

# Determinanti della crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> in Italia

*Laura Cozzi, Enzo Di Giulio*  
*Scuola Superiore Enrico Mattei - Eni*

## **ABSTRACT**

This article focuses on the relationship between the Italian economy and CO<sub>2</sub> emissions in the 1975-1995 period. In order to obtain a clear understanding of their link, a sectoral decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emissions, based on Laspeyres index analysis, were calculated. Building on the analysis of the main causes of the CO<sub>2</sub> emissions increase, qualitative reflections are made in order to individuate the more appropriate areas of action to respect the target that the Kyoto Protocol assigns to Italy.

## **ABSTRACT**

L'articolo analizza la relazione tra la crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> e l'economia italiana dal 1975 al 1995. L'analisi di questo legame è condotta attraverso una decomposizione delle cause della crescita delle emissioni per settori basata sugli indici di Laspeyres. A partire da questa analisi, vengono fatte delle riflessioni qualitative per determinare le aree di intervento più efficaci al fine di centrare l'obiettivo che il Protocollo di Kyoto assegna all'Italia.

Quali sono state le cause della crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> in Italia negli ultimi due decenni? Quali settori hanno maggiormente contribuito ad esse? Come hanno influito la crescita economica e la trasformazione dell'economia nazionale sul loro andamento? E che ruolo hanno avuto l'intensità energetica e la sostituzione tra combustibili? Questo articolo cerca di rispondere a tali domande. Attraverso un'analisi di decomposizione basata sulla metodologia degli indici di Laspeyres, esso individua e pesa, *ceteris paribus*, le cause della crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> negli anni dal 1975 al 1995. Accanto a tale analisi quantitativa, che ne costituisce l'obiettivo principale, l'articolo è corredato di informazioni sintetiche sulle caratteristiche base dei singoli settori e di riflessioni

qualitative sulla politica energetico-ambientale che l'Italia dovrà attivare per soddisfare il vincolo di Kyoto.

## 1 - INTRODUZIONE

Gli andamenti dell'offerta totale di energia primaria (TPES nel seguito) dal 1960 al 1996, suddivisa per cinque settori (industria, energia, trasporti, residenziale e altri settori (1)), sono riportati in Fig.1. Dal grafico emergono tre considerazioni: in 36 anni l'offerta di energia primaria in Italia è pressoché quadruplicata; i settori energia e trasporti hanno progressivamente assunto la quota più rilevante di consumi mentre l'industria e il residenziale hanno assottigliato il loro peso. Il petrolio, che già negli anni '60 rivestiva il ruolo di fonte più utilizzata intorno al 47% sul totale, ha accresciuto fortemente il suo peso nel ventennio seguente, per poi stabilizzarsi attorno ad una quota del 60% negli anni '90. Gli aumenti della domanda di energia sono stati progressivamente soddisfatti dal gas naturale, che dal '60 ad oggi ha raddoppiato il suo peso passando da circa il 15% a circa il 30% del totale. Il complementare a 100 è stato soddisfatto con quote decrescenti di carbone (attualmente solo il 6%) e con fonti rinnovabili, sostanzialmente idroelettrico.

L'andamento delle emissioni di CO<sub>2</sub> discende direttamente dall'andamento dell'offerta di energia e dal mix di combustibili con cui è stata soddisfatta. Come evidenziato in Fig. 2, i settori energia e trasporti hanno causato una crescente quota di emissioni, la maggior parte delle quali sono dovute alla combustione del petrolio e dei suoi derivati.

## 2 - METODOLOGIA

La metodologia utilizzata decompone le emissioni annue di CO<sub>2</sub> secondo la seguente identità:

$$C = Y \sum_{ij} \left( \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \right) \left( \frac{E_{ij}}{E_i} \right) \left( \frac{E_i}{Y_i} \right) \left( \frac{Y_i}{Y} \right)$$

dove C rappresenta le emissioni di CO<sub>2</sub>, Y il livello di attività ed E l'energia primaria. Le sommatorie sono estese agli *i* settori dell'economia (industria, energia, trasporti, residenziale e altri settori) ed alle *j* fonti fossili di energia primaria (gas, carbone e petrolio). In altri termini, la formula lega le emissioni di CO<sub>2</sub> di un certo anno al livello di attività (Y), alle emissioni di CO<sub>2</sub> per unità di energia all'interno di

un settore ( $C_{ij}/E_{ij}$ ), al fuel mix all'interno di un settore ( $E_{ij}/E_i$ ), all'intensità energetica di un settore ( $E_i/Y_i$ ) ed alla struttura dell'intera economia ( $Y_i/Y$ ).

Partendo da tale decomposizione, vengono spiegate le variazioni percentuali delle emissioni, su un periodo dato, attraverso gli indici di Laspeyres, come implementati in Schipper et al. 1997. Gli indici di Laspeyres permettono di identificare le cause determinanti delle variazioni nelle emissioni, in un intervallo temporale dato, attraverso la valutazione dei seguenti effetti:

- **Livello di attività:** che misura la variazione percentuale che avrebbero avuto le emissioni di CO<sub>2</sub> se, *ceteris paribus*, fosse variato solo il livello di attività (2). Questo effetto cattura la spinta che la crescita dà al livello delle emissioni;
- **Struttura:** che misura la variazione percentuale che avrebbero avuto le emissioni di CO<sub>2</sub> se, *ceteris paribus*, fosse variata solo la struttura del settore e/o dell'economia (3). Esempi del legame che cattura questo effetto sono la diminuzione delle emissioni che si verifica in un'economia che espande i settori "leggeri" (ad es. servizi) a discapito dei settori "pesanti" (ad es. industria siderurgica) o il settore trasporti che disincentiva l'utilizzo della gomma a favore del ferro;
- **Intensità energetica:** che misura la variazione percentuale che avrebbero avuto le emissioni di CO<sub>2</sub> se, *ceteris paribus*, fosse variata solo l'intensità energetica del settore e/o dell'economia (4);
- **Fuel mix:** che misura la variazione percentuale che avrebbero avuto le emissioni di CO<sub>2</sub> se, *ceteris paribus*, se fosse variato solo il fuel mix del settore e/o dell'economia. Si ipotizza cioè che l'unico cambiamento avvenuto nell'intervallo temporale considerato sia la composizione del mix di combustibili;
- **Utility mix:** che misura la variazione percentuale che, *ceteris paribus*, avrebbero avuto le emissioni di CO<sub>2</sub> se fossero variate le sole emissioni per unità di energia di un settore o dell'intera economia. Tale variazione nel contenuto di carbonio per unità di energia (a parità di fuel mix), è possibile quando all'interno di un settore, nell'intervallo di tempo considerato, avviene uno *switch* all'interno di un combustibile, ad esempio da brown coal ad hard coal.

Questi cinque effetti sono stati calcolati per l'intervallo temporale 1975-95, e per i tre sotto-periodi 1975-85, 1985-91 e 1991-95 (5). Per ciascun intervallo il valore dell'effetto è valutato rispetto ad

un anno base (rispettivamente 1975, 1975, 1985, 1991), nel quale il valore dell'indice è normalizzato a 100%.

### **3 - Decomposizione settoriale**

In questa sezione vengono mostrati i risultati della decomposizione per ciascuno dei cinque settori considerati e per i quattro intervalli di tempo.

I dati su TPES, sulle emissioni e sui coefficienti di emissione cui si è fatto riferimento per le elaborazioni provengono dalla base dati dell'IEA (IEA 1997 (a), 1998 (b), (c), (d) ). I dati riguardanti il valore aggiunto provengono dalla base dati del Centro Studi Confindustria, su dati ISTAT.

#### **3.1 Industria**

##### *Caratteristiche base*

Il settore industriale è caratterizzato, dalla fine degli anni '80, da una stabilità della TPES che si è attestata intorno alle 30 mil. tonn. (vedi. Fig. 1). L'andamento delle percentuali di fonti primarie che soddisfano la TPES è mostrata in Tab. 1. Si può notare che i cambiamenti più rilevanti riguardano la crescita della quota del gas (dal 28% nel 1960 al 53% nel 1995), la diminuzione del carbone (dal 19% all'8%) e la diminuzione della quota di petrolio che dal 49% nel 1985 arriva al 39% nel 1995. In Fig. 3 è rappresentata l'intensità energetica, il cui andamento è pressoché stato sempre decrescente. In particolare, nel periodo 1970-95, il valore si è dimezzato. Per quanto riguarda invece il valore delle emissioni per unità di energia, l'andamento temporale presenta continue discontinuità intorno al valore medio di 2,96 tonn. CO<sub>2</sub>/tep, causate da variazioni del fuel mix. L'entità delle emissioni di CO<sub>2</sub> del settore industriale ha raggiunto un picco nel 1974 (116 mil.tonn.) e si è progressivamente stabilizzata, dal 1988 al 1995, intorno al valore di 86 mil.tonn., rappresentando il 20,2% del totale nazionale.

### *Decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>*

Nel periodo 1975-95, le emissioni provenienti dal comparto industriale italiano, come mostrato in Tab. 2 sono diminuite del 15%. L'analisi mostra che questa contrazione è stata possibile grazie all'andamento dell'intensità energetica. Infatti, se quest'ultima fosse stato l'unico fattore a variare, le emissioni sarebbero diminuite ben del 44%. Questi grandi miglioramenti nell'intensità energetica sono stati tuttavia controbilanciati da un aumento del livello di attività, che, *ceteris paribus*, avrebbe portato ad un aumento delle emissioni del 64%. Un ruolo secondario, rispetto all'intensità energetica ed all'attività, è stato invece giocato dai cambiamenti del fuel mix e dall'utility mix, il cui effetto è stato quello di ridurre le emissioni rispettivamente del 4% e del 6%. Analizzando nel dettaglio i sotto-periodi, si nota che la maggior parte della diminuzione delle emissioni è avvenuta nel decennio 1975-85 (-15%), mentre il periodo 1985-91 è stato caratterizzato da una lieve crescita (+3%) ed il periodo 1991-95 da una lieve diminuzione (-2%). Per quanto riguarda il fuel mix, l'incremento del 10% nel periodo 1975-85, conferma i dati dello *switch* dal carbone al petrolio mostrati Tab.1. In sintesi, le dinamiche di cui il settore industriale è stato protagonista nel decennio 1975-85 sono sfociate, nell'ultimo decennio, in una sostanziale stabilità di tutti gli effetti valutati. Nell'ultima riga della Tab.2, si possono leggere le variazioni dell'intensità di carbonio (pari al rapporto tra le emissioni di CO<sub>2</sub> ed il livello di attività) che confermano l'analisi sin qui condotta: nel periodo 1975-95 il valore si è dimezzato, spinto sia dalla crescita del livello di attività sia dalla diminuzione delle emissioni, e la maggior parte di questa variazione è avvenuta nel primo decennio. In altri termini, il settore industriale italiano è riuscito, pur incrementando il valore aggiunto, a diminuire sensibilmente il valore delle emissioni, ottenendo il disaccoppiamento crescita/emissioni.

## **3.2 Energia**

### *Caratteristiche base*

Il settore della produzione di energia elettrica ha progressivamente aumentato la richiesta di TPES da 40 mil. tep nel 1975 fino a 59 mil. tep nel 1995, soddisfacendo una domanda di energia elettrica costantemente in crescita. Gli ultimi 10 anni sono stati caratterizzati da cambiamenti della tecnologia

di produzione, e negli ultimi anni anche l'assetto del mercato è in costante evoluzione. In particolare gli impianti a ciclo combinato hanno sensibilmente aumentato la loro efficienza, partendo da 38%-40%, nel periodo 1960-1990, per arrivare al 55%-60% oggi. Come si evince dalla Tab.3, il petrolio continua ad essere la fonte primaria più utilizzata. La sua quota, pari al 18% nel 1960, ha raggiunto ben il 70% nel 1975, per attestarsi nel 1995 intorno al 60%. La contrazione della quota del petrolio dal '75 in poi si spiega proprio con l'utilizzo di nuove tecnologie che sempre più frequentemente hanno fatto ricorso al gas permettendogli, in un ventennio, di quadruplicare il suo peso (4% nel 1975, 16% nel 1995). Per quanto riguarda il carbone, infine, si evidenzia nell'ultimo decennio una costante perdita di punti percentuali (19% nel 1985, 12% nel 1995).

L'intensità energetica (Fig. 4), è progressivamente cresciuta da 0,55 tep/mil. Lit.'85 nel 1970 a 0,8 tep/mil. Lit.'85 nel 1995. Si deve tuttavia sottolineare che il trend crescente sembra essere stato invertito agli inizi degli anni '90, rispecchiando un aumento dell'efficienza tecnica degli impianti.

Per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub>, sono uniformemente cresciute dal 1975 (vedi Fig. 2), arrivando a 150 mil. tonn. nel 1995 (35,4% del totale nazionale). E' interessante notare che la quantità di emissioni per unità di TPES sono passate da 1,27 tonn./tep nel 1960 a 2,20 nel 1970, riflettendo la progressiva perdita d'importanza delle rinnovabili e la penetrazione del petrolio. Dal 1970 in poi il quoziente ha oscillato nel range 2,2-2,6, avvicinandosi al valore medio del settore industriale.

#### *Decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>*

L'analisi del settore energetico è mostrata in Tab.4. Nel periodo 1975-1995 le emissioni sono cresciute del 64%. Tutti gli effetti hanno giocato un ruolo di spinta al rialzo in questa crescita: l'effetto attività e l'effetto intensità energetica hanno contribuito in modo assai rilevante (rispettivamente il 22% e il 21%) ma anche il fuel mix, con un valore pari al 12%, ha spinto le emissioni verso l'alto. Modesto invece il contributo dell'utility mix, pari solo al 2%. E' importante sottolineare che la penetrazione del gas non è stata sufficiente ad abbassare in modo sensibile l'effetto del fuel mix, essendo controbilanciata da una rilevante quota di carbone, il cui coefficiente di emissione è sensibilmente più elevato di quello del gas.

L'analisi dei sotto-periodi mostra una crescita delle emissioni piuttosto uniforme nel tempo, benché la dinamica degli effetti sia differenziata. Il decennio 1975-1985 è stato infatti caratterizzato da una spinta all'aumento delle emissioni mossa principalmente dall'effetto fuel mix (+17%), in secondo luogo dall'effetto intensità energetica (+11%) ed infine dall'utility mix (+5%). In questo periodo l'effetto attività (-2%) ha leggermente controbilanciato tutti questi fattori. Nel decennio seguente (1985-95) gli effetti utility mix e fuel mix hanno avuto un peso pressoché nullo. La crescita delle emissioni è stata spinta dall'effetto attività ed in misura minore dall'effetto intensità energetica. Confermando l'analisi sin qui svolta, l'intensità di carbonio, la cui variazione tra il '75 ed il '95 è stata del 34%, ha avuto una dinamica particolarmente intensa nel primo decennio. In sintesi il contributo del settore energetico alle emissioni italiane di CO<sub>2</sub> è rilevante. Per il futuro sembrano delinearsi due vie per il disaccoppiamento crescita/emissioni: da un lato, la penetrazione di tecnologie più efficienti alimentate anche da fonti rinnovabili, dall'altro la liberalizzazione del mercato elettrico. Le recenti indicazioni dell'Unione Europea che prevedono il raddoppio della quota delle rinnovabili (EC 1996, 1997), la crescita della quota di cogenerazione (EC COM 97/481 ed EC COM 97/514) e la riforma dell'assetto del mercato elettrico (Direttiva Europea 96/92) dovrebbero spingere il settore energetico in questa direzione. I prossimi anni mostreranno se questa via è stata virtuosamente intrapresa.

### **3.3. Trasporti**

#### *Caratteristiche base*

Gli ultimi 20 anni sono stati caratterizzati da una forte crescita della mobilità sia sistematica - quale effetto della dispersione delle abitazioni e della piccola e media impresa sul territorio - che erratica - quale effetto della crescita del reddito disponibile delle famiglie e del cambiamento degli stili di vita. Inoltre, hanno inciso sulla crescita della mobilità la globalizzazione dell'economia mondiale e l'apertura di nuovi mercati e di nuovi siti di produzione. Tale aumento della mobilità si è tradotto, prevalentemente, in una crescita della mobilità stradale, la quale è aumentata del 70% tra il 1985 ed il 1995 mentre, nello stesso periodo, nelle aree urbane, l'incremento è stato pari al 120%. Nella Tab. 5 vengono mostrati, per gli anni 1975, 1990 e 1995, i dati relativi al livello di attività per quanto

concerne il trasporto persone ed il trasporto merci. E' possibile notare (Tab. 5) come tanto il dato relativo al trasporto persone (pkm) quanto quello relativo a tonnellata-km (tkm) siano caratterizzati da un forte aumento e come il loro valore nel 1995 sia circa il doppio di quello del 1975. Tale aumento nel traffico stradale ha comportato una crescita dei consumi energetici del settore trasporti, la cui quota, come si può vedere nella Fig. 1, è cresciuta negli anni (TPES pari a 39 mil. tep nel 1995). Le quote di TPES relative al trasporto persone e al trasporto merci sono rimaste pressoché invariate (1975: 68% trasporto persone, 32% trasporto merci; 1995: 66% trasporto persone, 34% trasporto merci). Per quanto concerne la struttura, essa è caratterizzata dalla crescita del modo stradale rispetto agli altri modi: nel ventennio considerato, il trasporto persone è passato dall'88% al 92% mentre il trasporto merci è passato dal 53% all'83%. Il mix energetico, che è caratterizzato dall'assoluto dominio del petrolio, è mostrato nella Tab. 6. Infine, nel 1995 le emissioni di CO<sub>2</sub> del settore erano pari a 112 mil. tonn. (26,5% del totale nazionale).

#### *Decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>*

I risultati dell'analisi sono mostrati nella Tab. 7 (6). L'incremento delle emissioni è stato pari al 97%. Tale aumento è stato originato dall'effetto livello di attività la cui crescita è stata particolarmente elevata sia per il trasporto persone che per il trasporto merci (rispettivamente 101% e 126%). L'effetto intensità energetica ha limitato, in modesta misura, la spinta legata al livello di attività: essa è diminuita, sia nel trasporto persone che in quello merci, a ragione dell'accresciuta efficienza tecnica che ha comportato una riduzione dei consumi di carburante per chilometro. Il fuel mix e l'utility mix sono pressoché costanti, e ciò riflette la sostanziale insostituibilità del petrolio nel campo della trazione. L'intensità di carbonio, come l'intensità energetica, sono diminuite nel periodo 1975-1991 mentre hanno invertito il trend nell'ultimo periodo 1991-1995. In sintesi, l'unica causa della crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> è stata la forte espansione del livello di attività.

### **3.4. Residenziale**

#### *Caratteristiche base*

La domanda di energia primaria del settore residenziale, pari a 27 mil. tep nel 1995, è stata quasi costante negli anni (nel 1973 era pari a 26 mil. tep). Al contrario, il mix delle fonti è cambiato fortemente (Tab. 9). Il carbone è diminuito dal 20% nel 1960 allo 0% nel 1995, il petrolio dal 38% al 27% mentre la quota di gas è salita dall'11% al 70%. Il peso delle rinnovabili, a parte il periodo intorno al 1960, è molto modesto. Per quanto concerne gli usi, circa 2/3 dei consumi sono dovuti al riscaldamento domestico. Circa il 90% dei 20 milioni di case abitate dispongono di un sistema di riscaldamento; il 71% delle abitazioni sono in aree fredde e solo il restante 29% è posizionato in aree calde. Circa il 54% dei sistemi di riscaldamento sono autonomi, il 27% sono centralizzati ed il restante 19% consistono in semplici apparecchi (dati tratti da D'Angelo E. et al., 1996). Nel 1995, le emissioni di CO<sub>2</sub> del settore erano pari a 65 mil tonn. (15,3% del totale nazionale).

#### *Decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>*

Tra il 1975 ed il 1995 le emissioni di CO<sub>2</sub> sono diminuite dell'11% (Tab. 9). In particolare, ha contribuito a tale decremento il sotto-periodo 1991-95, mentre tra il 1985 ed il 1991 si è verificata una crescita delle emissioni. L'effetto fuel mix ha giocato un ruolo fondamentale (-17% nel periodo 1975-95). Ciò conferma l'informazione della Tab. 8 che mostra un aumento della quota di gas, in particolare nel periodo 1985-91. Gli altri effetti hanno minore rilevanza: *ceteris paribus*, la variazione del livello di attività avrebbe causato un modesto aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub> (1975-95: +3%) mentre il cambiamento dell'intensità energetica avrebbe avuto un effetto più modesto (+1%). Infine, l'effetto utility mix, pari al -5% nel periodo 1975-85, è dovuto alla sostituzione tra combustibili caratterizzati da differenti coefficienti di emissione. Per quanto concerne l'intensità di carbonio, diminuita nel periodo 1975-95 del 14%, il suo andamento riflette quello delle emissioni di CO<sub>2</sub>, a ragione del modesto cambiamento verificatosi nel livello di attività.

In sintesi, a ragione dei cambiamenti occorsi tra fonti diverse ed all'interno dello stesso fonte, il settore residenziale è stato in grado di contenere le emissioni di CO<sub>2</sub>. In futuro, un ulteriore fattore per il controllo delle emissioni di CO<sub>2</sub> potrebbe essere un decremento dell'intensità energetica, da attuarsi sia attraverso azioni di risparmio energetico sia attraverso miglioramenti dell'efficienza tecnica.

### **3.5. Altri settori**

#### *Caratteristiche base*

Questa classe di settori raggruppa l'agricoltura, il settore commerciale e il settore pubblico. La sua quota, in termini di valore aggiunto, era pari al 73% nel 1995. La sua caratteristica fondamentale è la bassa intensità energetica (nel 1995, 0,003 migl. tep/mil Lit. 1985) derivante dall'alto valore aggiunto e dal basso consumo di energia primaria. Il consumo di elettricità del settore è intorno a 5 mil. tep. Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da un elevato livello di stabilità dei consumi energetici mentre tra il 1960 ed il 1990 gli stessi sono cresciuti quasi uniformemente passando da 1,26 a 3,54 migl. tep. Escludendo il periodo 1960-1975, nel quale la quota di carbone è diminuita fortemente, il mix di combustibili non è stato caratterizzato da cambiamenti significativi (Tab. 10). Infine, a ragione del basso consumo di energia, il contributo settoriale alle emissioni di CO<sub>2</sub> è piuttosto modesto (Fig. 2): nel 1995 le emissioni di CO<sub>2</sub> erano pari a 11 mil. tonn. (2,6% del totale nazionale).

#### *Decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>*

Nel ventennio analizzato, le emissioni di CO<sub>2</sub> sono cresciute sensibilmente (+38%). Come mostrato nella Tab. 11, tale crescita è dipesa principalmente dalla crescita del livello di attività (+68%), solo parzialmente compensato da un effetto intensità energetica negativo (-17%). I rimanenti due effetti, fuel mix ed utility mix, sono pressoché nulli. Per quanto concerne l'intensità di carbonio, essa è diminuita del 18% confermando il dato relativo all'intensità energetica.

### **4 - Decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub> dell'economia nazionale**

La decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, la cui crescita tra il 1975 ed il 1995 è stata pari al 26%, è mostrata nella Tab. 12. La principale causa di tale aumento è stata la crescita del livello di attività (+64%). Al contrario, l'effetto struttura (-16%) ha contribuito a contenere la crescita delle emissioni. La principale spiegazione sta nell'espansione dei servizi che sono caratterizzati da bassi consumi energetici e, pertanto, da un basso livello di emissioni. L'intensità energetica, il cui effetto è pari al -

15%, ha svolto un ruolo positivo nel contenere la crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tale risultato conferma il basso livello di intensità energetica italiano che, tradizionale caratteristica dell'economia nazionale, si colloca tra i valori più bassi del mondo. Al contrario, gli effetti fuel mix ed utility mix sono stati, nel complesso, insignificanti e ciò significa che, nonostante la penetrazione del gas, gli spostamenti tra fonti diverse ed all'interno della stessa fonte non hanno contribuito al contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Infine, l'intensità di carbonio è diminuita sensibilmente e ciò implica che l'Italia è stata in grado di realizzare il disaccoppiamento tra reddito ed emissioni di CO<sub>2</sub>. Questo risultato conferma il dato più generale sui paesi industrializzati nell'ambito dei quali l'Italia si caratterizza per avere uno dei valori più bassi di intensità di carbonio.

## **5 - Considerazione sulla politica energetico-ambientale**

L'analisi di decomposizione fin qui condotta offre utili indicazioni sulle possibili azioni di politica energetico-ambientale. In particolare, la considerazione dell'intensità di ogni effetto consente di definire una mappa delle aree di intervento più appropriate. La Tab. 13 sintetizza l'analisi fin qui svolta dando informazione, per ogni settore e per l'intera economia nazionale, sul grado di sfruttamento di ogni effetto. Sulla base degli andamenti passati, la tabella mostra, ripartite per settore e per effetto, le aree in cui sono auspicabili interventi. La tabella è costruita secondo il seguente criterio: un'area di intervento (area ombreggiata) viene individuata ogni volta che un effetto è caratterizzato da un basso o nullo grado di sfruttamento. Escludendo il caso dei trasporti, il grado di sfruttamento non è stato considerato per i due effetti livello di attività e struttura. Infatti, si è ritenuto opportuno non considerare tali due variabili elementi sui quali intervenire poiché eventuali azioni comporterebbero un rallentamento della crescita economica (azione sul livello di attività) oppure una complessa riorganizzazione dell'economia (azione sulla struttura). Inoltre, poiché la crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel settore dell'energia ed in quello dei trasporti è maggiore rispetto agli altri settori, essi sono stati indicati come critici, ovvero come parti dell'economia nelle quali sono auspicabili profondi interventi di politica energetico-ambientale.

Sulla base di tale analisi, emergono le seguenti indicazioni:

- i settori energia e trasporti sono i due nei quali interventi di politica sono maggiormente appropriati;
- sono auspicabili interventi sul livello di attività del settore trasporti. Un uso più attento dell'auto, ad esempio attraverso la riorganizzazione degli spostamenti casa-lavoro e del traffico urbano, potrebbe limitare il livello di attività che, come visto, è il principale responsabile della crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel settore trasporti (7);
- escludendo il settore industriale, l'intensità energetica è stata debolmente sfruttata come fattore limitante la crescita delle emissioni, in particolare nel settore energetico e residenziale dove non ha contribuito al contenimento delle emissioni (1975-95, effetti intensità energetica: rispettivamente, 21% ed 1%). Sono, pertanto, auspicabili miglioramenti nell'efficienza tecnica degli impianti (ad esempio attraverso la realizzazione di impianti di cogenerazione) ed interventi di razionalizzazione dei consumi energetici nell'ambito del settore residenziale (ad esempio, attraverso azioni di DSM). L'effetto intensità energetica potrebbe essere ulteriormente sfruttato sia nei trasporti - attraverso l'uso di motori più efficienti ed interventi volti a migliorare la regolazione del traffico ed, in generale, la circolazione stradale - che negli altri settori, attraverso il risparmio energetico;
- gli effetti fuel mix ed utility mix non sono stati pienamente sfruttati. L'esperienza del settore residenziale, nell'ambito del quale questi due effetti hanno determinato la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, conferma che essi possono svolgere un ruolo molto utile nel raggiungimento del target di Kyoto. In particolare, tale effetti potrebbero essere fortemente irrobustiti dall'espansione dell'energia rinnovabile, non solo nel settore energetico. Ciò è particolarmente importante se si pensa che la penetrazione del gas non è sufficiente, da sola, a garantire il rispetto del vincolo.

A titolo esemplificativo, è interessante fare alcune considerazioni sui nuovi indirizzi di politica energetico-ambientale confrontando i risultati dell'analisi di decomposizione con il "Programma nazionale per la riduzione delle emissioni dei gas serra" (Ministero dell'Ambiente 1998 a) contenente gli interventi che dovrebbero consentire all'Italia di raggiungere il target di Kyoto (8). Per effettuare tale confronto, le azioni proposte nel documento sono state riorganizzate collegandole all'effetto sul quale esse dovrebbero agire (Tabella 14). Si può vedere come l'energia ed i trasporti siano i settori maggiormente interessati dalle politiche. Per quanto concerne il settore energetico, si prevedono ampie riduzioni di emissioni (23,9 mil. tonn. CO<sub>2</sub> equivalenti) derivanti da sostituzioni di combustibili

(es. espansione delle rinnovabili ed ulteriore penetrazione del gas) che avranno un impatto sul fuel mix. Inoltre, miglioramenti dell'efficienza energetica dovrebbero dare luogo ad una riduzione di 13,9 mil. tonn. CO<sub>2</sub> equivalenti ed influenzare l'effetto intensità energetica. Nei trasporti, la principale riduzione delle emissioni dovrebbe provenire dall'aumento dell'efficienza derivante da nuove auto e da misure di controllo del traffico (9 mil. tonn. CO<sub>2</sub> equivalenti) - che dallo spostamento modale a favore della ferrovia e di nuove linee di trasporto urbano (10 mil. tonn. CO<sub>2</sub> equivalenti). In certa misura, anche lo spostamento all'interno delle fonti dovrebbe svolgere un ruolo positivo (4,3 mil. tonn. CO<sub>2</sub> equivalenti). Per quanto concerne tutti gli altri settori, industria inclusa, tutte le azioni dovrebbero avere un impatto sull'intensità energetica. Infine, riduzione di entità minore si legano all'assorbimento da parte delle foreste.

Dal confronto di tali dati con quanto esposto nella Tab. 13, si può notare come, in certa misura, le azioni proposte nel documento del Ministero dell'Ambiente siano coerenti con quanto emerso dall'analisi di decomposizione: la loro implementazione viene proposta proprio in quelle aree nelle quali sono auspicabili interventi di politica. Tuttavia, come si può notare, vi sono altre aree di intervento che non vengono pienamente sfruttate, in particolare azioni che - attraverso la sostituzione dei combustibili ed, idealmente, la penetrazione delle fonti rinnovabili - abbiano un'influenza sugli effetti fuel mix ed utility mix. Ed è interessante notare come la successiva versione del documento (Ministero dell'Ambiente 1998 b) attribuisca un maggior potenziale di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti (19 mil. tonn. contro i 13.8 mil. tonn. della prima versione) proprio all'espansione delle rinnovabili, ovvero all'effetto fuel mix.

Una investigazione approfondita del documento non fa parte degli scopi di questo lavoro, il cui obiettivo principale è stato quello di effettuare un'analisi di decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub> italiane ed individuare i fattori chiave della loro generazione. Sarà certamente utile, in futuro, effettuare alcune riflessioni quantitative sugli interventi di politica energetica ed ambientale proposti dal Ministero dell'Ambiente, sui loro costi, sugli aspetti di implementazione e valutare, più in dettaglio, la loro coerenza con i risultati dell'analisi di decomposizione proposta in questo articolo.

## **Bibliografia**

Contaldi M., Tosato G.C. (1998), *Sistema energetico nazionale e opzioni di riduzione delle emissioni di gas serra*, in Ministero dell'Ambiente-Ministero dell'Industria (1998).

Cozzi L., Di Giulio E. (1998), *Vincolo di Kyoto: scenari e confronti*, in "Energia" n. 4.

D'Angelo E. et al. (1996), *Consumi ed efficienza energetica nel settore residenziale*, in "Energia, ambiente e innovazione", maggio-giugno

Danielis R. (1996), *Consumi di energia ed emissioni di CO<sub>2</sub> nei trasporti in Italia*, in "Economia delle fonti di energia e dell'ambiente", n.1.

EC (1996), *Energy for the future: renewable sources of energy. Green paper for a Community strategy*, November, Brussels.

EC (1997), *Energy for the future: renewable sources of energy. White paper for a Community strategy and action plan*, November, Brussels.

EC COM 97/481 (1997), *Climate change. The EU approach for Kyoto*, Brussels.

EC COM 97/514 (1997), *A Community strategy to promote CHP and dismantle barriers to its development*, Brussels.

IEA (1997 a), *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion. A new basis for comparing emissions of a major greenhouse gas*, OECD/IEA, Paris.

IEA (1997 b), *Energy policy of IEA countries. 1997 Review*, OECD/IEA, Paris.

IEA (1997 c), *Indicators of energy use and efficiency. Understanding the link between energy and human activity*, OECD/IEA, Paris.

IEA (1997 d), *The link between energy and human activity*, OECD/IEA, Paris.

IEA (1998 a), *Electricity information 1997*, OECD/IEA, Paris.

IEA (1998 b), *Energy balances of OECD countries: 1995-1996*, OECD/IEA, Paris.

IEA (1998 c), *Energy statistics and balances: 1960/1971-1996*, OECD/IEA, Paris.

IEA (1998 d), *Energy statistics of OECD countries: 1995-1996*, OECD/IEA, Paris.

Ministero dell'Ambiente (1998 a), *Programma nazionale per la riduzione delle emissioni dei gas serra*, in "Staffetta Petrolifera", 25 luglio.

Ministero dell'Ambiente (1998 b), *Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra*, in "Staffetta Petrolifera", 17 ottobre.

Ministero dell'Ambiente-Ministero dell'Industria (1998), *Cambiamenti climatici energia e trasporti*, Atti della Conferenza Nazionale sulle Strategie per uno Sviluppo Sostenibile. Roma 13-15 nov. 1997, CUEN.

Schipper L. et al. (1997), *The evolution of carbon dioxide emissions from energy uses in industrialized countries: an end-use analysis*, in "Energy Policy", Vol. 25, Nos. 7-9.

Schipper L., Haas R. - Guest Editors - (1997), *Energy Policy - Special issue. Cross-country comparisons of indicators of energy use, energy efficiency and CO<sub>2</sub> emissions*, "Energy Policy", Vol. 25, Nos. 7-9.

## NOTE

Questo articolo è una traduzione, rivista, del lavoro di L. Cozzi ed E. Di Giulio, “Determinants of CO<sub>2</sub> growth in Italy: a Laspeyres index analysis” presentato alla 1999 ECEEE Summer Study, May 31-June 4 1999, Mandelieu, France.

(1) Le definizioni di TPES e dei settori sono coerenti con quelle adottate in IEA 1997 b e IEA 1998 c.

(2) La misura del livello di attività varia al variare del settore considerato. Per l'intera economia si è utilizzato il PIL, il valore aggiunto per l'industria e gli altri settori, il passeggero-km e la tonnellata-km per i trasporti ed infine il numero di abitanti per il residenziale.

(3) A causa della mancanza di dati il calcolo dell'effetto struttura è stato effettuato solo per l'intera economia.

(4) L'unità di misura dell'intensità energetica varia da settore a settore in dipendenza dalla misura utilizzata per il livello di attività.

(5) La scelta del 1995 come anno finale è determinata dalla disponibilità di dati IEA.

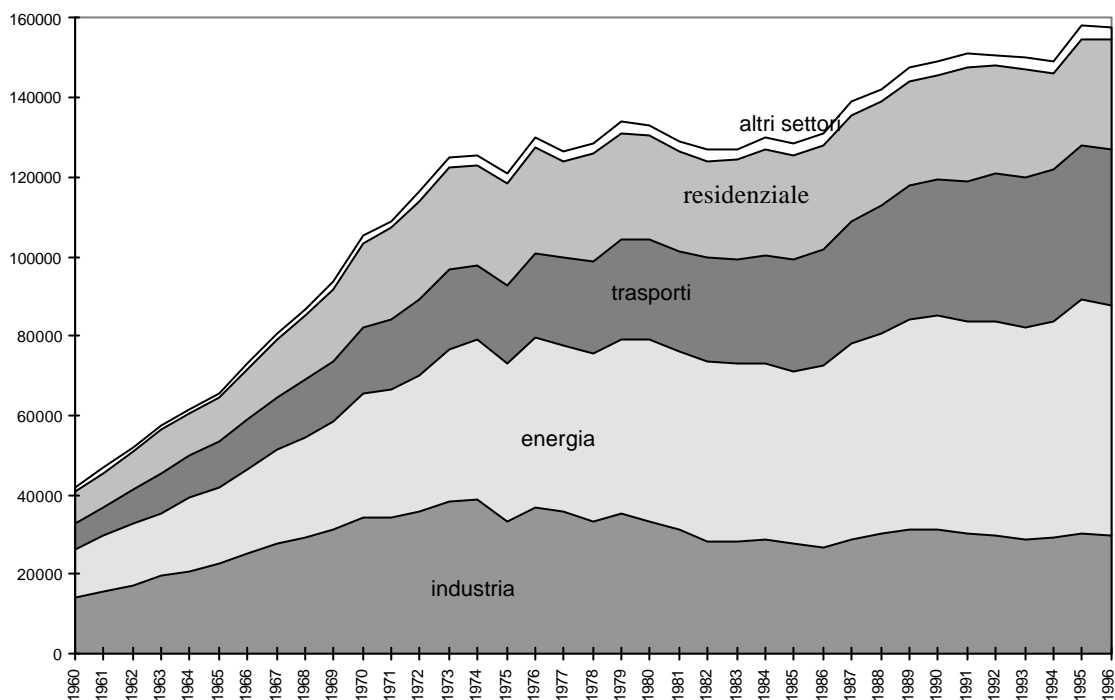
(6) A causa della mancanza di dati per l'anno 1985, gli effetti livello di attività ed intensità energetica, nonché l'intensità di carbonio, sono stati calcolati solo per il periodo 1975-1991.

(7) Come mostrato in uno studio di Danielis (Danielis R. 1996), anche l'effetto struttura - ovvero lo spostamento tra modi, non calcolato nel nostro studio - ha contribuito alla crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel caso del trasporto merci. Pertanto, anche un ricorso più ampio alla ferrovia quale strumento di trasporto merci sarebbe utile.

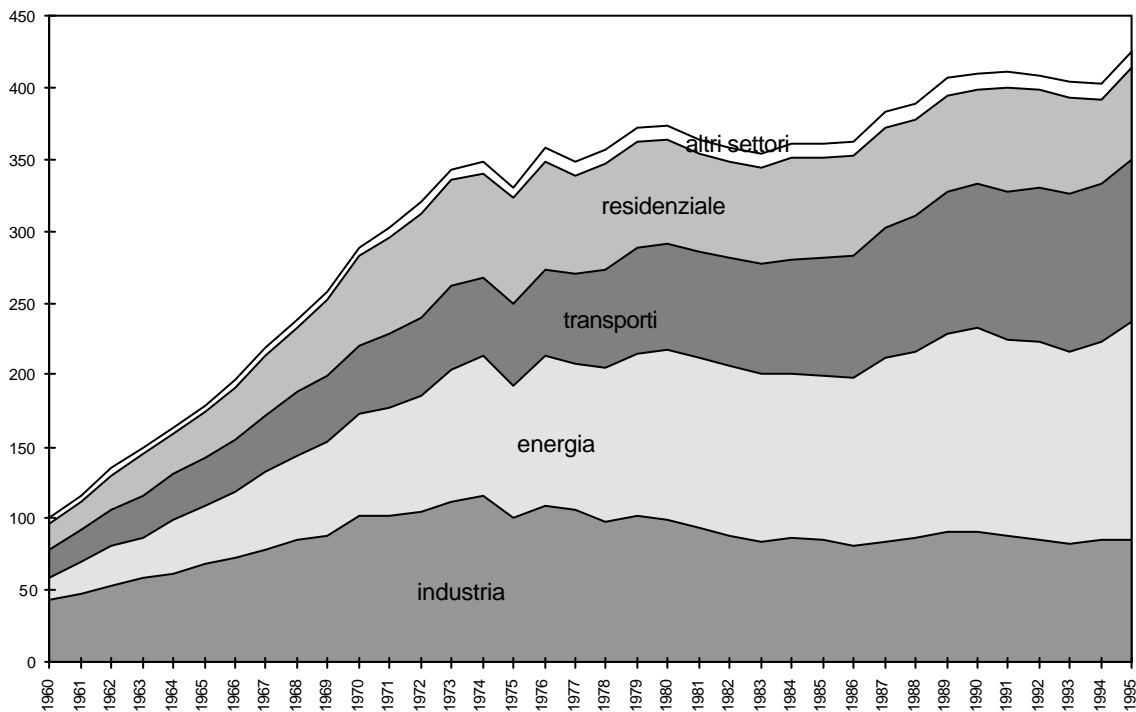
(8) Sono opportune due precisazioni: alcuni dei valori proposti nel documento sono stati lievemente modificati in una successiva versione del documento (Ministero dell'Ambiente 1998 b). Qui, si è preferito svolgere alcune considerazioni sulla prima versione del documento a ragione del maggiore livello di dettaglio che consente, diversamente dalla seconda versione, di ripartire tra i differenti effetti le riduzioni di emissioni previste. Inoltre, il documento, a differenza del nostro studio, si riferisce alle emissioni di tutti i 6 gas serra considerati nel Protocollo di Kyoto. Tuttavia, ciò sembra non essere rilevante considerando che le emissioni di CO<sub>2</sub> hanno un peso assolutamente dominante rispetto agli altri gas e che un'esatta corrispondenza delle cifre non è obiettivo di questo studio.

(9) Riduzioni di emissioni derivanti da interventi nel settore energetico che hanno un'influenza sia sull'effetto intensità energetica che sull'effetto fuel mix sono stati divisi equamente tra i due.

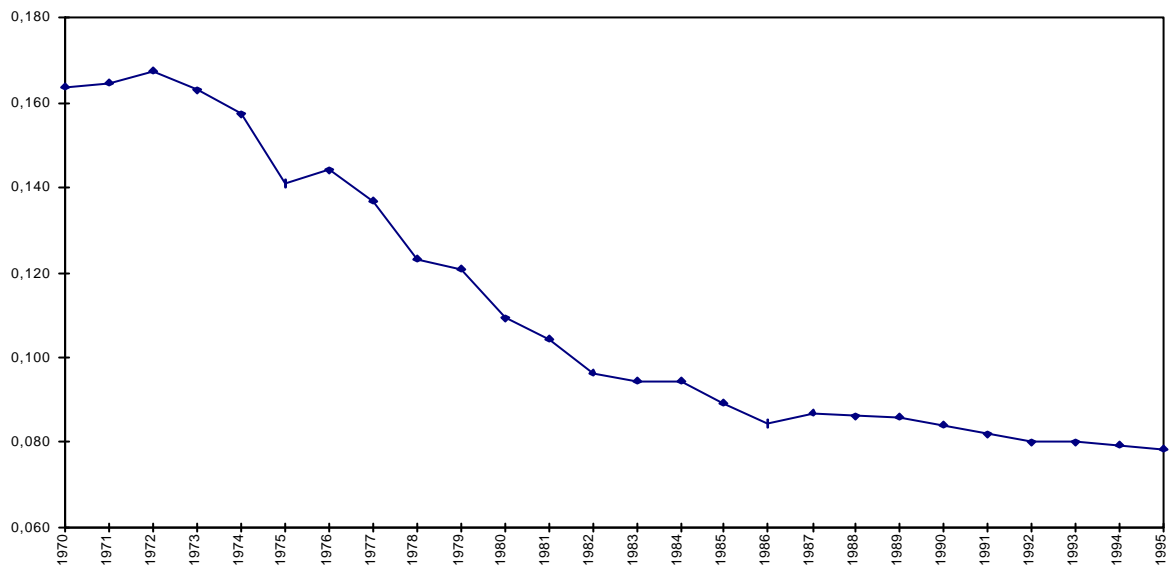
**FIGURE**



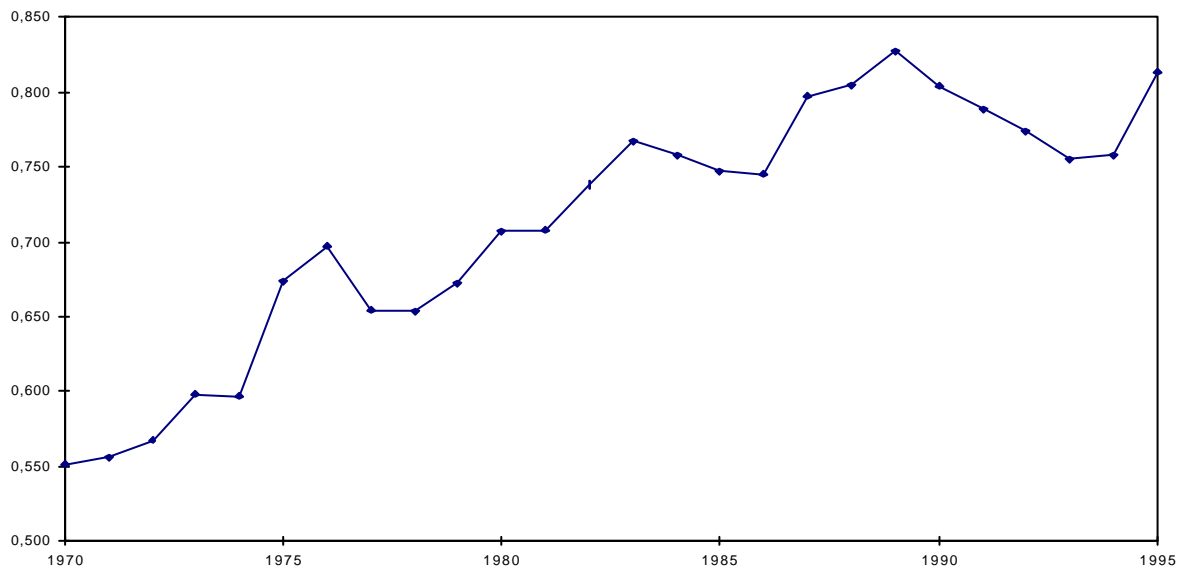
**Fig. 1: andamento di TPES per settori (mil. tep)**



**Fig. 2: andamento della CO<sub>2</sub> per settori (mil. tonn.)**



**Fig. 3: industria: intensità energetica (tep/mil. Lit. 1985)**



**Fig. 4: energia: intensità energetica (tep/mil. Lit. 1985)**

## TABELLE

**Tabella 1 - Industria: percentuale delle fonti primarie**

	<b>1960</b>	<b>1975</b>	<b>1985</b>	<b>1991</b>	<b>1995</b>
<b>Carbone</b>	19%	8%	15%	10%	8%
<b>Petrolio</b>	49%	61%	49%	41%	39%
<b>Gas</b>	28%	30%	35%	49%	53%
<b>Rinnovabili</b>	4%	1%	1%	0%	0%

*Fonte: elaborazione su dati IEA 1998 (c)*

**Tabella 2 - Industria: decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>**

<i>Industria</i>	<b>75-85</b>	<b>85-91</b>	<b>91-95</b>	<b>75-95</b>
<b>Emissioni di CO<sub>2</sub></b>	85%	103%	98%	<b>85%</b>
· <b>Effetto livello di attività</b>	133%	118%	104%	<b>164%</b>
· <b>Effetto intensità energetica</b>	63%	92%	96%	<b>56%</b>
· <b>Effetto fuel mix</b>	110%	91%	97%	<b>96%</b>
· <b>Effetto utility mix</b>	93%	105%	102%	<b>94%</b>
<b>Intensità di carbonio</b>	63%	87%	95%	<b>52%</b>

**Tabella 3 - Energia: percentuale delle fonti primarie**

	<b>1960</b>	<b>1975</b>	<b>1985</b>	<b>1991</b>	<b>1995</b>
<b>Carbone</b>	15%	7%	19%	15%	12%
<b>Petrolio</b>	18%	70%	53%	56%	59%
<b>Gas</b>	4%	4%	11%	15%	16%
<b>Rinnovabili</b>	63%	19%	17%	14%	13%

*Fonte: elaborazione su dati IEA 1998 (c)*

**Tabella 4 - Energia: decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>**

<i>Energia</i>	<b>75-85</b>	<b>85-91</b>	<b>91-95</b>	<b>75-95</b>
<b>Emissioni di CO<sub>2</sub></b>	124%	120%	110%	<b>164%</b>
· <b>Effetto livello di attività</b>	98%	117%	107%	<b>122%</b>
· <b>Effetto intensità energetica</b>	111%	106%	103%	<b>121%</b>
· <b>Effetto fuel mix</b>	117%	99%	99%	<b>112%</b>
· <b>Effetto utility mix</b>	105%	98%	100%	<b>102%</b>
<b>Intensità di carbonio</b>	127%	103%	103%	<b>134%</b>

**Tabella 5 - Trasporti: livello di attività passeggeri e merci****(mil. passeggero-km, mil. tonnellata-km )**

	<b>1975</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>
<b>pkm</b>	394	710	790
<b>tkm</b>	117	247	265

*Fonte: Danielis R. 1996; Contaldi M., Tosato G.C. 1998***Tabella 6 - Trasporti: percentuale delle fonti primarie**

	<b>1960</b>	<b>1975</b>	<b>1985</b>	<b>1991</b>	<b>1995</b>
<b>Carbone</b>	9%	0%	0%	0%	0%
<b>Petrolio</b>	88%	98%	99%	99%	99%
<b>Gas</b>	3%	2%	1%	1%	1%

*Fonte: elaborazione su dati tratti da IEA 1998 (c)***Tabella 7 - Trasporti: decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>**

<i>Trasporti</i>	<b>75-85</b>	<b>85-91</b>	<b>91-95</b>	<b>75-95</b>
<b>Emissioni di CO<sub>2</sub></b>	144%	125%	109%	<b>197%</b>
• <b>Effetto livello di attività (trasporto persone)</b>	188%		107%	<b>201%</b>
• <b>Effetto livello di attività (trasporto merci)</b>	217%		104%	<b>226%</b>
• <b>Effetto intensità energetica (trasporto persone)</b>	91%		104%	<b>95%</b>
• <b>Effetto intensità energetica (trasporto merci)</b>	96%		103%	<b>98%</b>
• <b>Effetto fuel mix</b>	100%	100%	100%	<b>100%</b>
• <b>Effetto utility mix</b>	100%	101%	98%	<b>100%</b>
<b>Intensità di carbonio (trasporto persone)</b>	96%		103%	<b>98%</b>
<b>Intensità di carbonio (trasporto merci)</b>	83%		105%	<b>87%</b>

**Tabella 8 - Residenziale: percentuale delle fonti primarie**

	<b>1960</b>	<b>1975</b>	<b>1985</b>	<b>1991</b>	<b>1995</b>
<b>Carbone</b>	20%	1%	1%	0%	0%
<b>Petrolio</b>	38%	73%	52%	34%	27%
<b>Gas</b>	11%	23%	45%	63%	70%
<b>Rinnovabili</b>	31%	3%	2%	3%	3%

*Fonte: elaborazione su dati IEA 1998 (c)***Tabella 9 - Residenziale: decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>**

<i>Residenziale</i>	<b>75-85</b>	<b>85-91</b>	<b>91-95</b>	<b>75-95</b>
<b>Emissioni di CO<sub>2</sub></b>	95%	104%	90%	<b>89%</b>
· <b>Effetto livello di attività</b>	102%	100%	101%	<b>103%</b>
· <b>Effetto intensità energetica</b>	100%	110%	92%	<b>101%</b>
· <b>Effetto fuel mix</b>	92%	93%	96%	<b>83%</b>
· <b>Effetto utility mix</b>	97%	97%	98%	<b>95%</b>
<b>Intensità di carbonio</b>	93%	104%	89%	<b>86%</b>

**Tabella 10 - Altri Settori: percentuale delle fonti primarie**

	<b>1960</b>	<b>1975</b>	<b>1985</b>	<b>1991</b>	<b>1995</b>
<b>Carbone</b>	26%	0%	0%	0%	0%
<b>Petrolio</b>	74%	100%	100%	97%	96%
<b>Gas</b>	0%	0%	0%	3%	4%

*Fonte: elaborazione su dati tratti da IEA 1998 (c)*

**Tabella 11 - Altri Settori: decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>**

<i>Altri Settori</i>	<b>75-85</b>	<b>85-91</b>	<b>91-95</b>	<b>75-95</b>
<b>Emissioni di CO<sub>2</sub></b>	128%	104%	104%	<b>138%</b>
· <b>Effetto livello di attività</b>	134%	118%	106%	<b>168%</b>
· <b>Effetto intensità energetica</b>	94%	97%	91%	<b>83%</b>
· <b>Effetto fuel mix</b>	100%	99%	100%	<b>100%</b>
· <b>Effetto utility mix</b>	102%	91%	108%	<b>101%</b>
<b>Intensità di carbonio</b>	95%	88%	98%	<b>82%</b>

**Tabella 12 - Economia nazionale: decomposizione delle emissioni di CO<sub>2</sub>**

<i>Economia nazionale</i>	<b>75-85</b>	<b>85-91</b>	<b>91-95</b>	<b>75-95</b>
<b>Emissioni di CO<sub>2</sub></b>	108%	115%	102%	<b>126%</b>
· <b>Effetto livello di attività</b>	132%	118%	105%	<b>164%</b>
· <b>Effetto struttura</b>	90%	98%	98%	<b>84%</b>
· <b>Effetto intensità energetica</b>	90%	99%	99%	<b>85%</b>
· <b>Effetto fuel mix</b>	106%	97%	99%	<b>100%</b>
· <b>Effetto utility mix</b>	99%	101%	100%	<b>99%</b>
<b>Intensità di carbonio</b>	82%	97%	97%	<b>77%</b>

**Tabella 13 - Grado di sfruttamento degli effetti ed aree di intervento**

	Industria	Energia	Trasporti	Residenziale	Altri settori	Economia nazionale
<b>Effetto livello di attività</b>			molto debolmente sfruttato			
<b>Effetto intensità energetica</b>	molto sfruttato	non sfruttato	molto debolmente sfruttato	non sfruttato	debolmente sfruttato	debolmente sfruttato
<b>Effetto fuel mix</b>	debolmente sfruttato	non sfruttato	non sfruttato	sfruttato	non sfruttato	non sfruttato
<b>Effetto utility mix</b>	debolmente sfruttato	non sfruttato	non sfruttato	debolmente sfruttato	non sfruttato	non sfruttato

*Le aree ombreggiate indicano i settori nei quali sono suggeribili interventi di politica*

**Tabella 14 - Azioni di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> designate dal Ministero dell'Ambiente (mil. tonn. CO<sub>2</sub> equivalenti)**

	Industria	Energia (9)	Trasporti	Residenziale + Altri settori	Assorbimento delle foreste	Totale
<b>Riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti</b>	15.5	37.8	23.3	21.7	2.5	100.8
·Effetto struttura			10			10
·Effetto intensità energetica	15.5	13.9	9	21.7		60.1
·Effetto fuel mix		23.9				23.9
·Effetto utility mix			4.3			4.3

*Fonte: elaborazione su dati tratti da Ministero dell'Ambiente 1998 (a)*

*Pubblicato su Energia 3/99*