sistemi per la gestione degli interventi di restauro e valorizzazione del patrimonio; • Sviluppare l'imprenditorialità legata alla valorizzazione del patrimonio e sostenere la crescita delle organizzazioni, anche nel terzo settore, nel settore culturale; • Individuare e catalogare le invarianti del patrimonio paesaggistico e storico-culturale. Proteggere la qualità degli ambiti individuati; • Riqualificazione paesaggistica delle aree degradate.
Suolo	Politiche del lavoro
<ul style="list-style-type: none"> • Proteggere la qualità dei suoli quale risorsa limitata e non rinnovabile per la produzione di cibo e di altri prodotti e come ecosistema per gli altri organismi viventi; • Difendere il suolo dai processi di erosione e di desertificazione; • Identificare e catalogare i siti potenzialmente contaminati, anche nelle aree di sviluppo industriale in attività; • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio paesaggistico delle aree depresse; • Identificare le aree a rischio idrogeologico; • Ripristinare la funzionalità idrogeologica dei sistemi naturali; • Individuare e catalogare le invarianti del patrimonio paesaggistico e storico-culturale. Proteggere la qualità degli ambiti individuati. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promuovere la formazione di nuove figure professionali in ambito ambientale; • Promozione delle attività di formazione del personale impegnato nell'attuazione delle strategie ambientali; • Promozione e sostegno delle attività di educazione ambientale anche tramite i laboratori territoriali; • Misure di formazione del personale delle autorità che assistono il pubblico nell'accesso alle informazioni e alla partecipazione dei processi decisionali concernenti l'ambiente; • Promozione di programmi di raccolta e messa a disposizione del pubblico delle informazioni ambientali.
Protezione civile	Scuole
<ul style="list-style-type: none"> • Accrescere la sicurezza attraverso la previsione e prevenzione degli eventi calamitosi nelle aree soggette a rischio idrogeologico incombente con prioritaria attenzione per i centri urbani, le infrastrutture e le aree produttive; nelle aree soggette a rischio sismico con priorità per gli edifici "strategici" (ospedali, scuole, caserme, prefetture). 	<ul style="list-style-type: none"> • Promozione e sostegno delle attività di educazione ambientale anche tramite laboratori territoriali; • Promozione e sostegno delle campagne di diffusione delle informazioni ambientali e della consapevolezza delle relative problematiche.
Rifiuti	Energie
<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'adozione e lo sviluppo di tecnologie pulite; • Assicurare idonei processi di riutilizzo, riciclaggio, recupero e smaltimento dei rifiuti prodotti; • Raggiungere l'autosufficienza regionale nello smaltimento dei rifiuti per ambiti territoriali ottimali; • Organizzare la raccolta dei rifiuti in modo da consentire la progressiva separazione dei principali flussi produttivi (rifiuti domestici, mercati, attività di servizio, attività commerciali, attività produttive, attività agricole); • Usare i rifiuti come combustibile o come altro mezzo per produrre energia; • Conferire almeno il 25% dei rifiuti urbani da recuperare attraverso la raccolta differenziata entro il 2001 e almeno il 35% dal marzo 2003; almeno il 50% di recupero e il 25% di riciclaggio degli imballaggi dal maggio 2002; • Riutilizzo a valle della raccolta e delle iniziative per la riduzione dei rifiuti; • Minimizzare lo smaltimento in discarica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivazione dell'efficienza di produzione energetica; • Promozione del risparmio energetico come efficienza di utilizzo e riduzione delle necessità di consumo di energia; • Limitare le emissioni di gas a effetto serra che contribuiscono al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici (CO_2, CH_4, N_2O e ClC); • Concorrere al rispetto degli obiettivi fissati per il contributo nazionale alle emissioni globali; • Sviluppo e promozione di tecnologie alternative per la produzione di energia elettrica (eolica, ecc.); • Limitare le emissioni acide in atmosfera (SO_2, NO_x) e favorire appropriati sistemi di gestione del territorio; • Ridurre le emissioni di sostanze che favoriscono la formazione di ozono troposferico (NmVOC e NO_x) e degli altri ossidanti fotochimici; • Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'adozione e lo sviluppo di tecnologie pulite; • Usare i rifiuti come combustibile per produrre energia.
Rete ecologica	Ricerca e innovazione
<ul style="list-style-type: none"> • Aumentare il territorio sottoposto a protezione, promuovendo le interconnessioni (corridoi ecologici); • Tutelare le specie minacciate e della diversità biologica; • Promozione degli interventi di conservazione e di recupero degli ecosistemi; • Promozione degli interventi di riduzione dei rischi derivanti dall'introduzione di specie naturali aliogene; • Promozione delle tecnologie che favoriscono la biodiversità. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizzazione di studi per la determinazione quantitativa dell'effetto antropico nei cambiamenti climatici (baseline-naturale e attività antropica); • Realizzazione di studi per la identificazione delle cause principali della riduzione dell'ozono stratosferico e loro quantificazione; • Promozione di tecnologie di combustione e abbattimento per la riduzione degli NO_x e SO_2; • Sviluppo e promozione di tecnologie alternative per la produzione di energia elettrica (eolica, ecc.); • Studio dei contributi all'acidificazione delle sostanze di origine naturale, in particolare di quelle derivanti dallo sfruttamento agricolo; • Sviluppo di modelli di acidificazione dei suoli e dei suoi effetti sulla produttività agricola, forestazione e biodiversità; • Sviluppo di tecnologie di combustione e abbattimento per la riduzione degli NO_x; • Sostegno a studi sulle interazioni di precursori nel processo di smog fotochimico.

Tabella 8.- Obiettivi di sostenibilità e settori di intervento (Contin.)

<ul style="list-style-type: none"> • Promozione di tecnologie per la sostituzione di sostanze cancerogene e radioattive in cicli di produzione e prodotti finiti; • Sviluppo di tecnologie convenzionali e innovative per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti urbani e industriali; • Studio del ciclo dei metalli pesanti (traccianti) emessi dai processi di incenerimento con particolare riferimento al mercurio; • Sviluppo e promozione di tecnologie innovative e strutture organizzative nella conservazione dell'ecosistema agro-forestale; • Sviluppo di nuove tecnologie per il riuso e la potabilizzazione delle acque; • Promozione di tecnologie di decontaminazione, risanamento e ripristino dei suoli; • Sostegno allo studio di strategie e azioni per la riduzione della necessità di spostamenti urbani (telelavoro e telematica). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre le emissioni di sostanze che favoriscono la formazione di ozono troposferico (Nimvocs e NO_x) e degli altri ossidanti fotochimici; • Tutelare la salute umana e del patrimonio agricolo e forestale; • Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose; • Organizzare la raccolta dei rifiuti in modo da consentire la progressiva separazione dei principali flussi produttivi (rifiuti domestici, mercatili, attività di servizio, attività commerciali, attività produttive, attività agricole); • Aumentare il territorio sottoposto a protezione; • Tutelare le specie minacciate e della diversità biologica; • Promozione degli interventi di conservazione e di recupero degli ecosistemi; • Promozione degli interventi di riduzione dei rischi derivanti dall'introduzione di specie naturali alloctene; • Promozione delle tecnologie che favoriscono la biodiversità; • Tutelare la prateria marina di posidonia; • Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" per il mar Adriatico entro l'anno 2006 e il mar Tirreno entro l'anno 2008, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo.
Industria, Commercio e Servizi	Clima
<ul style="list-style-type: none"> • Limitare le emissioni di gas a effetto serra che contribuiscono al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici (CO_2, CH_4, N_2O e CFC); • Concorrere al rispetto degli obiettivi fissati per il contributo nazionale alle emissioni globali; • Eliminare le emissioni atmosferiche di sostanze che provocano la riduzione della fascia di ozono stratosferico (CFC, Halons, HFC); • Limitare le emissioni acide in atmosfera (SO_2, NO_x) e favorire appropriati sistemi di gestione del territorio; • Ridurre le emissioni di sostanze che favoriscono la formazione di ozono troposferico (Nimvocs e NO_x) e degli altri ossidanti fotochimici; • Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose; • Eliminare l'uso di sostanze cancerogene nei cicli di produzione e nei prodotti; • Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'adozione e lo sviluppo di tecnologie pulite; • Assicurare idonei processi di riutilizzo, riciclaggio, recupero e smaltimento dei rifiuti prodotti; • Raggiungere l'autosufficienza regionale nello smaltimento dei rifiuti per ambiti territoriali ottimali; • Identificare e catalogare i siti potenzialmente contaminati, anche nelle aree di sviluppo industriale in attività; • Promuovere l'adozione di sistemi di gestione ambientale delle imprese (Emas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Rafforzare nei grandi centri urbani la disponibilità di funzioni care e innovative e l'offerta di servizi urbani e metropolitani; • Migliorare il sistema della mobilità interna ed esterna ai centri urbani riducendo la congestione, l'inquinamento acustico e l'inquinamento atmosferico e, di conseguenza, impatti negativi sull'ambiente e sulla salute umana; • Riquilibrare, rinnovare e riqualificare il tessuto edilizio urbano, con particolare attenzione al recupero dei centri storici e minori; • Promuovere attività finalizzate allo sviluppo sostenibile nelle aree urbane, anche attraverso il coinvolgimento dei cittadini alla pianificazione integrata (Agende 21 locali); • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio archeologico, architettonico, storico-artistico, paesaggistico delle aree depresse; • Dotare le aree depresse di strutture e sistemi per la gestione degli interventi di restauro e valorizzazione del patrimonio; • Sviluppare l'imprenditorialità legata alla valorizzazione del patrimonio e sostenere la crescita delle organizzazioni, anche del terzo settore, nel settore culturale.
Territorio	Servizi alla persona e alla comunità
<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'adozione e lo sviluppo di tecnologie pulite; • Aumentare il territorio sottoposto a protezione; • Tutelare le specie minacciate e della diversità biologica; • Adeguare le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque; • Garantire usi peculiari dei corpi idrici; • Garantire acqua potabile di buona qualità a tutta la popolazione; • Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2008, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; • Proteggere la qualità dei suoli come risorsa limitata e non rinnovabile per la produzione di cibo e di altri prodotti e come ecosistema per gli altri organismi viventi; • Difendere il suolo dai processi di erosione e di desertificazione; • Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio archeologico, architettonico, storico-artistico, paesaggistico delle aree depresse; • Dotare le aree depresse di strutture e sistemi per la gestione degli interventi di restauro e valorizzazione del patrimonio; • Sviluppare l'imprenditorialità legata alla valorizzazione del patrimonio e sostenere la crescita delle organizzazioni, anche del terzo settore, nel settore culturale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promuovere la formazione di nuove figure professionali in ambito ambientale; • Promozione e sostegno delle attività di educazione ambientale anche tramite i laboratori territoriali; • Promozione di programmi di raccolta e messa a disposizione del pubblico delle informazioni ambientali.
Agricoltura e pesca	Trasporti
<ul style="list-style-type: none"> • Limitare le emissioni di gas a effetto serra che contribuiscono al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici (CO_2, CH_4, N_2O e CFC); • Limitare le emissioni acide in atmosfera (SO_2, NO_x) e favorire appropriati sistemi di gestione del territorio; 	<ul style="list-style-type: none"> • Ridurre le emissioni di sostanze che favoriscono la formazione di ozono troposferico (Nimvocs e NO_x) e degli altri ossidanti fotochimici; • Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose; • Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'adozione e lo sviluppo di tecnologie pulite; • Ridurre la necessità di spostamenti urbani; • Sviluppare modelli di traffico e di inquinamento atmosferico; • Promuovere lo sviluppo di Agende XXI locali; • Promuovere programmi di intervento finalizzati alla riduzione dell'inquinamento acustico.

* I settori di intervento sono quelli identificati nel documento Osnensens per il programma di sviluppo del Mezzogiorno 2000-2006 del Ministero del Tesoro, del Bilancio e della Programmazione economica - Dipartimento per le politiche di sviluppo e di coesione (Roma, maggio 1999).

Tabella 9.- Indicatori di pressione, di stato, obiettivi, azioni di politica ambientale, rilevamenti e monitoraggio

Indicatori di pressione	Indicatori di stato	Obiettivi	Azioni di politica ambientale	Rilevamenti e monitoraggio
CAMBIAMENTI DEL CLIMA				
<ul style="list-style-type: none"> Emissioni di CO₂. Emissione totale di gas a effetto serra. 	<ul style="list-style-type: none"> Stato meteo (temperature e precipitazioni medie). 	<ul style="list-style-type: none"> Limitare le emissioni di gas a effetto serra che contribuiscono al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici (CO₂, CH₄, N₂O, e ClC). Concorrere al rispetto degli obiettivi fissati per il contributo nazionale alle emissioni globali. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizzazione di studi per la determinazione quantitativa dell'effetto antropico nei cambiamenti climatici (baseline - naturale e attività antropica). Incentivazione dell'efficienza di produzione energetica e nuove fonti alternative. Promozione del risparmio energetico come efficienza di utilizzo e riduzione delle necessità di consumo di energia. Riqualificazione del patrimonio forestale. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoraggio dei parametri chimici e fisici relativi ai cambiamenti climatici. Ruolo degli aerosol di origine naturale, antropica e mista nella formazione di nubi nel bilancio radiativo terra-atmosfera. Rilevo nel tempo delle caratteristiche dell'atmosfera in osservatori remoti. Censimento delle aree boschive.
RIDUZIONE DELL'OZONO STRATOSFERICO				
<ul style="list-style-type: none"> Produzione e consumo di ClC e di HclC. 	<ul style="list-style-type: none"> Radiazione ultravioletta efficace. 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminare le emissioni atmosferiche di sostanze che provocano la riduzione della fascia di ozono stratosferico (ClC, Haloni, HclC). Concorrere al rispetto degli obiettivi fissati per il contributo nazionale alle emissioni globali. 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivazione alla sostituzione di sostanze organo-alogenate nei processi produttivi. Realizzazione di studi per la identificazione delle cause principali e loro quantificazione. 	<ul style="list-style-type: none"> Osservazioni sulla dinamica stratosferica attraverso aerei strumentati e da basi terrestri. Misura sull'impatto del trasporto aereo sui processi chimici della stratosfera. Censimento dell'impiego di materiali contenenti ClC.
ACIDIFICAZIONE				
<ul style="list-style-type: none"> Emissioni di SO₂. Emissioni di NO_x. Emissioni di NH₃. 	<ul style="list-style-type: none"> Deposizione di sostanze acidificanti, totale di S, N ossidato e N ridotto. 	<ul style="list-style-type: none"> Limitare le emissioni acide in atmosfera (SO₂, NO_x, NH₃) e favorire appropriati sistemi di gestione del territorio. 	<ul style="list-style-type: none"> Promozione di tecnologie di combustione e abbattimento per la riduzione degli NO_x e SO₂. Sviluppo e promozione di tecnologie alternative per la produzione di energia elettrica (eolica, ecc.). Studio dei contributi all'acidificazione delle sostanze di origine naturale, in particolare di quelle derivanti dallo sfruttamento agricolo. Sviluppo di modelli di acidificazione dei suoli e dei suoi effetti sulla produttività agricola, forestazione e biodiversità. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizzazione di una rete nazionale di osservazione della deposizione acida umida (precipitazioni) e secca (deposizione diretta). Tele rilevamento satellitare e da aeromobili per la caratterizzazione di ambienti e siti sensibili all'acidificazione.
OZONO TROPOSFERICO E OSSIDANTI				
<ul style="list-style-type: none"> Emissione di CO₂. Emissione di C₆H₆. Emissioni di NO_x. 	<ul style="list-style-type: none"> Ozono a livello del suolo e superamento delle soglie. 	<ul style="list-style-type: none"> Ridurre le emissioni di sostanze che favoriscono la formazione di ozono troposferico (Nimvoca e NO_x) e degli altri ossidanti fotochimici. Tutelare la salute umana e del patrimonio agricolo e forestale. 	<ul style="list-style-type: none"> Misure di riduzione delle emissioni industriali e autoveicolari da Nimvoca. Sviluppo di tecnologie di combustione e abbattimento per la riduzione degli NO_x. Valutazione della relazione tra emissioni urbane e ozono e altri foto-ossidanti (NO_x, C₆H₆, Pan, ecc.). Sostegno a studi sulle interazioni di precursori nel processo di smog fotochimico. 	<ul style="list-style-type: none"> Rilevamento della meteorologia mediterranea al fine di chiarire i meccanismi di trasporto dell'ozono troposferico da precursori transfrontalieri. Inventari delle emissioni di precursori con particolare riferimento a quelle di idrocarburi naturali e antropici. Tele rilevamento da satellite o da aerei per la valutazione delle emissioni di precursori di ozono troposferico di origine naturale e loro ruolo nella co-formazione di aerosol. Sviluppo di una rete nazionale di osservazione dell'ozono basata su bioindicatori e su biomonitoraggio. Impiego di campionatori passivi.
SOSTANZE CHIMICHE (pesticidi, metalli pesanti, Pop)				
<ul style="list-style-type: none"> Emissioni di metalli pesanti. Emissioni inquinanti organici persistenti (Pop). Consumo di pesticidi per usi agricoli. 	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazioni di Pcb, Ddt, Hcb, clordane, Hch, Pch. 	<ul style="list-style-type: none"> Ridurre i pericoli per l'ecosistema, la salute umana e la qualità della vita derivanti dalle emissioni nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo di sostanze chimiche nocive o pericolose. Eliminare l'uso di sostanze cancerogene nei cicli di produzione e nei prodotti. 	<ul style="list-style-type: none"> Regolamentazione dei processi produttivi. Promozione di tecnologie per la sostituzione di sostanze cancerogene e radioattive in cicli di produzione e prodotti finiti. 	<ul style="list-style-type: none"> Censimento delle sostanze cancerogene e radioattive nei cicli di produzione e prodotti finiti. Censimento delle aziende che trattano sostanze pericolose.

■ (segue)

Tabella 9.- Continuazione I

Indicatori di previsione	Indicatori di stato	Obiettivi	Azioni di politica ambientale	Riferimenti e monitoraggio
RIFIUTI				
<ul style="list-style-type: none"> Produzione totale di rifiuti per settore; Produzione totale e pro-capite di rifiuti urbani; Produzione di rifiuti pericolosi; Importazione ed esportazione di rifiuti pericolosi. 	<ul style="list-style-type: none"> Numero di impianti di trattamento; Analimento dei rifiuti per tipologia, capacità e superficie occupata; Quantità di rifiuti trattati/intratti per tipologia di trattamento/intrattamento; Raccolta differenziata dei rifiuti urbani per frazione (carta, vetro, alluminio, ferro, rifiuti solidi, ecc.); Quantità di materiali riciclati/riusati. 	<ul style="list-style-type: none"> Ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti, in particolare attraverso l'adozione e lo sviluppo di tecnologie pulite; Assicurare idonei processi di riciclaggio, riuso, recupero e trattamento dei rifiuti prodotti; Raggiungere l'auto-sufficienza regionale nello smaltimento dei rifiuti per ambiti territoriali vasti; Organizzare la raccolta dei rifiuti in modo da consentire la progressiva separazione dei principali flussi produttivi (rifiuti domestici, mensuali, attività di servizio, attività commerciali, attività produttive, attività agricole); Usare i rifiuti come combustibile o come altro mezzo per produrre energia; Conferire almeno il 25% dei rifiuti urbani da recuperare attraverso la raccolta differenziata entro il 2002 e almeno il 25% dal marzo 2003 almeno il 50% di recupero e il 25% di riciclaggio degli imballaggi dal maggio 2003; Realizzare a valle della raccolta e delle iniziative per la riduzione dei rifiuti; Promuovere lo smaltimento in discarica. 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivazione di cicli produttivi per il contenimento dei rifiuti prodotti (quantità e tipologia); Sviluppo di tecnologie convenzionali e innovative per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti urbani e industriali; Studio del ciclo dei metalli pesanti (prodotti) emessi dai processi di smaltimento con particolare riferimento al mercurio. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificazione di esperti territoriali, giuridici, amministrativi, economici e sociali della gestione del ciclo dei rifiuti; Interfacciamento applicato all'identificazione di compositori, quali, ad esempio, le coperture di cemento armato o di discariche abusive e al monitoraggio di quelle autorizzate.
NATURA E BIODIVERSITÀ				
<ul style="list-style-type: none"> Dispositi della infrastruttura legata alla rete dei trasporti; Area adibita ad agricoltura intensiva; Zona edificata. 	<ul style="list-style-type: none"> Carta dei principali habitat; Carta della natura. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentare il territorio sottoposto a protezione; Tutelare le specie minacciate e della diversità biologica; Promozione degli interventi di conservazione e di recupero degli ecosistemi; Promozione degli interventi a riduzione del rischio derivanti dall'introduzione di specie invasive aliene; Promozione della tecnologia che favorisce la biodiversità. 	<ul style="list-style-type: none"> Promozione di modelli culturali per la salvaguardia ambientale e la conservazione della "biodiversità"; Sviluppo e promozione di tecnologie innovative e strutture organizzative nella conservazione dell'ecosistema agro-forestale; Diffusione e rilevanza dei fattori di disturbo (bioti e abioti) degli ecosistemi; Valutazione e prevenzione dell'inquinamento provocato da fonti diffuse di origine agricola. 	<ul style="list-style-type: none"> Adattamento di mappe tematiche relative alla fauna e flora (carta della natura); Realizzazione di un network di aree naturali protette.
ACQUE				
<ul style="list-style-type: none"> Estensione di acque per area, pro-capite e per settore; Consumo di acque pro-capite; Emissioni di metalli pesanti (Hg, Pb, Cd) nelle acque; Emissioni di nutrienti in acque (azoto e fosforo) per fonte (agricoltura e settori economici); Emissioni di nutrienti organici (N, P, K) pro-capite. 	<ul style="list-style-type: none"> Qualità del fiume (lunghezza corso d'acqua di buona qualità); Concentrazione di materia organica nei fiumi; Concentrazione di azoto, fosforo e metalli nei fiumi e nei laghi; Concentrazione di nitrati nelle acque sotterranee; Indici vulnerabilità degli acquedotti; Disponibilità e qualità dell'acqua potabile; Numero di impianti di trattamento delle acque reflue (tipologia e tecnologia di trattamento); Percentuale degli impianti di trattamento delle acque reflue in esercizio; Percentuale della popolazione connessa alla rete fognaria; Percentuale di impianti industriali riversati in un sistema di raccolta. 	<ul style="list-style-type: none"> Adeguare le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque; Garantire un'uscita dei corpi idrici; Garantire acque potabili di buona qualità a tutta la popolazione; Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2000, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo. 	<ul style="list-style-type: none"> Proseguire di adeguamento le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque; Sviluppo di nuove tecnologie per il riciclo e la potabilizzazione delle acque; Azione a tutela dei corpi idrici e gestione del territorio. 	<ul style="list-style-type: none"> Circolazione degli inquinanti e degrado qualitativo delle acque; Implementazione di sistemi manuali per il monitoraggio degli inquinanti (biocorpi e organismi sentinella).
AMBIENTE MARINO E COSTIERO				
<ul style="list-style-type: none"> Costumi di pesci, per specie; Flussi di azoto e fosforo in mare (eutrofizzazione). 	<ul style="list-style-type: none"> Caratterizzazione geomorfologica delle zone costiere; Concentrazione di azoto, fosforo, nitrato, nitrito e ammoniaca, O₂ disciolto e clorofilla per la valutazione dell'indice trofico line nelle acque costiere; Percentuale di coste dichiarate balneabili. 	<ul style="list-style-type: none"> Adeguare le infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque; Diffusi dall'eutrofizzazione; Garantire un'uscita dei corpi idrici a cui vengono destinate le acque marine e sotterranee; Raggiungere un livello di qualità dei corpi idrici "sufficiente" entro l'anno 2000, secondo quanto disposto dal nuovo decreto legislativo; Tutelare la prateria marina; Difendere le coste dall'erosione. 	<ul style="list-style-type: none"> Adeguamento delle infrastrutture fognarie e depurative ai criteri della direttiva 91/271 e del nuovo decreto legislativo sulle acque; Interventi di prevenzione dell'eutrofizzazione delle acque costiere e tecnologie per il suo contenimento; Interventi di risanamento dei depositi e dei materiali inerti. 	<ul style="list-style-type: none"> Parametri e settori monitorati per il monitoraggio; Sistema integrato di monitoraggio per la tutela della prateria di posidonia; Interfacciamento applicato allo studio delle caratteristiche dell'emissione delle coste.

Tabella 9.- Continuazione II

Indicatori di pressione	Indicatori di stato	Obiettivi	Azioni di politica ambientale	Rilevamenti e monitoraggio
DEGRADO DEL SUOLO				
<ul style="list-style-type: none"> Cave e attività estrattive; Erosione di idrocarburi; Superficie occupata da discariche; Usa del suolo: cambiamento da area naturale ad area edificata; Superficie agro-pastorale per fieno alimentare; Area disboscata nel corso dell'area boschiva; Superficie aree golfanti occupate da insediamenti infrastrutturali. 	<ul style="list-style-type: none"> Fertilità (indici di capacità d'uso del suolo); Area in subsidenza; Siti contaminati. 	<ul style="list-style-type: none"> Proteggere la qualità del suolo quale risorsa limitata e non rinnovabile per la produzione di cibo e di altri prodotti e come ecosistema per gli altri organismi viventi; Difendere il suolo dai processi di erosione e di desertificazione; Identificare e sanare i siti potenzialmente contaminati, anche nelle aree di sviluppo industriale in attività; Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio paesaggistico delle aree depresse; Identificare le aree a rischio idrogeologico; Ripristinare la funzionalità idrogeologica dei sistemi naturali. 	<ul style="list-style-type: none"> Razionalizzazione della pratica delle colture agricole; Promozione di tecnologie di decontaminazione, riutilizzo e rigenerazione del suolo; Promozione del rimboschimento a fini idrogeologici; Consolidamento dei versanti instabili; Promozione della rinaturalizzazione delle fasce fluviali; Delocalizzazione degli insediamenti a rischio; Riduzione e contenimento dei fenomeni di subsidenza. 	<ul style="list-style-type: none"> Mappatura del rischio del suolo e della desertificazione; Telerilevamento applicato alla studio delle caratteristiche dei rischi a rischio; Definizione dei criteri di qualità del suolo e valutazione del rischio idrogeologico; Censimento dei siti contaminati.
AMBIENTE URBANO				
<ul style="list-style-type: none"> Densità della popolazione nelle città; Emissioni di CO₂, NO_x, particolato, metalli pesanti, CFC; Emissioni acustiche. 	<ul style="list-style-type: none"> Area urbana sottoposta per il trasporto; Qualità dell'aria urbana: concentrazioni di SO₂, NO₂, PM₁₀, Benzene, Ozone, particolato, fumo nero, Pb, CO, composti del fosforo; Metà Urbana; Classificazione in zone acustiche (livelli di pressione sonora). 	<ul style="list-style-type: none"> Ridurre la necessità di spostamenti urbani; Sviluppare modelli di traffico e di inquinamento atmosferico; Promuovere lo sviluppo di Agende 21 locali; Consolidare, estendere e qualificare il patrimonio architettonico, storico-artistico e paesaggistico delle aree depresse; Dotare le aree depresse di strutture e servizi per la gestione degli interventi di riassetto e valorizzazione del patrimonio; Sviluppare l'imprenditorialità legata alla valorizzazione del patrimonio e sostenere la crescita delle organizzazioni, anche del terzo settore, nel settore culturale. 	<ul style="list-style-type: none"> Sostegno allo studio di strategie e azioni per la riduzione della densità di spostamenti urbani (teleferica e telecabina); Interventi di bioarchitettura e riqualificazione a basso costo, decentramento della attività dalle attività; Sviluppo e promozione di mobilità non inquinanti. 	<ul style="list-style-type: none"> Applicazione di modelli di traffico e di inquinamento atmosferico e acustico, adattabili ai piccoli e medi centri urbani; Sviluppo di reti avanzate di rilevamento dell'inquinamento atmosferico anche basate su nuove tecnologie.
RISCHI TECNOLOGICI				
<ul style="list-style-type: none"> N° incidenti verificati: Industria e Trasporti; Inquinamento a rischio di incidenti rilevanti (siti "Seveso"). 	<ul style="list-style-type: none"> Area a rischio di incidente rilevante; Densità di popolazione residente in aree a rischio. 			
RISCHI NATURALI				
<ul style="list-style-type: none"> Numero episodi di calamità naturali (terremoti, eruzioni, ecc.); 	<ul style="list-style-type: none"> Area di pericolo sismico e idrogeologico; Densità di popolazione residente in aree a rischio sismico e idrogeologico. 			
PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE				
<ul style="list-style-type: none"> Trasformazione degli ambienti naturali e storico-culturali; 	<ul style="list-style-type: none"> Area a valore paesaggistico, archeologico, monumentale; Area degradata con potenzialità di riqualificazione paesaggistica. 	<ul style="list-style-type: none"> Individuare e catalogare le invenzioni del patrimonio paesaggistico e storico-culturale; Proteggere la qualità degli ambienti; Riqualificazione paesaggistica delle aree degradate. 	<ul style="list-style-type: none"> Sostegno dello studio del carattere e delle caratteristiche paesaggistiche e storico-culturali; Interventi di riqualificazione paesaggistica e urbanistica; Sviluppo e promozione di una progettazione architettonica compatibile con i valori industriali; Sostegno all'attuazione del PUP. 	<ul style="list-style-type: none"> Mappatura delle unità paesaggistiche (partenti e invenzioni) e storico-culturali; Omogeneizzazione del valore paesaggistico; Normalizzazione sistemi di gestione dei siti; Definizione di criteri di qualità del paesaggio e del patrimonio culturale; Censimento dei siti di alta valore paesaggistico-architettonico-monumentale; Sviluppo di reti avanzate tra i soggetti competenti.



Tabella 10. - Obiettivi, priorità, indicatori di prestazione, finalità degli interventi

Obiettivi	Priorità	Indicatori	Finalità degli interventi
Ridurre la necessità di spostamenti urbani	Trasporti in ambiente urbano	1. Riduzione del numero di tragitti percorsi in auto dai centri di attività economica attorno alle città	1. Riduzione del 10% di spostamenti urbani nei centri X e Y e attorno alla città Z
Aumentare il territorio sottoposto a protezione	Natura e biodiversità	2. Aumento della superficie totale designata ai fini di conservazione della natura; 3. Definizione di piani gestione per le aree protette; 4. Risorse supplementari per la protezione contro gli incendi forestali;	2. Aumento del 10% entro l'anno 200X; 3. Per numero X di siti della rete natura 2000 entro l'anno 200X; 4. (Descrizione tipo misura) per le zone A, B, C.
Garantire una peculiare risorsa idrica	Acque e suolo	5. Mantenimento dei livelli delle acque sotterranee al 199X; 6. Riduzione del contenuto di nitrati nei fiumi nell'area X; 7. Aumento delle zone di balneazione conformi alla direttiva 76/160/Cee	5. Mantenimento dei livelli del 199X; 6. Riduzione di X nei fiumi A, B, e C; 7. Aumento del 20% delle aree balneabili nelle zone da A a B;
Attuazione: conversione biodiversità	Natura e biodiversità	8. Aumento della copertura boschiva	8. Aumento del 15% nelle zone Y e Z attorno alle città A, B e C;
Assicurare idonei processi di recupero dei rifiuti prodotti	Rifiuti	9. Aumento della percentuale dei rifiuti urbani riciclati	9. Aumento del 15% dei rifiuti urbani riciclati nelle aree metropolitane A e B.

APPENDICE II

Valutazione della qualità di un indicatore

Please rate the criteria in a scale of 1-6 (1 = bad, 6 = excellent).

The resulting colour coding for the averaged final rating should be: <2 = red; 2-4 = yellow; >4 green

Indicator code:	<indicator code>	Rating:		
Relevancy:	How do you rate the match of your indicator (operational definition) with the PIP definition?			
	How do the data/data processing applied agree with the indicator definition?			
	How do you rate the reliability of the sectoral breakdown?			
	Average			
	(<2 = red; 2-4 = yellow; >4 green) Colour			
Overall Accuracy:	How do you rate the comparability of the data you used?			
	(think of uniformity of classifications and/or definitions)			
	How reliable do you rate the sources you used?			
	Do the data and the data processing applied cover the whole indicator subject as defined in the operational definition?			
	Is the data processing methodology well established?			
	Did you perform a sensitivity analysis or did you compare your outcomes with other sources available?			
	Average			
	(<2 = red; 2-4 = yellow; >4 green) Colour			
	Comparability over Time:		For how many EU Member States have you found satisfying time series?	
			(<6 = 1, 6-7 = 2, 8-9 = 3, 10-11 = 4, 12-13 = 5, 14-15 = 6)	
(rate higher if some member states logically can have no time series)				
Are the trends you have found reliable? (Think of missing data, extrapolations, assumptions made, mixing of various data sources)				
To what extent can you explain trend breaks?				
(If no trend breaks occur, give a rating of 3)				
Average				
(<2 = red; 2-4 = yellow; >4 green) Colour				

Comparability over Space:	<p>For how many EU Member States have you found satisfying data?</p> <p>(<6 = 1, 6-7 = 2, 8-9 = 3, 10-11 = 4, 12-13 = 5, 14-15 = 6)</p> <p>(rate higher if some member states logically can have no data)</p>
	<p>How reliable is the geographical coverage of the data within the EU Member States?</p> <p>Average</p> <p>(<2 = red; 2-4 = yellow; >4 green) Colour</p>

APPENDICE II (Continuazione)

Progetto TEPI - Diagrammi di frequenza del rango degli indicatori core secondo il parere dei SAG

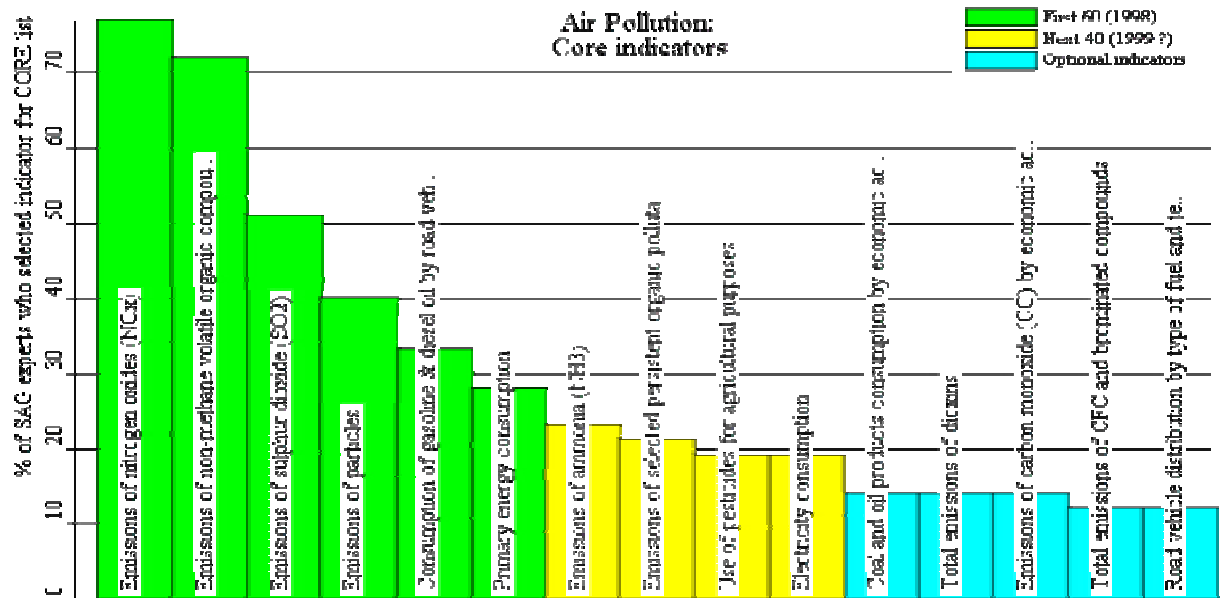


Fig. 1

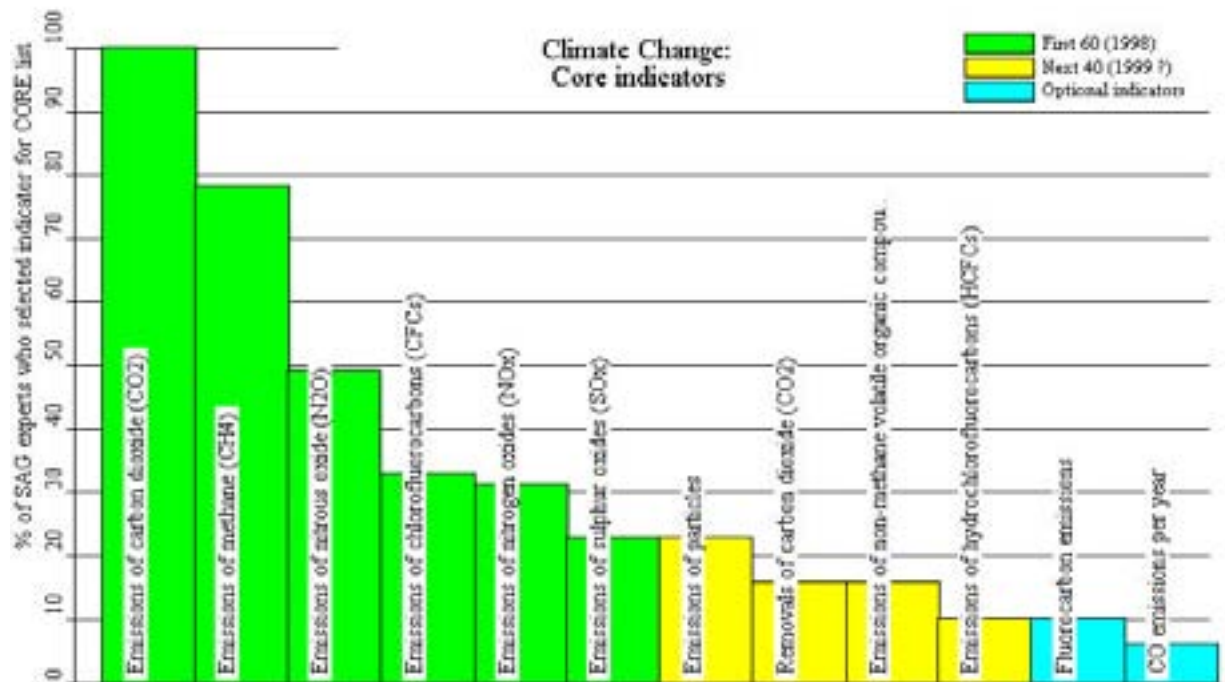


Fig. 2

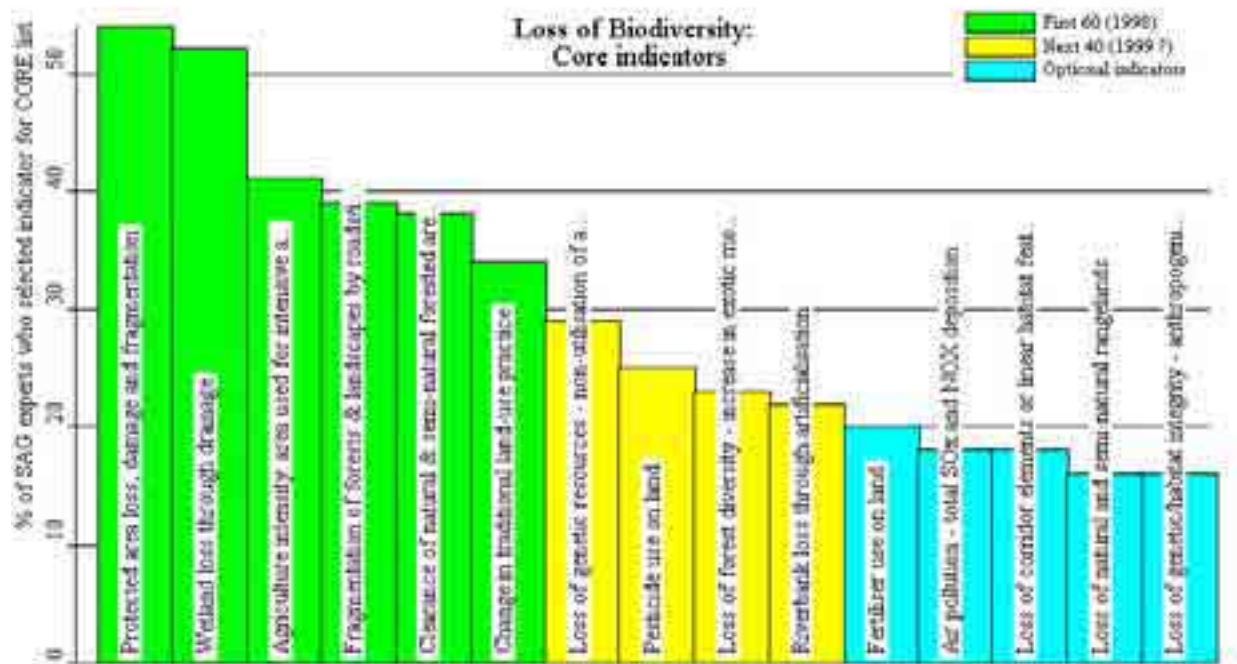


Fig. 3

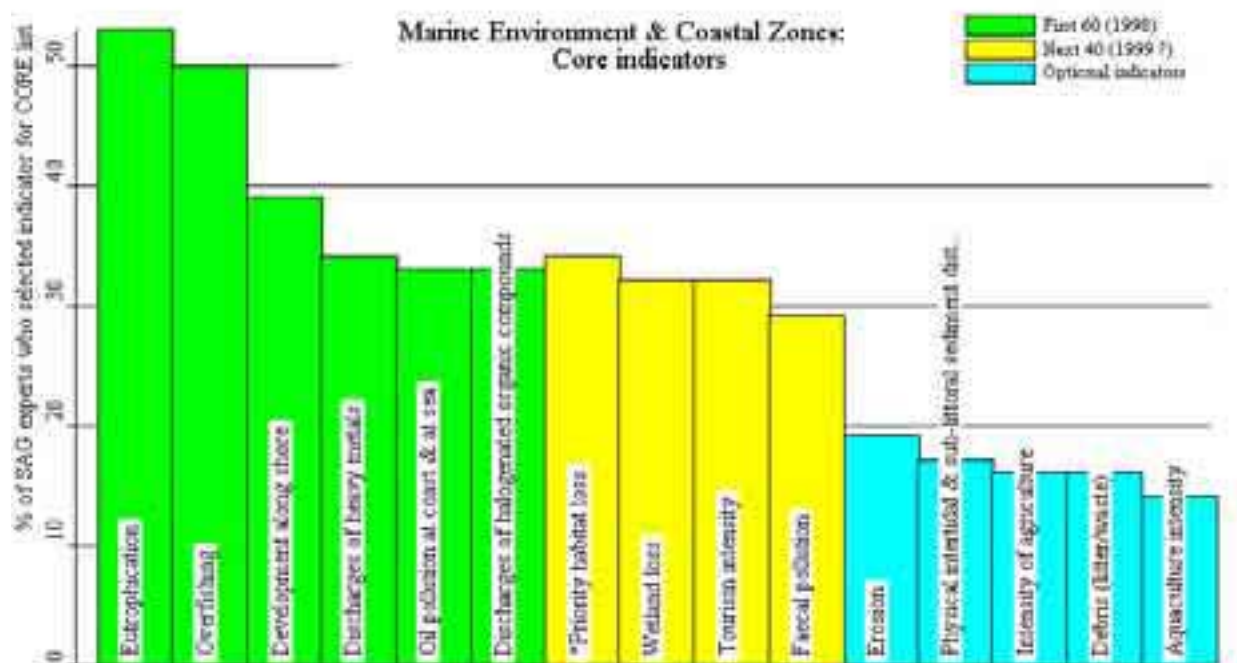


Fig. 4

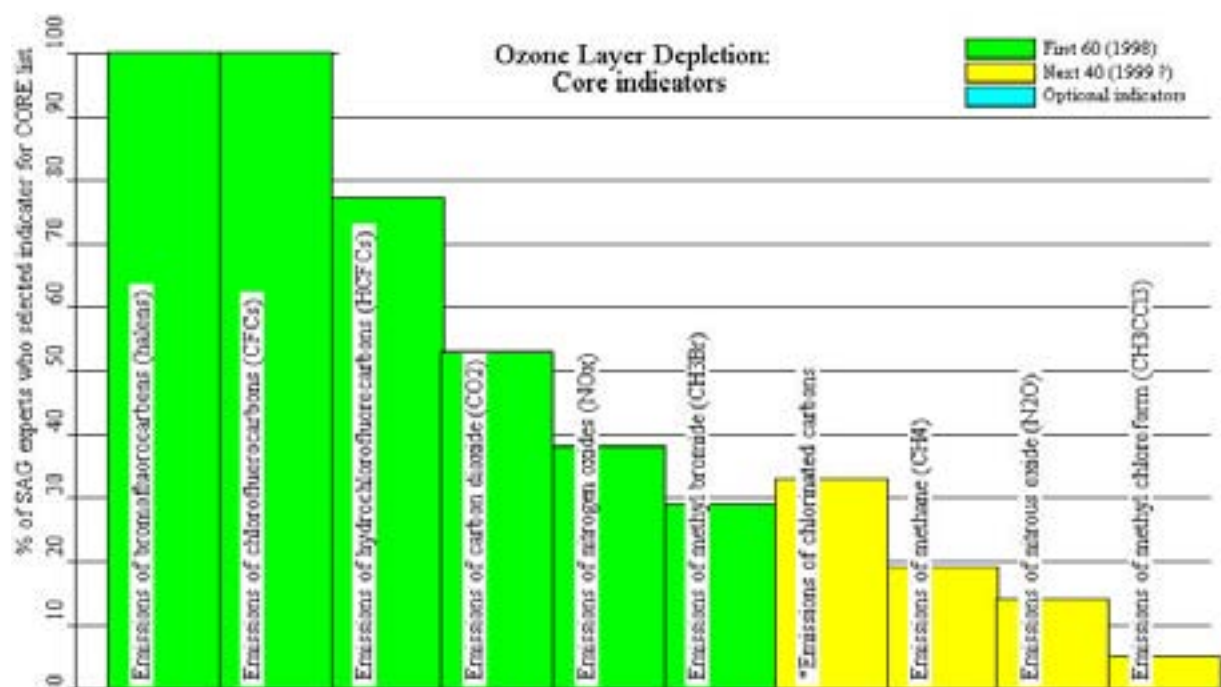


Fig. 5

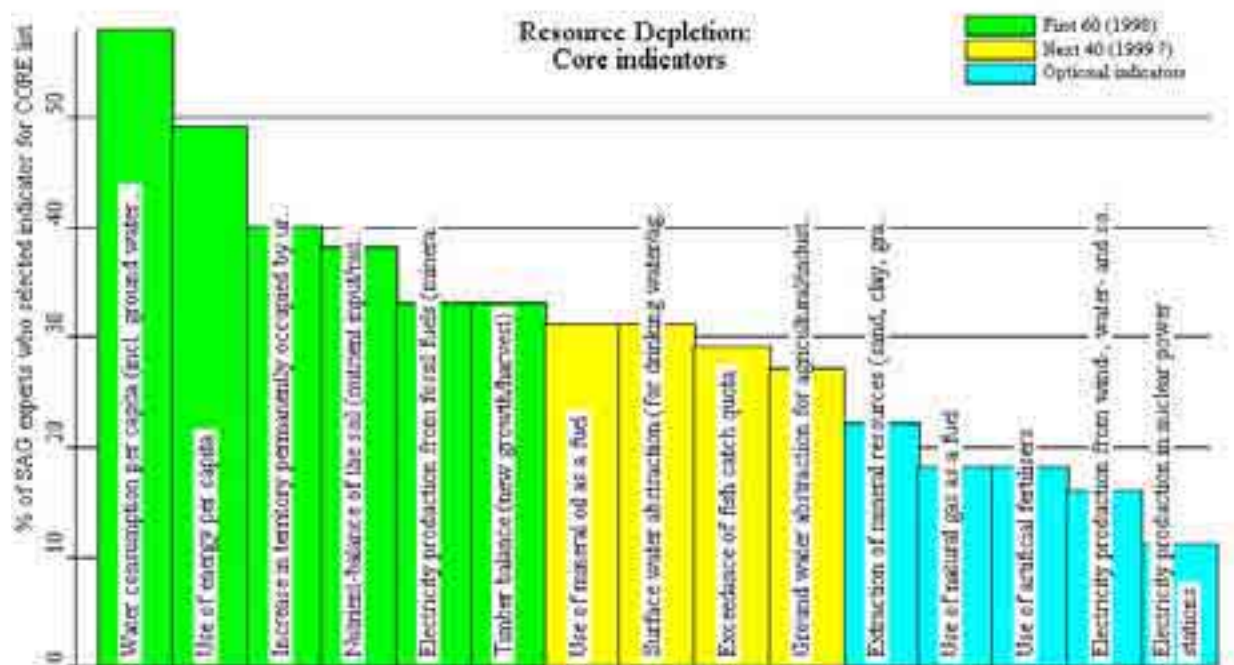


Fig. 6

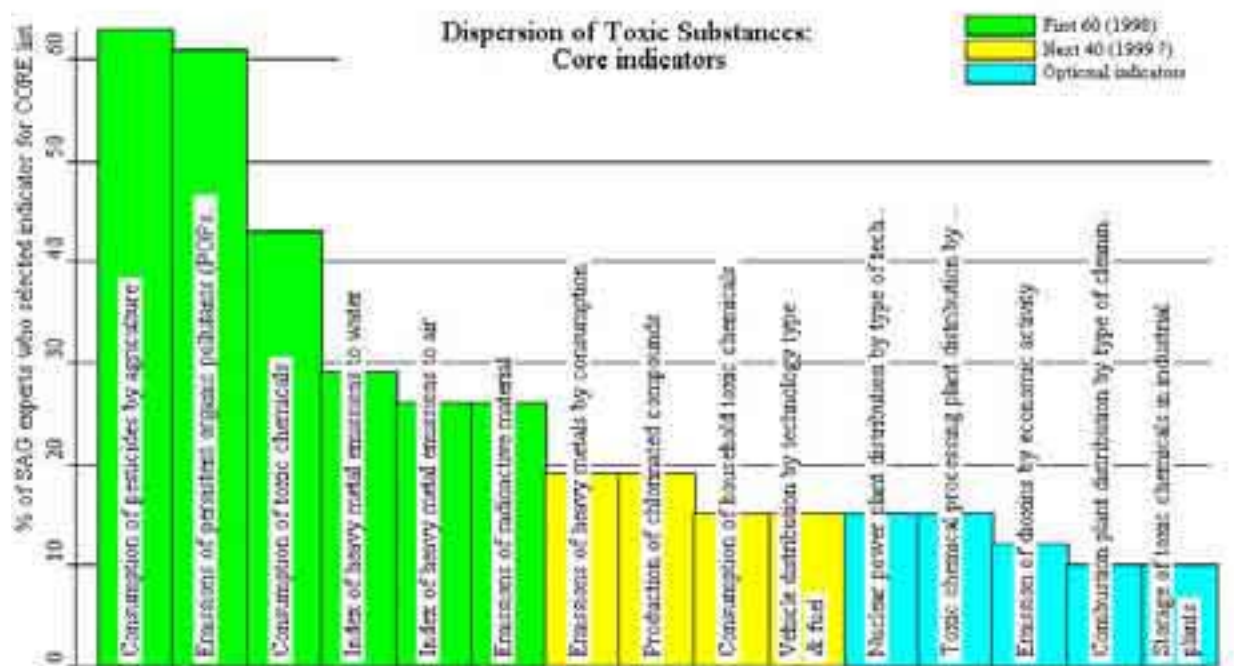


Fig. 7

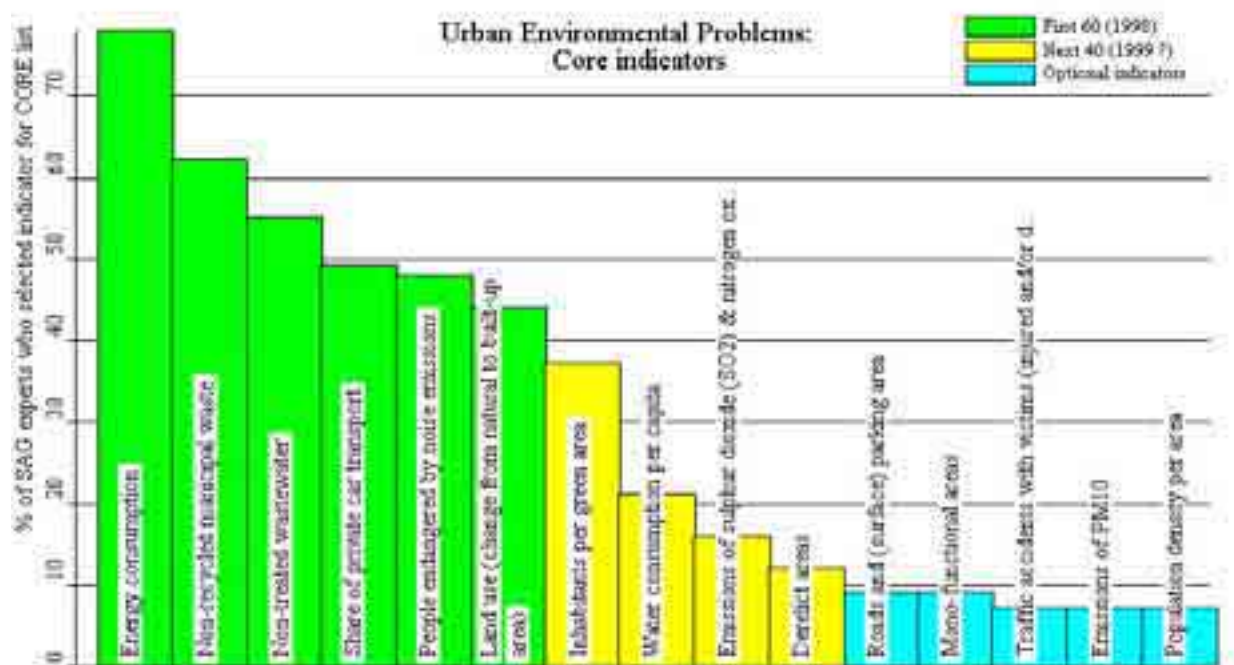


Fig. 8

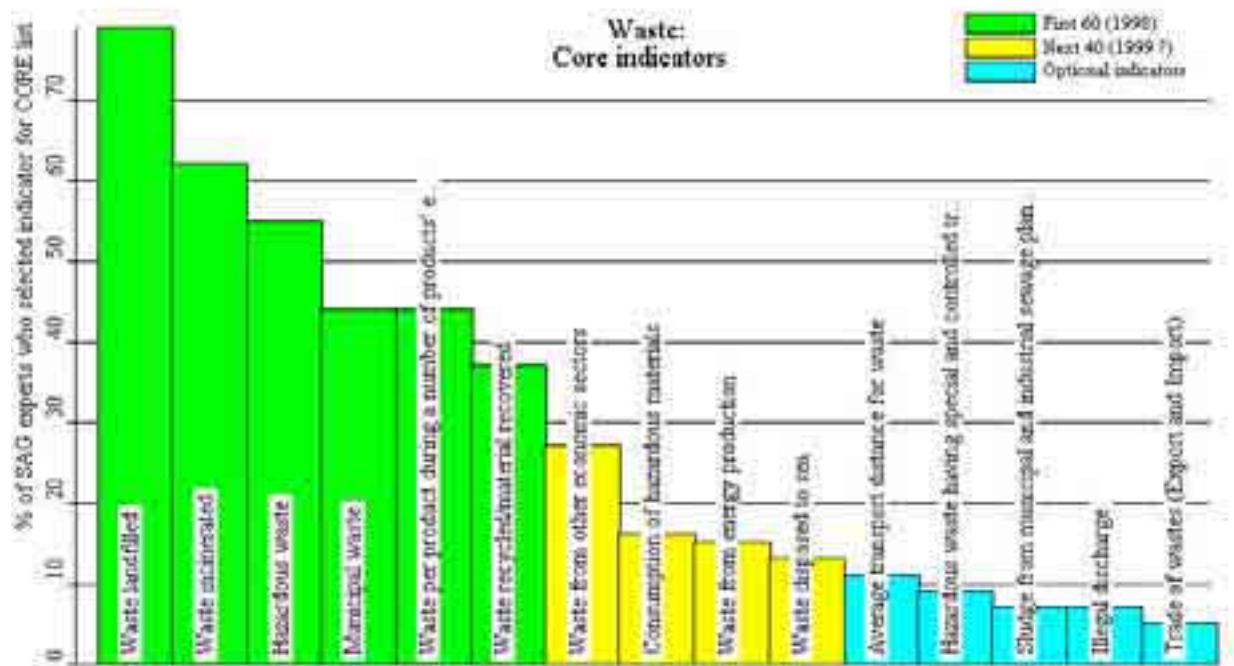


Fig. 9

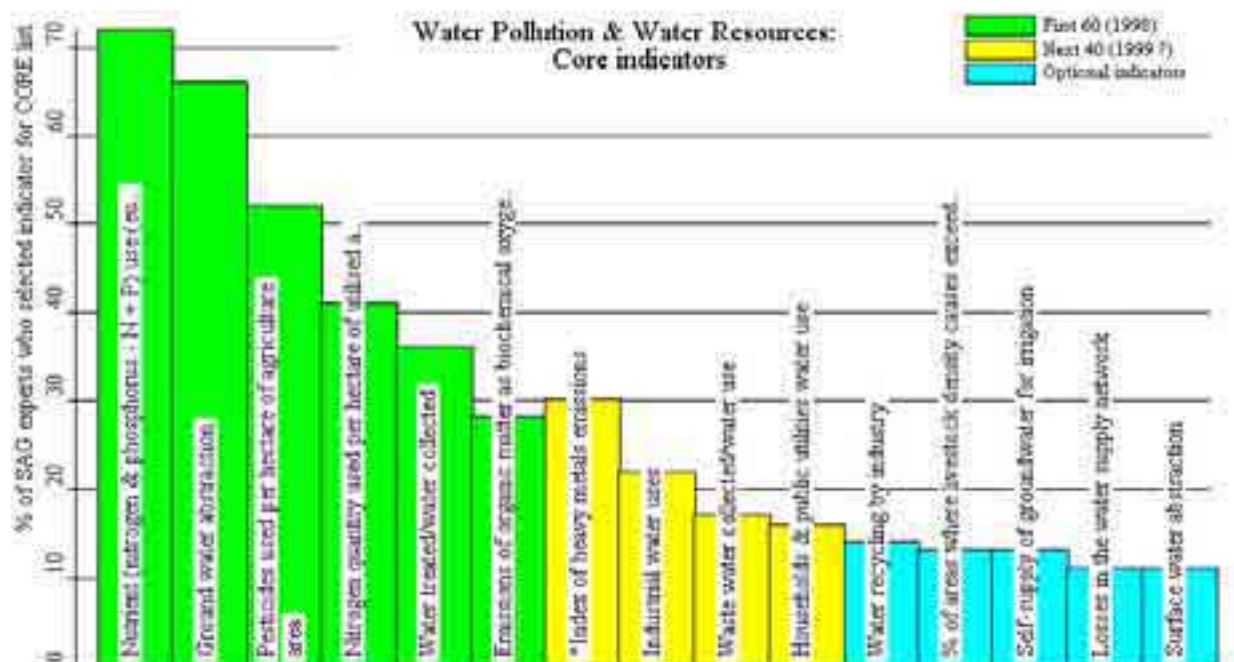


Fig. 10

APPENDICE III

Indicatori di trasporto

Air Indicators

Rank	Indicator
------	-----------

- 2 Destinations with direct flights in/out of airport
- 2 Weekday commercial flights in/out of airport

Alternate Indicators

Rank	Indicator
------	-----------

- 7 Pedestrian friendly streets
- 6 Ratio of bike paths to streets
- 6 Percent of street miles designated bike route miles
- 4 Total length of bicycle routes

Commute Indicators

Rank	Indicator
------	-----------

- 7 Percent of population taking each mode of transportation to work
- 5 Automobile occupancy rate
- 5 Average vehicle ridership for companies with 50+ employees
- 5 Commuters driving alone
- 5 Average commuting distance to work
- 5 People with commute time 25 minutes or less
- 5 Percent of people who live and work in city
- 4 Number of businesses cooperating with Park/Ride program

Infrastructure Indicators

Rank	Indicator
------	-----------

- 3 Waiting time at intersections with traffic signals
- 3 Condition of roads
- 3 Condition of bridges

1 Public expenditure on private transportation



Public Transit Indicators

Rank

Indicator

- 5 Ridership on fixed routes transit buses
- 5 Percentage of people choosing transit over car
- 4 Annual transit ridership per capita
- 4 Miles of fixed-route bus service
- 4 Number of minutes between buses on scheduled routes
- 3 Percent who perceive public transit unsafe
- 3 Number of transit-rider trips per capita
- 3 Percent of transit service miles to total street miles
- 2 Transit revenues per transit-rider trip, inflation adjusted
- 1 Cost per transit-rider trip, inflation adjusted
- 1 Public expenditure on public transit



Vehicle Indicators

Rank

Indicator

- 7 Vehicle miles traveled
- 7 Vehicles per household
- 7 Population versus vehicle miles traveled
- 6 Percent of city fleet converted to reduced emission fuels
- 6 Ratio of fuel-efficient/fuel-inefficient vehicles
- 5 Modal split in vehicle type
- 5 Number of persons per registered passenger car
- 4 Vehicles entering central area by mode
- 3 Motor vehicle registration

APPENDICE IV

Checklist per la valutazione dell'importanza di un indicatore di sostenibilità

The sustainable community indicator checklist consists of the following 14 questions:

1. Does the indicator address the carrying capacity of the natural resources, both renewable and nonrenewable, whether local or from distant sources?
2. Does the indicator address the carrying capacity of the ecosystem services upon which the community relies, whether local, global, or from distant sources?
3. Does the indicator address the carrying capacity of the esthetic qualities - the beauty and life-affirming qualities of nature - that are important to the community?
4. Does the indicator address the carrying capacity of the community's human capital - the skills, education, health and natural abilities of people in the community?
5. Does the indicator address the carrying capacity of the community's social capital - the connections between people in a community: the relationships of friends, families, neighborhoods, social groups, businesses, governments and their ability to cooperate, work together?
6. Does the indicator address the carrying capacity of a community's built capital - the ability to maintain and enhance the community's infrastructure, buildings, parks, playgrounds, and support systems - with existing resources?
7. Can the community at large understand and use the indicator?
8. Does the indicator provide a long-term view of the community?
9. Does the indicator measure diversity - economic, social or biological?
10. Does the indicator measure equity - intra-generational or inter-generational?
11. Does the indicator measure a link between economy and environment?
12. Does the indicator measure a link between environment and society?
13. Does the indicator measure a link between society and economy?
14. Does the indicator focus on local sustainability at the expense of global sustainability? If the answer to this last question is yes, then the indicator is automatically disqualified.

APPENDICE V

Indicatori di trasporto di alcune comunità nell'America del Nord

Rank	Indicator
9	CO2 emissions from transportation
	<div>Used by:</div> Healthy City Office - Corporation of the City of Toronto <div>Data source:</div> City of Toronto, Department of Public Works and the Environment
9	Acreage of land used for streets
	<div>Used by:</div> South Puget Sound - Sustainable Community Roundtable <div>Data source:</div> Unspecified
9	Percent of new residential lots within 1/4 mile of services
	<div>Used by:</div> Missoula City-County Health Department <div>Data source:</div> Office of Planning and Grants, County Surveyors' Office
7	Gasoline consumption per capita
	<div>Comment:</div> Does not show effect of increased population on total gasoline consumption. <div>Used by:</div> South Puget Sound - Sustainable Community Roundtable <div>Data source:</div> Unspecified
7	Vehicle miles traveled
	<div>Comment:</div> Model assumptions?. <div>Used by:</div> Sustainable Seattle <div>Data source:</div> WA Department of Transportation Healthy City Office - Corporation of the City of Toronto Municipality of Metropolitan Toronto, Planning Department
7	Pedestrian friendly streets
	<div>Used by:</div> City of Richmond <div>Data source:</div> City of Richmond Sustainable Seattle Seattle Engineering Department
7	Percent of population taking each mode of transportation to work
	<div>Used by:</div> Alberta Treasury <div>Data source:</div> Municipal transportation surveys City of Richmond Greater Vancouver Travel surveys Silicon Valley - Working Partnerships USA RIDES for Bay Area Commuters

7	Vehicles per household	Used by: City of Richmond	Data source: Insurance Corporation of British Columbia
7	Population versus vehicle miles traveled	Used by: United States EPA Region 3	Data source: EPA OAQPS; US Census
7	Per capita consumption of fossil fuel by motor vehicle transport	Used by: United Nations Commission on Sustainable Development	Data source: proposed
6	Ratio of bike paths to streets	Used by: South Puget Sound - Sustainable Community Roundtable	Data source: Unspecified
6	Percent of street miles designated bike route miles	Used by: City of Pasadena	Data source: Unspecified
6	Percent of city fleet converted to reduced emission fuels	Used by: City of Santa Monica	Data source: Unspecified
6	Ratio of fuel-efficient/fuel-inefficient vehicles	Comment: Data not available. Used by: South Puget Sound - Sustainable Community Roundtable	Data source: Unspecified
5	Automobile occupancy rate	Used by: City of Pasadena Healthy City Office - Corporation of the City of Toronto	Data source: Unspecified City of Toronto, Department of Public Works and the Environment
5	Ridership on fixed routes transit buses	Used by: Community Planning Council of Greenville County	Data source: Greenville Transit Authority, SC State Data Center
5	Average vehicle ridership for companies with 50+ employees	Used by: City of Santa Monica	Data source: Unspecified
5	Commuters driving alone	Comment: A better measure may be the average distance traveled to meet basic, daily needs.	

	<p>Used by: South Puget Sound - Sustainable Community Roundtable</p> <p>Data source: Thurston Regional Transportation Plan, Intercity Transit Survey</p>
5	<p>Average commuting distance to work</p> <p>Used by: Alberta Treasury</p> <p>Data source: Municipal transportation surveys</p>
5	<p>People with commute time 25 minutes or less</p> <p>Used by: Jacksonville Community Council Inc.</p> <p>Data source: Unspecified</p>
5	<p>Percent of people who live and work in city</p> <p>Used by: Healthy City Office - Corporation of the City of Toronto</p> <p>Data source: City of Toronto, Planning and Development Department</p>
5	<p>Percentage of people choosing transit over car</p> <p>Used by: Healthy City Office - Corporation of the City of Toronto</p> <p>Data source: Toronto Transit Commission</p>
5	<p>Modal split in vehicle type</p> <p>Used by: Healthy City Office - Corporation of the City of Toronto</p> <p>Data source: City of Toronto, Department of Public Works and the Environment</p>
5	<p>Number of persons per registered passenger car</p> <p>Comment: Doesn't take into account how much those cars are being driven.</p> <p>Used by: Pierce County</p> <p>Data source: WA Department of Licensing; WA Office of Financial Management</p>
4	<p>Percent traffic injuries to cyclists/pedestrians</p> <p>Used by: Healthy City Office - Corporation of the City of Toronto</p> <p>Data source: City of Toronto, Department of Public Works and the Environment</p>
4	<p>Total length of bicycle routes</p> <p>Comment: Provision of cycle facilities does not necessarily lead to increased use of bicycles for transport.</p> <p>Used by: Fife Regional Council</p> <p>Data source: Fife Regional Council (English Department), Cycle Touring Club</p> <p>Hamilton-Wentworth Regional Council</p> <p>Region of Hamilton -Wentworth, Transportation Department</p>
4	<p>Annual transit ridership per capita</p>

Used by: Hamilton-Wentworth Regional Council	Data source: Hamilton Street Railway Company
Jacksonville Community Council Inc.	Unspecified
Silicon Valley - Working Partnerships USA	Valley Transit Authority and Caltrans

4 Miles of fixed-route bus service

Used by: Community Planning Council of Greenville County	Data source: Greenville Transit Authority
Jacksonville Community Council Inc.	Unspecified

4 Number of businesses cooperating with Park/Ride program

Used by: City of Pasadena	Data source: Unspecified
---	------------------------------------

4 Number of minutes between buses on scheduled routes

Used by: Jacksonville Community Council Inc.	Data source: Unspecified
--	------------------------------------

APPENDICE VI

La lista degli indicatori proposta comprende i principali indicatori determinanti, di pressione e di risposta, finalizzati a rappresentare e monitorare i problemi ambientali del settore trasporti, al fine di misurare il progresso di una comunità verso obiettivi di trasporto sostenibile. Per alcuni indicatori tradizionali esiste una ampia disponibilità di dati, per altri (introdotti più recentemente e di difficile quantificazione) i dati sono sporadici e legati alle singole comunità. Tra questi ultimi citiamo in particolare la frammentazione degli habitat dovuta alle infrastrutture lineari, la perdita di aree protette (con perdita di biodiversità), l'accessibilità ai servizi di base (attraverso la lunghezza e il tempo medio di viaggio per persona, per modalità e finalità. Un altro indicatore fondamentale sarebbe quello che misura la quota di costi esterni coperti dalle entrate dovute a tasse e pedaggi stradali.

Tabella 1. - Indicatori di pressione

TEMATICA		INDICATORE	
1	Inquinamento dell'aria	AP1	Emissioni di NO _x
		AP2	Emissioni di NMVOCs
		AP3	Emissioni di SO ₂
		AP4	Emissioni di particolato (PTS)
		AP5	Consumo di combustibile per autotrazione
		AP6	Consumo di energia primaria (lorda)
		AP	Emissioni per pax-km e per ton-km per emissioni di CO ₂ , NO _x , NMVOC, PM ₁₀ , SO _x .
		AP8	Emissioni totali di composti organici persistenti (POPs)
2	Cambiamenti climatici	CC1	Emissioni di CO ₂
		CC2	Emissioni di CH ₄
		CC3	Emissioni di N ₂ O
		CC5	Emissioni di NO _x
		CC6	Emissioni di SO _x
		CC7	Emissione di particolato (PTS)
		CC9	Emissione di NMVOC per anno e per settore
3	Perdita di Biodiversità	LB1	Perdita di aree protette, danni e frammentazione
			Prossimità delle infrastrutture stradali alle aree protette
		LB2	Perdita di zone umide
		LB4	Frammentazione di foreste e di paesaggio da strade/intersezioni
		LB5	Diminuzione della superficie occupata da foreste a carattere naturale o seminaturale
		LB6	Cambiamento di pratiche agricole tradizionali
		LB8	Uso di pesticidi
		LB10	Perdita di sponde di fiume attraverso la cementificazione

Tabella 1. - Continuazione indicatori di pressione

TEMATICA		INDICATORE	
4	Riduzione dello strato di ozono	OD1	Emissioni di Bromofluorocarburi (halons)
		OD2	Emissioni di CFC
		OD3	Emissioni di HCFC
		OD4	Emissioni di CO ₂
		OD5	Emissioni di NO _x
		OD8	Emissioni di CH ₄
		OD9	Emissioni di N ₂ O
5	Esaurimento delle risorse	RD2	Uso di energia pro capite
			Efficienza nel consumo energetico per passeggero e merce trasportata
		RD3	Aumento del territorio occupato in modo permanente dalle infrastrutture stradali
		RD7	Uso di combustibili fossili
6	Dispersione di sostanze tossiche	TX2	Emissioni di sostanze inquinanti organiche persistenti (POPs)
		TX4	Emissioni di metalli pesanti in acqua
		TX5	Emissioni di metalli pesanti in aria
		TX7	Emissioni di metalli pesanti per usura
7	Problemi ambientali urbani	UP1	Consumo di energia
		UP4	Quota di trasporto automobilistico privato
			Percentuale di spostamenti brevi sul totale degli spostamenti (ad es. <5km)
		UP5	Popolazione esposta a rumore
			Densità della popolazione nelle città
		UP6	Uso del suolo: Cambiamento da area naturale ad area edificata
8	Rifiuti	WA1	Rifiuti totali smaltiti in discarica
		WA2	Rifiuti totali inceneriti
		WA3	Produzione di rifiuti pericolosi
		WA4	Produzione totale e pro capite di rifiuti urbani
		WA6	Rifiuti riciclati/materiale recuperato
9	Inquinamento delle acque e delle risorse idriche	WP7	Indice di emissione di metalli pesanti per metallo
		WP9	Acqua totale di scarico raccolta/acqua usata
		WP11	Acqua riciclata usata nell'industria dei trasporti
10	Rischi tecnologici		N° di incidenti notificati nel settore
11	Paesaggio e patrimonio culturale		Trasformazione degli ambiti naturali e storico culturali

Tabella 2. - Lista degli indicatori Determinanti (*Driving force*)

Performance ambientale dei trasporti	
1	Consumo totale di energia dei trasporti e consumo di energia primaria e percentuale sul totale (fossile, nucleare, rinnovabile) per modalità
2	Trasporto passeggeri per modalità e finalità: <ul style="list-style-type: none"> • passeggeri totali • totale passeggeri-km • passeggeri-km pro capite • passeggeri-km/PIL (Intensità di trasporto)
3	Trasporto merci per modalità e finalità: <ul style="list-style-type: none"> • ton totali • ton-km totali • ton-km pro capite • ton-km/PIL (Intensità di trasporto)
Determinanti del sistema trasporti/ambiente	
4	Tempo e lunghezza media di viaggio per modalità, finalità (pendolarismo, acquisti, tempo libero) e località (urbana/rurale)
5	Accessibilità ai servizi di trasporto, ad es.: <ul style="list-style-type: none"> • numero di autoveicoli per famiglia • % di persone che ha accesso ai trasporti pubblici entro i 500 metri
6	Capacità delle reti di infrastrutture di trasporto, per modalità e tipo di infrastruttura (autostrade, strade statali, provinciali, comunali)
7	Prezzo del carburante e tasse
8	Spese per la mobilità personale per persona e per reddito
9	Efficienza energetica globale per il trasporto di passeggeri e merci (per pax-km e per ton-km e per modalità)
10	Percentuale di occupazione degli autoveicoli privati
11	Fattori di carico per il trasporto merci su strada
12	Assunzione di carburanti più puliti (benzina senza piombo, auto elettriche, carburanti alternativi) e numero di veicoli alimentati in modo alternativo
13	Dimensione del parco veicoli e loro età media: <ul style="list-style-type: none"> • N° di automobili procapite • N° di automobili di età >10 anni
14	Percentuale del parco veicoli che rientra in certi standard di emissione per l'aria e per il rumore (per modalità)

Tabella 3. - Indicatori di Risposta

1	Investimenti nelle infrastrutture di trasporto/capita e per modalità
2	Tasse e imposte sui trasporti
3	Sussidi: <ul style="list-style-type: none"> • sussidi spesi per il trasporto privato • sussidi spesi per il trasporto pubblico
4	Proporzione dei costi delle infrastrutture e quelli ambientali (inclusi i costi di congestione) coperti dal prezzo dell'opera
5	Numero degli Stati Membri che attuano una strategia di trasporto integrato
6	Numero degli Stati Membri che hanno un sistema di monitoraggio del trasporto nazionale e dell'ambiente
7	Assunzione della valutazione ambientale strategica nel settore trasporti
8	Assunzione di sistemi di gestione ambientale da parte delle Società di Trasporti
9	Consapevolezza e comportamento pubblico: <ul style="list-style-type: none"> • Interventi per la formazione ambientale • Partecipazione dei cittadini alle decisioni in materia di trasporti e uso del territorio
10	Efficienza del trasporto pubblico: <ul style="list-style-type: none"> • densità della rete • densità della rete/lunghezza della rete viaria • velocità commerciale • frequenza delle corse, puntualità e comfort
11	Strade amiche dei pedoni: <ul style="list-style-type: none"> • lunghezza della rete viaria • lunghezza totale delle piste ciclabili in km e in % rispetto alla lunghezza totale delle strade • isole pedonali • zone a traffico limitato
12	Parcheggi: <ul style="list-style-type: none"> • n° di posti auto/abitante
13	Attuazione del Piano Urbano del Traffico
14	Interventi di bonifica acustica attiva e passiva
15	Interventi di riqualificazione del parco veicoli: <ul style="list-style-type: none"> • mitigazione e/o riduzione delle emissioni di rumore
16	Investimenti pubblici e privati per l'innovazione tecnologica (tesa a ridurre i consumi)
17	Investimenti pubblici per l'acquisto di veicoli a tecnologia pulita
18	Interventi per la sicurezza: <ul style="list-style-type: none"> • Sicurezza dei pedoni e delle biciclette • Riduzione degli incidenti stradali (miglioramento delle infrastrutture, affinamento dei sistemi di sicurezza attiva e passiva dei veicoli, modifica dei comportamenti, ecc.)

Tabella 3.1 - Continuazione indicatori di Risposta

19	Costo/km del trasporto pubblico
20	N° di Programmi di Riqualificazione Urbana e Sviluppo Sostenibile del Territorio (PRUSST)
21	Interventi per migliorare la qualità del servizio dei trasporti per i non guidatori: <ul style="list-style-type: none">• Tempo impiegato per raggiungere i centri di attività commerciale, di lavoro e d'istruzione