



CAMBIAMENTI CLIMATICI



Nel 2009 si è registrata una crescente aspettativa nei confronti dei risultati della 15^a Conferenza delle Parti (COP-15), con l'obiettivo di definire gli elementi del nuovo accordo destinato a entrare in vigore nel periodo successivo a quello (2008-2012) a cui si riferisce il Protocollo di Kyoto.

Nel luglio 2009, al vertice G8 svoltosi a L'Aquila è stato registrato un unanime consenso sull'importanza di mantenere l'incremento della temperatura media globale entro 2°C, e sulla necessità di identificare un obiettivo globale di riduzione significativa delle emissioni di lungo termine.

Introduzione

Nel 2009 il tema dei cambiamenti climatici è stato al centro dell'attenzione dell'opinione pubblica e delle istituzioni nazionali e internazionali, con una crescente aspettativa nei confronti dei risultati della 15^{ma} Conferenza delle Parti (COP-15 Copenhagen 2009), con l'obiettivo di definire gli elementi del nuovo accordo destinato a entrare in vigore nel periodo successivo a quello (2008-2012) a cui si riferisce il Protocollo di Kyoto.

Dal punto di vista della consapevolezza dell'opinione pubblica, grande risalto è stato dato a questo tema in occasione dell'assegnazione del Premio Nobel per la Pace al Presidente USA Barack Obama (che ha fatto seguito a quello assegnato nel 2007 all'IPCC e all'ex Vice Presidente degli Stati Uniti Al Gore per il suo film "The Inconvenient Truth"). L'assegnazione del Nobel 2009 a Barack Obama ha infatti tra le sue motivazioni l'impegno del Presidente degli Stati Uniti di attribuire agli USA "un ruolo più costruttivo nella sfida ai cambiamenti climatici con cui il mondo si sta confrontando"¹.

Per quanto riguarda il confronto tra i governi in vista della COP-15, nel corso del vertice G8 svoltosi a L'Aquila nel luglio 2009, i leader mondiali hanno confermato di voler affrontare questo argomento urgentemente e in modo efficace e di volersi impegnare per il raggiungimento di un accordo a Copenhagen.

Nell'ambito del G8, i leader dei Paesi industrializzati hanno concordato sulla necessità di mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto di 2°C rispetto ai livelli pre-industriali, come da tempo richiedeva l'Unione Europea. Inoltre, è stato condiviso l'obiettivo di ridurre le emissioni globali del 50% entro il 2050, con una riduzione dell'80% da parte dei Paesi sviluppati, anche se tali riduzioni non fanno riferimento al 1990, come necessario per contenere il surriscaldamento climatico al di sotto dei 2°C. Nel contempo è stato richiesto che anche i Paesi in via di sviluppo emergenti si impegnino a modificare, riducendole, le attuali tendenze di crescita delle loro emissioni. Si è, inoltre registrato un generale consenso sulla necessità di fissare obiettivi di medio termine conformi a quelli di lungo termine, e di raggiungere il picco delle emissioni globali il più presto possibile. Il coinvolgimento

¹ http://nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2009/press.html



attivo di tutti i principali paesi emettitori, attraverso azioni di mitigazione quantificate, è stato considerato un requisito indispensabile per affrontare con successo i cambiamenti climatici.

I *leader* hanno riconosciuto il ruolo cruciale che il progresso tecnologico e di *know how* possono svolgere per le azioni di mitigazione e di adattamento nei Paesi in via di sviluppo, e per conseguire una crescita economica a basse emissioni di anidride carbonica. In questo contesto, poiché la mobilitazione di adeguate risorse finanziarie è l'elemento centrale per raggiungere a Copenhagen un accordo ambizioso e condiviso, i *leader* hanno affermato la loro volontà di contribuire a uno sforzo comune per il reperimento dei fondi necessari (pubblici e privati) attraverso iniziative nazionali e strumenti internazionali, compresa l'assistenza finanziaria.

Negli stessi giorni a L'Aquila si è riunito alla presenza del Segretario Generale delle Nazioni Unite, anche il Forum delle Maggiori Economie (*Major Economies Forum*, MEF) che include tutti i più grandi emettitori e cioè, oltre ai Paesi del G8, anche l'Australia, il Brasile, il Canada, la Cina, la Corea del Sud, l'Unione Europea, l'India, l'Indonesia, il Messico e il Sudafrica, al fine di raggiungere un accordo quanto più possibile ampio e rappresentativo sui temi più rilevanti della Conferenza di Copenhagen.

Anche in questa sede è stata riconosciuta l'importanza di mantenere l'incremento della temperatura media globale entro 2°C ma, a differenza del G8, non si è raggiunto alcun accordo né sulle riduzioni da conseguire a livello globale, né sull'entità dei finanziamenti da rendere disponibili. I *leader* dei maggiori emettitori hanno invece deciso di lavorare insieme, nei prossimi mesi fino alla COP-15, per identificare un obiettivo globale di lungo termine di riduzione delle emissioni al 2050.

I *leader* hanno concordato sulla necessità che tutti i paesi intraprendano azioni appropriate di mitigazione delle emissioni a livello nazionale: i Paesi sviluppati attueranno tempestivamente considerevoli riduzioni di medio termine, mentre i Paesi in via di sviluppo intraprenderanno azioni per assicurare una significativa deviazione dei livelli di emissione rispetto allo scenario *business as usual*.

È stato evidenziato il ruolo chiave delle maggiori economie nel promuovere l'innovazione e i *leader* hanno lanciato una *Partnership* globale per accelerare gli impegni. Si è trovato l'accordo sulla necessità di incrementare in modo consistente gli investimenti pubblici in ricerca



L'aumento della temperatura a livello globale e in Europa, osservato negli ultimi decenni, è inusuale.

L'aumento complessivo della temperatura media globale (sistema terra-oceano) al 2008 è stato di 0,7°C rispetto al livello pre-industriale.

e sviluppo, con l'obiettivo di raddoppiarli entro il 2015. I *leader* si sono impegnati a rimuovere le barriere al commercio e a creare incentivi per accelerare lo sviluppo, la diffusione e il trasferimento di tecnologie a basse emissioni di carbonio, sottolineando il ruolo del settore privato e della cooperazione internazionale. Si è registrato un ampio consenso sulla necessità di incrementare i finanziamenti per il clima, sia da fonti pubbliche sia private, anche tramite mercati del carbonio.

Trend climatici di base

Livello globale

Il riscaldamento del sistema climatico globale è oggi indiscutibile, come emerge dalle osservazioni dell'incremento della temperatura media globale atmosferica e oceanica, dallo scioglimento dei ghiacci polari (in particolare dell'Artico), dalla riduzione dei ghiacciai delle medie latitudini, (compresa anche la copertura nevosa) e dall'innalzamento del livello medio degli oceani. L'aumento della temperatura media a livello globale e in Europa, osservato negli ultimi decenni, è inusuale sia in termini di ampiezza sia di tasso di variazione.

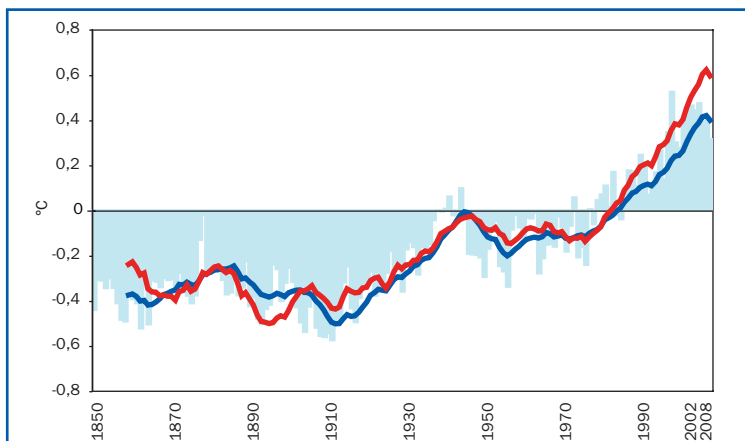
In base al Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), l'aumento complessivo della temperatura media globale (sistema terra-oceano²) al 2008 è stato di 0,7 °C rispetto al livello pre-industriale. Il tasso di riscaldamento, pari a 0,1°C per decennio negli ultimi 100 anni, è aumentato a 0,16°C per decennio negli ultimi 50 anni.

Nell'ultimo secolo (1905-2005) la temperatura media del pianeta è aumentata di 0,74 °C, con tassi di incremento via via crescenti: mentre nei decenni precedenti al 1950 aumentava a un tasso medio inferiore a 0,06°C per decennio, negli ultimi 50 anni è, invece, aumentata al tasso di 0,13°C per decennio e più recentemente (ultimi decenni) ha raggiunto il tasso di circa 0,25°C per decennio. Le analisi effettuate dalla *East Anglia University*, che includono

² In questo documento, la dicitura "terra-oceano" indica che la temperatura è calcolata tenendo conto sia della temperatura dell'aria sulla terraferma sia quella superficiale del mare, mentre la dicitura "solo terra" indica che si tratta solo della temperatura dell'aria sulla terraferma



anche i dati del 2008, indicano che, dei quattordici valori annuali con temperatura più alta a partire dal 1850, cioè da quando esistono misure strumentali della temperatura, tredici appartengono agli ultimi quattordici anni, dal 1995 al 2008³ (Figura 1.1).



Legenda: Le linee rappresentano le medie mobili su 10 anni calcolate, rispettivamente, per il sistema "terra-oceano" (blu) e per il sistema "solo terra" (rossa)

Figura 1.1: Serie delle anomalie⁴ annuali di temperatura media globale (sistema terra-oceano) dal 1850 al 2008⁵

Dei quattordici valori annuali con temperatura più alta a partire dal 1850, cioè da quando esistono misure strumentali della temperatura, tredici appartengono agli ultimi quattordici anni, dal 1995 al 2008.

Secondo le stime del *National Climatic Data Center* della NOAA, il 2008 è stato, insieme al 2001, l'ottavo anno più caldo della serie dal 1880, con una temperatura media globale terra- oceano di 0,49 °C superiore alla media del ventesimo secolo.

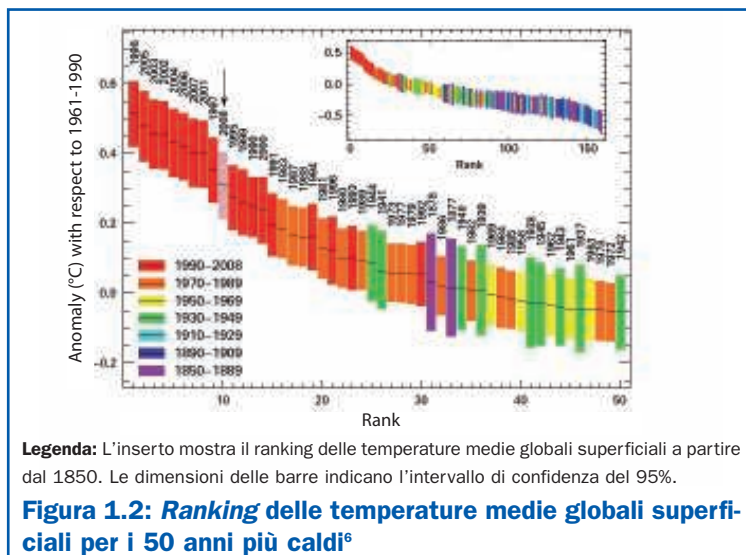
Il *ranking* della temperatura media globale superficiale per i 50 anni più caldi è illustrato nella Figura 1.2 pubblicata dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale, in cui il 2008 occupa il decimo posto; è comunque confermata, in generale, la posizione ai primi posti del *ranking* degli anni più recenti, dal 1990 al 2008.

Le proiezioni, basate sui sei scenari di emissione dell'IPCC per la fine del XXI secolo, indicano un aumento della temperatura globale da 1,8

³ EEA, http://themes.eea.europa.eu/IMS/ISpecs/ISpecification20041006175027/IAssessment1202733436537/view_content

⁴ Anomalie calcolate rispetto al periodo di riferimento 1961-1990

⁵ Fonte: *Climatic Research Unit* della *East Anglia University*



Cambiamenti nelle variabili climatiche si traducono, altresì, in un aumento della frequenza, dell'intensità e della durata di eventi estremi quali alluvioni, siccità e onde di calore.

a 4,0 °C nel periodo 2090-2099 rispetto al periodo 1980-1999⁷. Per quanto riguarda il *trend* delle precipitazioni dal 1900 al 2005, è stato osservato un aumento significativo nell'area orientale del Nord e del Sud America, nel Nord Europa e nell'Asia settentrionale e centrale, mentre una riduzione è stata rilevata nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa meridionale e in alcune parti dell'Asia meridionale.

Cambiamenti nelle variabili climatiche si traducono, altresì, in un aumento della frequenza, dell'intensità e della durata di eventi estremi quali alluvioni, siccità e onde di calore. La frequenza degli eventi di precipitazione intensa è aumentata nella maggior parte delle terre emerse, coerentemente con il riscaldamento e l'aumento del vapore acqueo atmosferico.

Infine, nel periodo 1850-2005, la temperatura superficiale del mare a livello globale è aumentata di $0,038 \pm 0,011$ °C per decennio, secondo una stima effettuata utilizzando il set di dati HadSST2 dell'*Hadley Centre*. In assenza di politiche di mitigazione, sul nostro pianeta si assisterà con ogni probabilità a un aumento della frequenza delle ondate

⁶ World Meteorological Organization (2009): *WMO statement on the status of global climate in 2008*. Report WMO, n. 1039, Geneva 2009

⁷ IPCC, 2007, *Climate Change 2007 – Fourth Assessment Report-WGI*



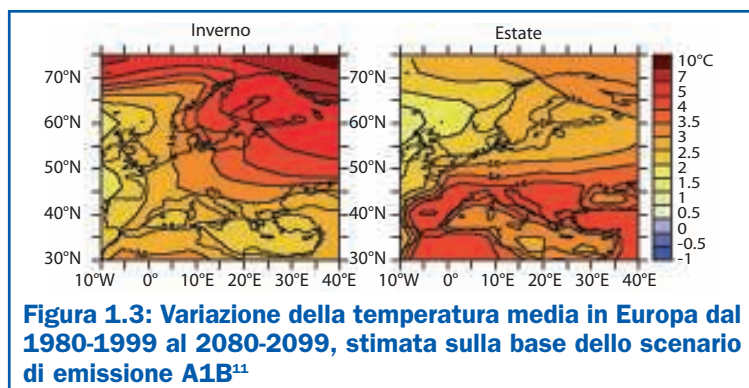
di calore e delle precipitazioni intense, a un aumento dell'intensità dei cicloni tropicali, a una diminuzione della disponibilità idrica in molte aree semi-aride come, ad esempio, il bacino del Mediterraneo, con ripercussioni significative in termini ambientali, sociali ed economici.

Europa

L'aumento della temperatura in Europa al 2008, rispetto ai valori pre-industriali, è stato circa 1,0°C per il sistema terra-oceano, 1,3°C sulla terraferma, maggiore quindi di quello globale⁸.

Le proiezioni indicano un aumento della temperatura media per la fine di questo secolo tra 1,0 e 5,5 °C. In base allo scenario A1B⁹, ad esempio, i modelli climatici globali stimano un aumento della temperatura media dal 1980-1999 al 2080-2099 compreso tra 2,3 e 5,3 °C nel Nord Europa e tra 2,2 e 5,1 °C nel Sud Europa e nelle regioni del Mediterraneo¹⁰. Ovviamente, impiegando scenari di emissione diversi, gli intervalli di aumento della temperatura stimati variano sensibilmente. Nel Nord Europa il riscaldamento maggiore è previsto durante la stagione invernale, mentre nelle regioni del Mediterraneo soprattutto in estate (Figura 1.3).

L'aumento della temperatura in Europa al 2008, rispetto ai valori pre-industriali, è stato circa 1,0 °C per il sistema terra-oceano, 1,3°C sulla terraferma, maggiore quindi rispetto a quello globale.



In base allo scenario A1B, i modelli climatici globali stimano un aumento della temperatura media dal 1980-1999 al 2080-2099 compreso tra 2,3 e 5,3 °C nel Nord Europa e tra 2,2 e 5,1 °C nel Sud Europa e nelle regioni del Mediterraneo.

⁸ EEA, http://themes.eea.europa.eu/IMS/ISpecs/ISpecification20041006175027/IAssessment-1202733436537/view_content

⁹ Scenario caratterizzato da crescita economica molto rapida, popolazione globale che raggiunge un picco massimo intorno alla metà del XXI secolo per poi diminuire, rapida introduzione di nuove e più efficienti tecnologie e distribuzione bilanciata tra le varie fonti di energia (IPCC, *Special Report on Emission Scenarios*, 2000)

¹⁰ IPCC, 2007, *Climate Change 2007 – Fourth Assessment Report-WGI*

¹¹ Fonte: IPCC, *Fourth Assessment Report*

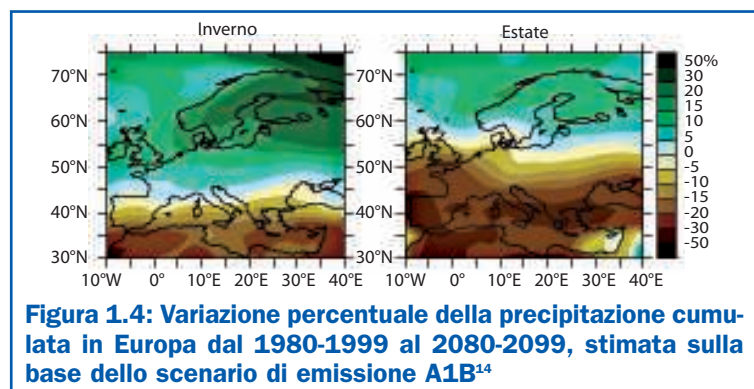


Le precipitazioni in Europa, durante il XX secolo, sono aumentate tra il 10 e il 40% nelle regioni settentrionali e diminuite fino al 20% in alcune parti dell'Europa meridionale.

In base allo scenario A1B, i modelli climatici globali stimano un aumento della precipitazione cumulata annuale dal 1980-1999 al 2080-2099 compreso tra lo 0 e il 16% nel Nord Europa e una diminuzione tra il 4 e il 27% nel Sud Europa e nelle regioni del Mediterraneo, più accentuata durante la stagione estiva.

Negli ultimi 50 anni sono stati osservati cambiamenti nella distribuzione degli estremi di temperatura e, in particolare, un aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi di caldo intenso e una diminuzione degli episodi contraddistinti dalle basse temperature. Le proiezioni indicano la continuazione di questo *trend* anche in futuro.

Per quanto riguarda le precipitazioni in Europa, durante il XX secolo è stato osservato un aumento dal 10 al 40% nelle regioni settentrionali e una diminuzione fino al 20% in alcune parti dell'Europa meridionale¹². In base allo scenario A1B, i modelli climatici globali stimano un aumento della precipitazione cumulata annuale dal 1980-1999 al 2080-2099 compreso tra lo 0 e il 16% nel Nord Europa e una diminuzione tra il 4 e il 27% nel Sud Europa e nelle regioni del Mediterraneo, più accentuata durante la stagione estiva¹³ (Figura 1.4). Occorre comunque tenere in considerazione il fatto che le proiezioni relative alle precipitazioni, a differenza di quelle di temperatura che sono piuttosto uniformi nello spazio, possono variare sensibilmente anche su distanze orizzontali ridotte, soprattutto in regioni a orografia complessa. È stato stimato inoltre un aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi di precipitazione, soprattutto nelle regioni settentrionali e un aumento dei periodi di siccità, in particolare nel Sud Europa.



¹² EEA, 2008, *Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment*. EEA Report n. 4/2008

¹³ IPCC, 2007, *Climate Change 2007 – Fourth Assessment Report - WGI*

¹⁴ Fonte: IPCC, *Fourth Assessment Report*

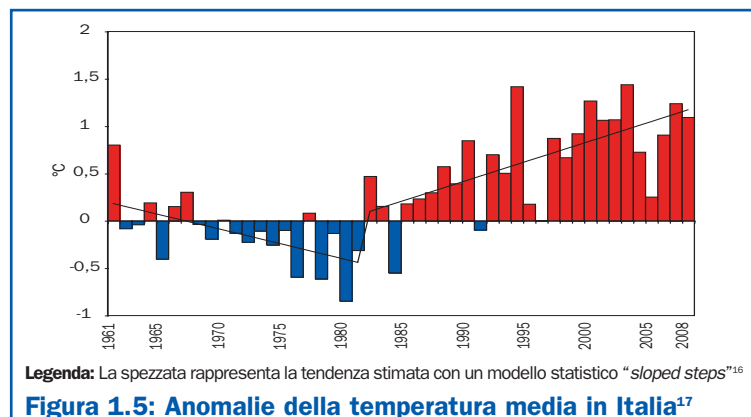


Infine, nei mari europei, la temperatura superficiale sta aumentando più rapidamente rispetto a quanto osservato a livello globale, con una velocità di aumento maggiore nei mari del Nord Europa che non nel Mediterraneo. Negli ultimi 25 anni (1982-2006), il tasso di aumento della temperatura dei mari europei è stato circa 10 volte maggiore di quello registrato dal 1871 al 2006¹⁵.

Italia

In base agli studi del CNR-ISAC (già sinteticamente illustrati in “Tematiche in primo piano” dello scorso anno), le temperature medie annuali in Italia sono cresciute negli ultimi due secoli di 1,7°C (pari a oltre 0,8°C per secolo), ma il contributo più rilevante a questo aumento è avvenuto negli ultimi 50 anni, per i quali l'aumento è stato di circa 1,4°C (pari a circa 2,8°C per secolo). Le tendenze della temperatura in Italia vengono aggiornate annualmente dall'ISPRA mediante l'omogeneizzazione di serie temporali nel periodo 1961-2008 e l'applicazione di modelli statistici, anche non lineari, di riconoscimento e stima dei trend. Si stima una diminuzione della temperatura media in Italia dal 1961 al 1981 e un successivo incremento fino al 2008, per un aumento complessivo di circa 1,0 °C (Figura 1.5)

Stime della tendenza della temperatura media in Italia nel periodo 1961-2008 evidenziano una diminuzione della temperatura media dal 1961 al 1981 e un successivo incremento fino al 2008, per un aumento complessivo di circa 1,0 °C.



Le anomalie medie annuali dal 1961 al 2008 della temperatura media rispetto al valore normale, calcolato nel periodo 1961-1990, evidenziano una diminuzione della temperatura media in Italia dal 1961 al 1981 e un successivo incremento fino al 2008, per un aumento complessivo di circa 1,0 °C.

¹⁵ EEA, 2008, *Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment*. EEA Report n. 4/2008

¹⁶ Toreti A. and Desiato F., 2008, *Temperature trend over Italy from 1961 to 2004*, *Theor. Appl. Climatology*, doi 10.1007/s00704-006-0289-6.

¹⁷ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati delle stazioni della rete AM (Aeronautica Militare)

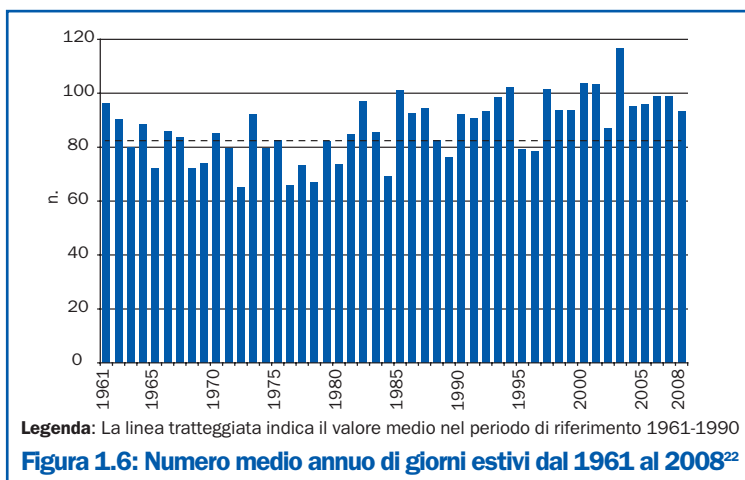


L'aumento della temperatura media registrato in Italia nelle ultime decadi è superiore a quello medio globale.

Nel periodo 1961-2008 è stato stimato un aumento medio del 12% di "giorni estivi", ossia giorni con temperatura massima dell'aria maggiore di 25 °C.

L'aumento della temperatura media registrato in Italia nelle ultime decadi è superiore a quello medio globale. In particolare, nel 2007 e 2008 le anomalie rispetto al trentennio 1961-1990 sono state rispettivamente +1,24 e +1,09 °C, contro una media globale di 0,67 e 0,53 °C. Il 2008 è stato il diciassettesimo anno consecutivo con anomalia positiva, e il suo valore è il quinto a partire dal 1961¹⁸. Un'analisi delle tendenze su base stagionale dettagliata per l'Italia settentrionale, centrale e meridionale indica che l'aumento della temperatura media è significativo ovunque in autunno dal 1970 e in estate dal 1980, mentre nell'intero periodo 1961-2006 è significativo al Nord in inverno e al Centro-Sud in primavera¹⁹.

La tendenza al riscaldamento si evince anche dall'analisi dei valori estremi di temperatura. Nel periodo 1961-2008, mediante *trend analysis*, sono stati stimati un aumento medio del 12% di "giorni estivi"²⁰ (Figura 1.6) e un aumento medio del 42% di "notti tropicali" rispetto alla media climatologica²¹ (Figura 1.7).



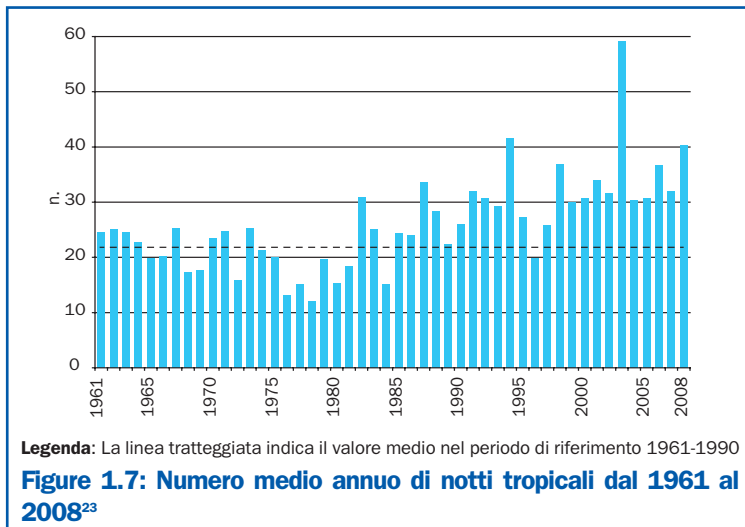
¹⁸ ISPRA, *Gli indicatori del clima in Italia nel 2008*, Rapporto Serie Stato dell'Ambiente n. 12/2009, Anno IV.

¹⁹ Toreti A., Desiato F., Fioravanti G. and Perconti W., 2009, *Seasonal temperatures over Italy and their relationship with low-frequency atmospheric circulation patterns*, Climatic Change, doi 10.1007/s10584-009-9640-0.

²⁰ Numero di giorni con temperatura massima dell'aria maggiore di 25 °C

²¹ Numero di giorni con temperatura minima dell'aria maggiore di 20 °C

²² Fonte: Elaborazione ISPRA su dati delle stazioni della rete AM



Nel periodo 1961-2008 è stato stimato un aumento medio del 42% di “notti tropicali”, ossia notti con temperatura minima dell’aria maggiore di 20 °C.

Per quanto riguarda le tendenze delle precipitazioni nel lungo periodo, gli studi del CNR²⁴ indicano che “i trend sono generalmente negativi, anche se solo di lieve entità e spesso poco significativi dal punto di vista statistico. L’entità della riduzione delle precipitazioni risulta dell’ordine del 5% per secolo; essa sembra dovuta principalmente alla primavera, stagione nella quale la riduzione delle precipitazioni risulta vicina al 10% per secolo”²⁵.

Per il periodo più recente ISPRA ha analizzato le serie annuali e stagionali delle anomalie di precipitazione dell’Italia settentrionale, centrale e meridionale²⁶. Le serie annuali non indicano trend statisticamente significativi, mentre la serie invernale del Nord Italia indica una diminuzione della precipitazione media di 1,47 mm/anno dal 1961 al 2006 (Figura 1.8).

La serie delle precipitazioni del Nord Italia indica una diminuzione della precipitazione media di 1,47 mm/anno dal 1961 al 2006.

²³ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati delle stazioni della rete AM

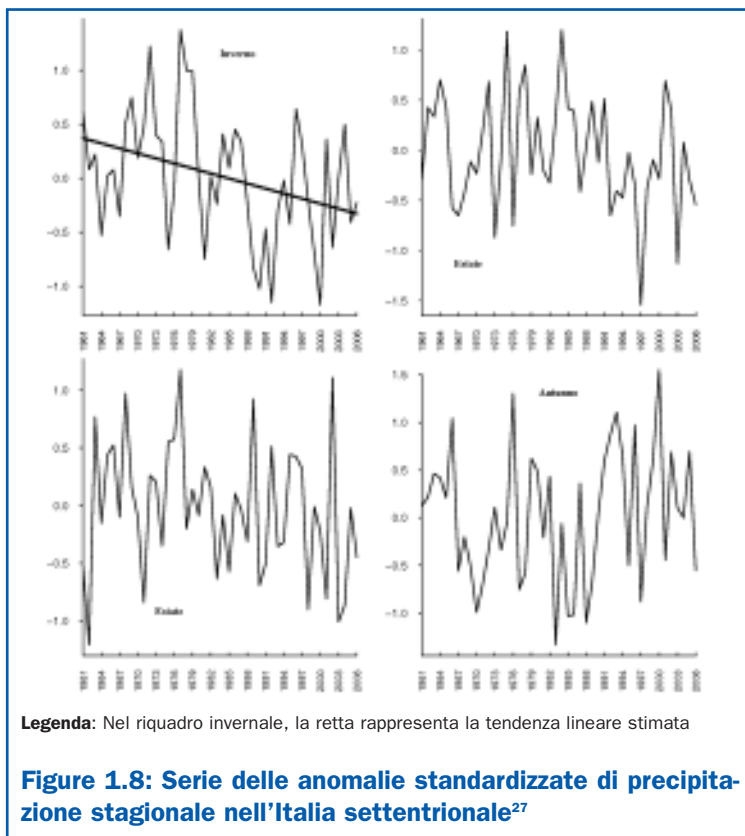
²⁴ Brunetti, M. et al. 2006, *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenized instrumental time series*, International Journal of Climatology, vol. 26:345-381

²⁵ Nanni T. e Prodi F., 2008, *Energia*, n. 1, 2008, pagg. 66-71

²⁶ Toreti A., Desiato F., Fioravanti G. and Perconti W. 2009, *Annual and seasonal precipitation over Italy from 1961 to 2006*, International Journal of Climatology, doi 10.1002/joc.1840



La serie delle precipitazioni del Nord Italia indica una diminuzione della precipitazione media di 1,47 mm/anno dal 1961 al 2006.



Per valutare le eventuali tendenze sugli eventi estremi di precipitazione sono stati analizzati i seguenti indicatori: il “consecutive dry days” (CDD), cioè il numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione inferiore a 1 mm; il “very wet days” (R95p) e l’“extremely wet days” (R99p), cioè il numero di giorni in un anno con precipitazione al di sopra del 95° (99°) percentile della distribuzione climatologica delle precipitazioni giornaliere dal 1961 al 1990; e il “simple daily intensity” index (SDII), cioè la precipi-

²⁷ Fonte: Toreti A., Desiato F., Fioravanti G. and Perconti W. 2009, *Annual and seasonal precipitation over Italy from 1961 to 2006*, *International Journal of Climatology*, doi 10.1002/joc.1840



tazione annuale divisa per il numero di giorni con precipitazione maggiore o uguale a 1 mm. Il CDD ha a che fare con la durata dei periodi di siccità, mentre gli altri indicatori (R95p, R99p e SDII) analizzano statisticamente gli eventi di precipitazione intensa. Un'analisi preliminare di questi indici su un campione di circa 50 stazioni non mostra alcuna tendenza statisticamente significativa dal 1950 al 2006. Tuttavia, il numero limitato di serie temporali sufficientemente continue e di qualità controllata, e la loro distribuzione non omogenea sul territorio, impediscono per il momento di arrivare a una conclusione circa l'esistenza o meno di tendenze significative sugli eventi estremi di precipitazione in Italia.

Impatti e vulnerabilità

Osservazioni effettuate sulla terraferma e sugli oceani mostrano – come mette in evidenza il Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC - che molti sistemi naturali stanno risentendo dei cambiamenti climatici a scala regionale, in particolare dell'aumento della temperatura.

A livello globale, coerentemente con il riscaldamento osservato, la maggior parte delle componenti della criosfera sta subendo, infatti, una riduzione generalizzata dell'estensione, sempre più rapida negli ultimi decenni.

Il livello del mare è aumentato a un tasso di circa 1,7-1,8 mm all'anno durante il secolo scorso, con un incremento fino a 3 mm all'anno nell'ultimo decennio, e molte regioni costiere ne stanno già sperimentando le conseguenze. Negli ecosistemi marini e acquatici molti cambiamenti fenologici e biogeografici, ovvero relativi alle fasi di sviluppo degli organismi e alla distribuzione delle specie, sono stati associati all'aumento della temperatura dell'acqua, così come al cambiamento di salinità, al livello di ossigeno e alla circolazione. Per quanto riguarda i sistemi biologici terrestri, negli ultimi 30-50 anni il riscaldamento globale ha provocato un anticipo delle fasi fenologiche primaverili ed estive e il prolungamento della stagione di crescita alle latitudini medie e alte, l'aumento della vulnerabilità di alcune specie, con episodi di estinzione a livello locale.

Negli anni recenti, ripetuti incendi forestali di vaste dimensioni sono stati associati, durante la stagione calda, a episodi di siccità nell'area

Osservazioni effettuate sulla terraferma e sugli oceani mostrano che molti sistemi naturali stanno risentendo dei cambiamenti climatici a scala regionale, in particolare dell'aumento della temperatura.



In Europa molti sistemi naturali e numerosi settori socio economici hanno già subito le conseguenze dei cambiamenti climatici.

Mediterranea e nel Nord Africa, così come nel Nord America.

Le variazioni climatiche non hanno ripercussioni solo sui sistemi fisici e biologici, ma anche sui settori socio-economici che dipendono dalle condizioni climatiche, e che già oggi ne stanno sperimentando le conseguenze, quali in particolare l'agricoltura, la pesca, il turismo, l'energia, la salute ma anche i servizi finanziari e le assicurazioni.

Ulteriori sforzi sono, tuttavia, ancora indispensabili per poter rafforzare la base conoscitiva relativa ai cambiamenti climatici e ai relativi impatti sui sistemi naturali e sui settori socio-economici, al fine di poter predisporre le opportune misure di adattamento.

In questa direzione vanno le iniziative dell'IPCC, che ha recentemente sottolineato la necessità di migliorare il livello delle conoscenze sugli impatti, sulla vulnerabilità e sull'adattamento approfondendo le analisi a livello regionale. Tali valutazioni saranno incluse in una sezione specifica del contributo del Gruppo di Lavoro II al Quinto Rapporto di Valutazione, la cui pubblicazione è attesa per i primi mesi del 2014.

Anche in Europa, come mostra l'ultimo rapporto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente sugli impatti dei cambiamenti climatici²⁸, molti sistemi naturali, così come numerosi settori socioeconomici, hanno già subito le conseguenze dei cambiamenti climatici, in termini di perdita della biodiversità, ridotta quantità e qualità delle risorse idriche, rischi per la salute umana, danni ad agricoltura e foreste, al turismo, al settore dell'energia e dei trasporti. Le zone montane, l'area mediterranea, le aree costiere e l'Artico sono tra le aree più vulnerabili in Europa e lo saranno sempre più se, oltre a una riduzione significativa delle emissioni globali di gas serra, non saranno adottate misure di adattamento necessarie a moderare gli impatti dei cambiamenti climatici già in atto²⁹. Nelle prossime decadi, le risorse nazionali idriche complessive tenderanno a diminuire, a causa della riduzione delle precipitazioni e dell'aumento della evapotraspirazione e dei prelievi idrici. La situazione risulterà più critica nel Sud Italia, dove già sussi-

²⁸ EEA, 2008. *Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment*. EEA Report n. 4/2008

²⁹ Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'edizione del 2008: *Tematiche in primo piano 2008 – Annuario dei dati ambientali*. ISPRA, 2009



stano condizioni di *stress* idrico, con profonde implicazioni su agricoltura, turismo, salute, produzione industriale, urbanizzazione e, non ultimo, sul settore assicurativo.

Le tendenze climatiche in atto, e quelle previste dagli scenari di IPCC, sposteranno a latitudini più elevate le condizioni climatiche e ambientali tipiche dell'area mediterranea. Questo significa che i sistemi ecologici, forestali e dell'ambiente naturale del Mediterraneo tenderanno a "migrare" verso l'Europa centro occidentale e settentrionale. La rapidità del cambiamento climatico in atto è però di gran lunga maggiore della velocità di colonizzazione di nuovi spazi della quale sono capaci le specie vegetali, soprattutto quelle dominanti nelle foreste: è quindi da attendersi la progressiva "disgregazione" di molti ecosistemi, con le conseguenti modifiche anche del paesaggio e con profonde implicazioni soprattutto nei settori dell'agricoltura, del turismo e tempo libero e nel settore residenziale.

L'innalzamento del livello del mare, anche modesto, e l'acuirsi dei fenomeni estremi come le mareggiate, aggraveranno significativamente i problemi già esistenti negli ambienti marino costieri. In particolare, alcune aree di piana costiera depresse (le principali sono circa una trentina per un totale di circa 1.400 km di sviluppo lineare), potrebbero essere inondate, così come tutte le coste basse e sabbiose (sono circa 4.000 km) potrebbero subire problemi di forte erosione costiera, infiltrazioni di acqua salata nelle falde costiere di acqua dolce e danni alla biodiversità delle zone umide marino costiere, soprattutto se già esistono condizioni altimetriche al di sotto del livello medio del mare (ad esempio tutto l'alto Adriatico). Questo problema potrà avere forti implicazioni, oltre che sulla perdita di biodiversità, sulle attività produttive condotte nelle zone costiere, ma soprattutto sulle attività ricreative e turistiche e perfino sul patrimonio storico, artistico e culturale, come nel caso di Venezia.

Oltre ai possibili danni alle risorse naturali, all'ambiente e al territorio, alle attività economiche, si potranno avere ripercussioni secondarie non trascurabili nell'ambito del lavoro e dell'occupazione e nel campo socio-sanitario, in particolare per la popolazione più vulnerabile agli effetti dei cambiamenti del clima.

Da parte dell'Agenzia Europea dell'Ambiente, a livello europeo,

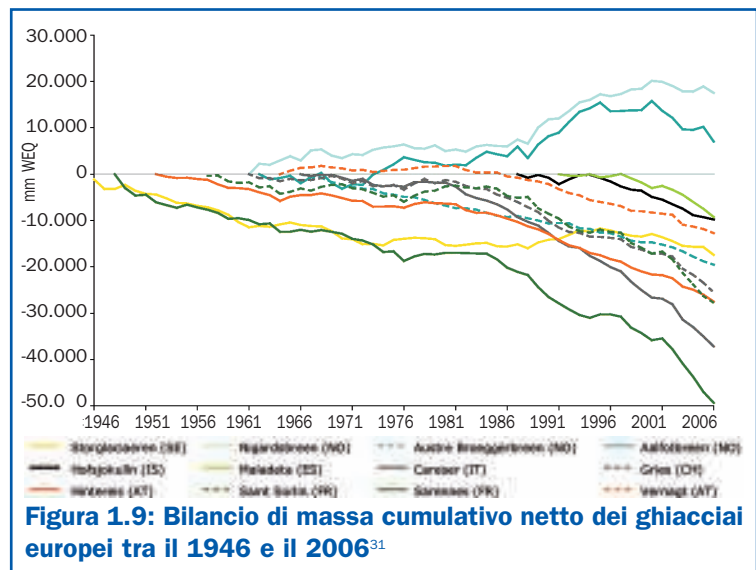


L'ambiente alpino è uno degli ambienti maggiormente vulnerabili in Europa.

La maggior parte dei ghiacciai presenti nel continente europeo, stanno subendo una contrazione della loro massa glaciale.

quest'anno, particolare attenzione è stata rivolta all'ambiente alpino, uno degli ambienti maggiormente vulnerabili, e agli impatti che i cambiamenti climatici produrranno sulle risorse idriche e sui settori socio-economici che da essi dipendono³⁰.

Gli effetti del cambiamento climatico sulla regione alpina risultano già oggi evidenti dall'osservazione di alcuni ghiacciai e delle loro variazioni. I ghiacciai alpini, come la maggior parte dei ghiacciai presenti nel continente europeo, stanno infatti subendo una contrazione della loro massa glaciale (Figura 1.9).



Tra il 1850 e la fine degli anni Settanta, i ghiacciai alpini hanno perso un terzo della loro superficie e metà del volume. Dal 1985 si è osservata un'accelerazione del fenomeno, che ha portato fino al 2000 a una perdita del 25% del ghiaccio rimanente. Durante la stagione rovente del 2003 si è registrata un'ulteriore riduzione del 5-10%, con una perdita

Tra il 1850 e la fine degli anni Settanta, i ghiacciai alpini hanno perso un terzo della loro superficie e metà del volume. Dal 1985 si è osservata un'accelerazione del fenomeno, che ha portato fino al 2000 a una perdita del 25% del ghiaccio rimanente. Durante la stagione rovente del 2003 si è registrata un'ulteriore riduzione del 5-10%, con una perdita

³⁰ EEA, 2009, *Regional climate change and adaptation – The Alps facing the challenge of changing water resources*, EEA Report No 8/2009

³¹ Fonte: EEA, 2008, *Impacts of Europe's changing climate — 2008 indicator based assessment*. EEA Report 4/2008, JRC Reference Report JRC47756. Joint EEA-JRC-WHO report



risultante pari a circa due terzi della massa glaciale del 1850. Per i ghiacciai costieri norvegesi, in espansione fino alla fine degli anni Novanta, sta cominciando una fase di ritiro, come conseguenza delle minori precipitazioni invernali e una maggiore fusione estiva. I ghiacciai delle isole Svalbard stanno perdendo la loro massa ad altitudini inferiori e le fronti glaciali di quasi tutti i ghiacciai stanno arretrando. Stime per le Svalbard nel loro complesso mostrano un bilancio totale negativo e chiari segnali di un'accelerazione della fusione, almeno nell'area occidentale. Recenti studi indicano una riduzione annua chiaramente crescente dello spessore glaciale globale medio dei ghiacciai a partire dal nuovo millennio (0,5 m) confrontata con il periodo 1980-1999 (0,3 m). L'arretramento centennale dei ghiacciai europei è attribuito soprattutto all'aumento delle temperature estive.

Nella regione alpina, in particolare, nel corso del secolo scorso è stato registrato un significativo aumento della temperatura di circa 2 °C, più del doppio rispetto al tasso medio di riscaldamento osservato nell'emisfero settentrionale. Inoltre, sono stati osservati una tendenza a un aumento delle precipitazioni nella fascia alpina settentrionale e un andamento verso una diminuzione nella fascia meridionale delle Alpi³².

Con l'incremento della temperatura e la variazione dei regimi pluviometrici e nivometrici, il riscaldamento globale rappresenta pertanto una grave minaccia per il sistema idrologico alpino e i sistemi ambientali, sociali ed economici che da esso dipendono³³. Alcuni degli effetti dei cambiamenti climatici, osservati a livello globale ed europeo, sono già apprezzabili anche in Italia: erosione delle coste, desertificazione, fusione dei ghiacciai, scarsità idrica, dissesto idrogeologico e rischi per la salute, sono solo alcuni esempi³⁴. Per la sua sensibilità all'innalzamento della temperatura e la ridotta capacità di adattamento, l'ambiente alpino risulta essere anche nel nostro Paese, coerentemente con quanto constatato

si è registrata un'ulteriore riduzione del 5-10%, con una perdita risultante pari a circa due terzi della massa glaciale del 1850.

L'arretramento centennale dei ghiacciai europei è attribuito soprattutto all'aumento delle temperature estive.

In Italia, l'ambiente alpino viene considerato tra i più vulnerabili ai cambiamenti climatici.

³² EEA, 2009, *Regional climate change and adaptation – The Alps facing the challenge of changing water resources*, EEA Report No 8/2009

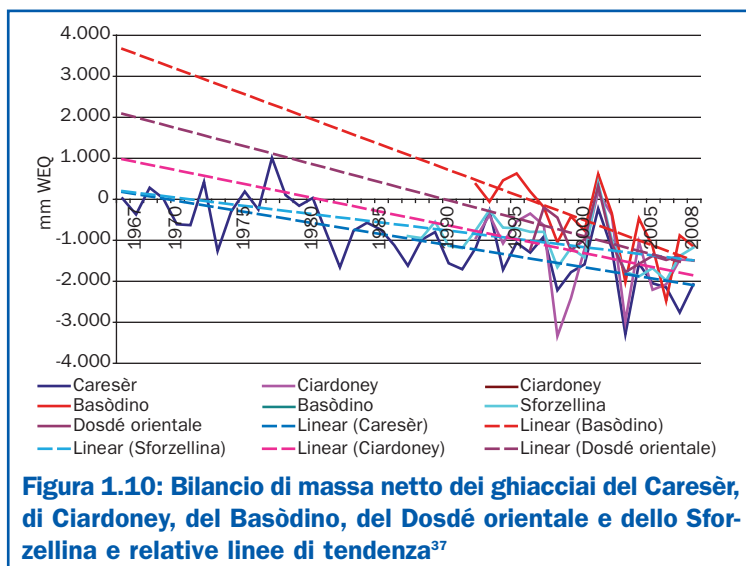
³³ Convenzione delle Alpi, Segnali alpini – Edizione speciale 2, 2009. *L'acqua e la gestione delle risorse idriche – Relazione sullo Stato delle Alpi*

³⁴ Per una descrizione più dettagliata degli impatti dei cambiamenti climatici sul territorio italiano, si rimanda all'edizione del 2008: *Tematiche in primo piano 2008 – Annuario dei dati ambientali*. ISPRA, 2009



Per i cinque corpi glaciali considerati si verifica una generale tendenza alla deglaciazione e allo scioglimento, trend comune alla gran parte dei ghiacciai del pianeta.

a livello europeo, tra gli ambienti maggiormente vulnerabili³⁵. Dalla seconda metà del XIX secolo i ghiacciai italiani stanno subendo, infatti, una fase di accentuata contrazione che ha portato alla perdita del 40% della loro superficie: molti ghiacciai minori sono scomparsi, mentre per i più estesi si è assistito a un processo di frammentazione in unità più piccole³⁶. Misure relative al bilancio di massa, che indica la somma algebrica tra la massa di ghiaccio accumulato, derivante dalle precipitazioni nevose, e la massa persa per fusione nel periodo di scioglimento, forniscono un'informazione rilevante e diretta degli effetti del clima sui ghiacciai, anche se limitata per la ridotta disponibilità di serie storiche adeguate, fatta eccezione per il ghiacciaio del Caresèr (Figura 1.10).



³⁵ APAT, MATTM, 2007. *Gli eventi preparatori della Conferenza – Sintesi dei lavori*

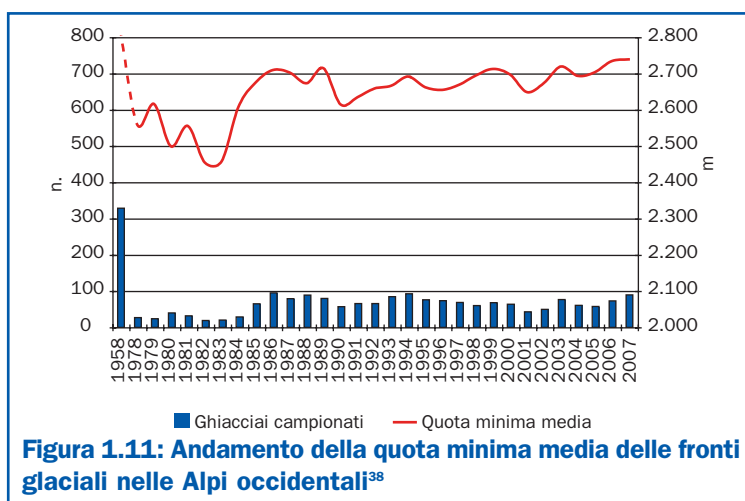
³⁶ Fonte: Comitato Glaciologico Italiano <http://www.disat.unimib.it/comiglacio/comitatoglaciologico.htm>

³⁷ Fonte: Comitato Glaciologico Italiano – Comitato Glaciologico Trentino SAT, in collaborazione provincia autonomo di Trento, Dip. Ingegneria Civile e Ambientale Università di Trento, Museo Tridentino di Scienze Naturali (Caresèr); Società Meteorologica Italiana (Ciardoney); meteo Svizzera (Basòdino); Comitato Glaciologico Italiano (Sforzellina e Dosedé orientale)



In Figura 1.10 è illustrato l'andamento di 5 corpi glaciali, rappresentativi dei differenti settori climatici: il ghiacciaio del Basòdino nelle Alpi Nord-occidentali, il Caresèr nelle Alpi centrali, il Dosdè orientale nel gruppo Piazz-Campo in Lombardia, lo Sforzellina sul versante lombardo dell'Ortles-Cevedale e infine, nelle Alpi occidentali, il ghiacciaio del Ciardoney. Similmente a quanto accade per la gran parte dei ghiacciai del pianeta, per tutti i corpi glaciali considerati si osserva una generale tendenza alla deglaciazione, come si evince in particolare dal *trend* del bilancio del ghiacciaio del Caresèr, continuativamente negativo ormai dal 1981.

Nelle Figure 1.11, 1.12 e 1.13 è illustrato l'andamento della quota minima media delle fronti di alcune unità glaciali. Sono stati considerati inizialmente (a partire dal 1958) i dati relativi a un insieme di 1.028 individui glaciali (329 nelle Alpi occidentali, 545 nelle Alpi centrali e 96 nelle Alpi orientali) e, successivamente, un sottocampione ritenuto significativo, variabile di anno in anno. Tutti i ghiacciai censiti hanno una superficie superiore a 5 ettari. Ogni ghiacciaio possiede caratteristiche proprie (altitudine, substrato, esposizione, morfologia, ecc.): al variare della tipologia glaciale, a un'effettiva regressione non corrisponde sempre e comunque un aumento evidente della quota minima della fronte stessa.

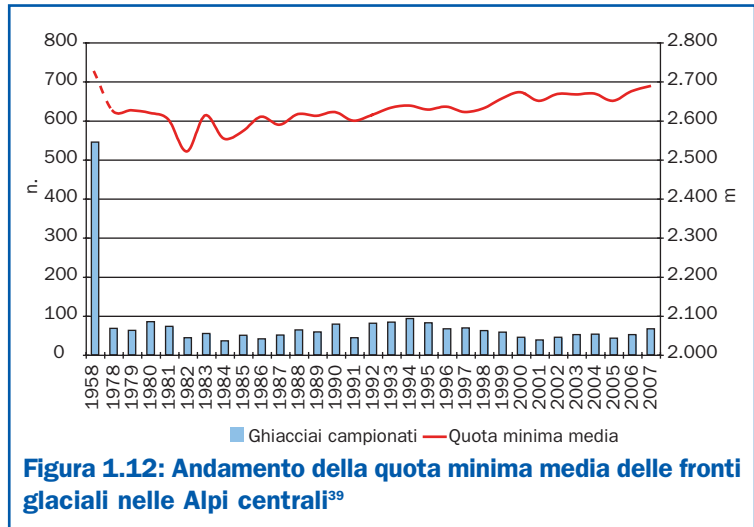


Nelle Alpi occidentali l'innalzamento della quota minima appare abbastanza evidente.

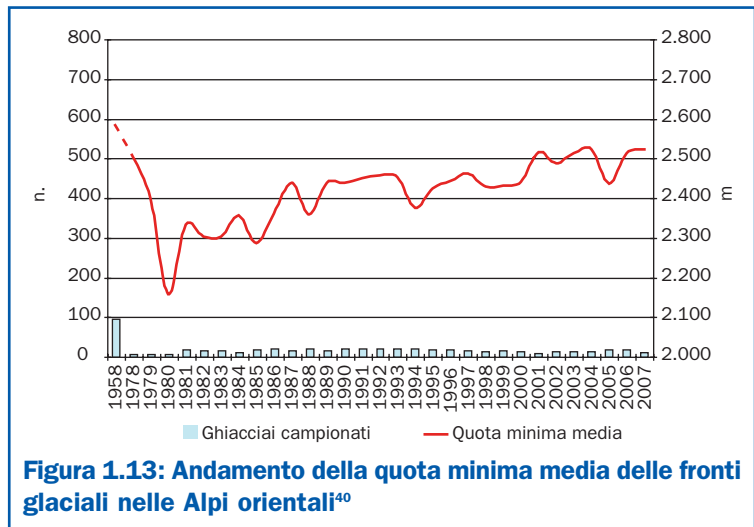
³⁸ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Comitato Glaciologico Italiano



Nelle Alpi centrali la tendenza all'arretramento è evidenziata dal trend complessivo, pur con alcune discontinuità.



Nelle Alpi orientali la tendenza all'arretramento è evidenziata dal trend complessivo, pur con alcune discontinuità.



³⁹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Comitato Glaciologico Italiano

⁴⁰ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Comitato Glaciologico Italiano



L'andamento delle fronti glaciali permette di evidenziare un *trend* complessivo verso una regressione, intesa come innalzamento altitudinale della quota minima media della fronte.

Le tendenze evolutive più recenti si differenziano nei tre settori alpini: nelle Alpi occidentali l'innalzamento della quota minima appare abbastanza evidente, mentre nelle Alpi centrali e orientali la tendenza all'arretramento è evidenziata dal *trend* complessivo, pur con alcune discontinuità⁴¹.

Ulteriori osservazioni scientifiche mostrano ormai con assoluta evidenza l'impatto delle variazioni climatiche sulla criosfera e sul ciclo idrologico alpino in termini di riduzione della copertura nevosa, innalzamento della linea di innevamento e disgelo del permafrost, nonché di variazione dei regimi di deflusso dei bacini idrografici e diminuzione della disponibilità della risorsa idrica.

Gli effetti di tali variazioni riguarderanno in particolar modo, e sempre più in futuro, la stabilità idrogeologica, la biodiversità e i settori economici dipendenti dall'acqua quali, in particolare, il turismo, l'energia e l'agricoltura.

Sulle Alpi, il turismo invernale è probabilmente il settore economico che subirà le maggiori perdite a causa dei cambiamenti climatici, a seguito della ridotta disponibilità di innevamento sufficiente alla pratica dello sci. Attualmente la Linea di Affidabilità della Neve (LAN), data dall'altitudine media oltre la quale le precipitazioni nevose e la temperatura garantiscono almeno 100 giorni all'anno con 30 cm di neve, è situata a circa 1.500 metri di quota⁴². Dei 251 comprensori sciistici presenti oggi in Italia solo 167, e cioè il 66%, sono posti almeno per metà della loro estensione al di sopra della LAN e possono essere quindi considerati affidabili in termini di innevamento (Tabella 1.1).

Le variazioni climatiche impattano sulla criosfera e sul ciclo idrologico alpino in termini di riduzione della copertura nevosa, innalzamento della linea di innevamento e disgelo del permafrost, nonché di variazione dei regimi di deflusso dei bacini idrografici e diminuzione della disponibilità della risorsa idrica.

Sulle Alpi, il turismo invernale è probabilmente il settore economico che subirà le maggiori perdite a causa dei cambiamenti climatici, a seguito della ridotta disponibilità di innevamento sufficiente alla pratica dello sci.

⁴¹ ISPRA, 2009, Annuario dei dati ambientali 2009, in corso di pubblicazione

⁴² FEEM, 2008. Cambiamenti climatici e strategie di adattamento in Italia – Una valutazione economica



Per quanto riguarda il settore energetico, gli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche alpine svolgono un ruolo chiave in relazione alla produzione di energia idroelettrica.

Tabella 1.1: Affidabilità della neve nei comprensori sciistici alpini⁴³

Regione	Compressori sciistici affidabili (situati almeno per metà al di sopra della LAN)	Compressori sciistici totali
	n.	
Valle d'Aosta	22	25
Piemonte	30	54
Lombardia	21	33
Veneto	14	46
Trentino	25	34
Alto Adige	54	54
Friuli Venezia Giulia	1	5
ITALIA	167	251

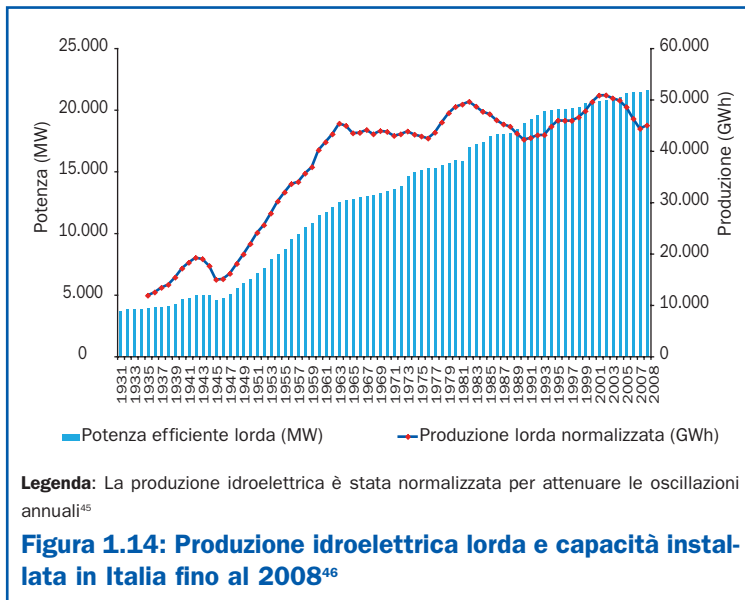
A seconda dei diversi scenari di aumento della temperatura, e del conseguente innalzamento della LAN⁴⁴, gran parte dei comprensori sciistici potrebbe progressivamente perdere la copertura nevosa affidabile, con ingenti perdite economiche.

Per quanto riguarda il settore energetico, gli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche alpine svolgono un ruolo chiave in relazione alla produzione di energia idroelettrica, bene economico centrale per l'intera area e voce importante del bilancio energetico nazionale. La presenza di ghiacciai sulle Alpi permette, infatti, un utilizzo intensivo della risorsa idrica come fonte di energia.

Se, però, nel passato l'idroelettrico in Italia è stato per lungo tempo la principale fonte di energia, oggi esso copre circa il 15-18% della domanda energetica nazionale. In termini assoluti, tuttavia, la potenza idroelettrica disponibile è significativamente aumentata (Figura 1.14).

⁴³ Fonte: MATTM e Accademia Europea di Bolzano-EURAC, 2007. *Data and elaboration on the Italian Alpine and Pre-Alpine Ski Stations, Ski Facilities and Artificial Snowmaking*

⁴⁴ Si stima che sia la linea di innevamento sia la linea di affidabilità della neve (LAN) possano elevarsi di 150 m per ogni °C di aumento della temperatura. Nell'ipotesi di un andamento costante questo implicherebbe un aumento dell'altitudine della LAN di 300 m e 600 m per 2°C e 4°C di aumento della temperatura rispettivamente



L'idroelettrico in Italia è stato per lungo tempo la principale fonte di energia, oggi esso copre circa il 15-18% della domanda energetica nazionale. In termini assoluti, tuttavia, la potenza idroelettrica disponibile è significativamente aumentata.

Il *trend* della produzione idroelettrica può fornire indicazioni sulle variazioni del ciclo idrologico conseguenti alle mutate condizioni climatiche, soprattutto se si tiene conto, contemporaneamente, dell'evoluzione nel tempo della capacità di produzione elettrica installata. La capacità installata presenta un incremento costante, mentre la produzione elettrica segue un andamento parallelo nel periodo 1931-1963, successivamente si osservano oscillazioni periodiche intorno a un valore medio della produzione elettrica con un *trend* lievemente in crescita, ma che non appare in stretta correlazione con la potenza efficiente.

È prevedibile che nel breve termine, lo scioglimento dei ghiacciai porterà molta acqua alle turbine delle centrali. Tuttavia, a medio-lungo termine, la progressiva riduzione e perdita dei ghiacciai minaccerà un'importante risorsa di energia rinnovabile.

⁴⁵ La normalizzazione della produzione idroelettrica è stata eseguita seguendo i criteri riportati nella Direttiva 2009/28/CE (Allegato II). La produzione lorda, compresa l'energia per i pompaggi, riflette la media della produzione relativa a un intervallo di cinque anni

⁴⁶ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.



L'aumento degli eventi estremi e del rischio idrogeologico potrà mettere in pericolo determinate coltivazioni collocate in aree instabili ed esposte, mentre l'aumento di temperatura e la riduzione della disponibilità idrica potranno, invece, avere conseguenze negative nel lungo periodo anche sulle colture alpine.

Gran parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane.

Per quanto riguarda l'agricoltura, l'impatto in corso dei cambiamenti climatici nell'area alpina è ancora oggi scarsamente documentata. Nel breve-medio periodo si potrà addirittura registrare un aumento della produttività per effetto della fertilizzazione della CO₂. L'aumento degli eventi estremi e del rischio idrogeologico potrà, tuttavia, mettere in pericolo determinate coltivazioni collocate in aree instabili ed esposte. L'aumento di temperatura e la riduzione della disponibilità idrica potranno invece avere conseguenze negative nel lungo periodo anche sulle colture alpine, comprese le colture foraggere e le aree a pascolo, con conseguenti ripercussioni sull'allevamento.

Le pressioni sul sistema climatico

Pur senza trascurare gli effetti di fenomeni naturali come la variabilità dell'intensità della radiazione solare, la stragrande maggioranza della comunità scientifica è convinta che "ci sono elementi nuovi e più significativi" per ritenere che "gran parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni sia attribuibile alle attività umane"⁴⁷; tali risultati sono stati ampiamente confermati dal Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, che ha ribadito che "il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile" e, con un "livello di confidenza molto alto", ha indicato le attività umane quali cause di tale riscaldamento⁴⁸.

Per quanto riguarda la CO₂, il principale gas-serra, la concentrazione atmosferica media globale è cresciuta da 280 ppm nel periodo 1000-1750 a 385 ppm nel 2008, in corrispondenza di una crescita delle emissioni di anidride carbonica da circa zero a 31,2 miliardi di tonnellate, tenendo conto esclusivamente delle emissioni provenienti dall'utilizzo dei combustibili fossili nei processi di combustione e nella produzione del cemento⁴⁹. Secondo le valutazioni IPCC sul ciclo del carbonio, dal 1750 al 2000 sono stati estratti dal sottosuolo e bruciati combustibili fossili pari a circa 390 miliardi di tonnellate di carbonio, che hanno, a loro volta, prodotto circa 1.400 miliardi di tonnellate di

⁴⁷ IPCC, 2001, *Climate Change 2001 – Synthesis Report*

⁴⁸ IPCC, 2007, *Climate Change 2007 – WG-I, WG-II, WG-III, Technical summary*

⁴⁹ *Global Carbon Project*, 2008, *Recent carbon trends and the global carbon budget 2007*



anidride carbonica. Il 57% di questa quantità è stata assorbita dagli oceani (in parte disciolta in acqua e in parte assorbita dal fitoplancton) e dalla vegetazione terrestre (attraverso la fotosintesi clorofilliana e i *sinks* forestali). Il rimanente 43% è, invece, rimasto in aria producendo un incremento della concentrazione di anidride carbonica fino a un valore che è il più alto degli ultimi 650 mila anni e probabilmente anche degli ultimi 20 milioni di anni. Anche per altri gas serra, come il metano, il protossido di azoto e i fluorocarburi, si registrano andamenti analoghi, se non ancora più accentuati.

L'Italia non si sottrae a questo *trend* di crescita delle emissioni di gas serra: i dati più recenti dell'inventario nazionale delle emissioni di gas serra mostrano, infatti, che le emissioni sono passate da 516,32 a 552,77 milioni di tonnellate di CO₂eq nel periodo 1990-2007, con un incremento quindi del 7,06%, mentre secondo il Protocollo di Kyoto l'Italia dovrebbe riportare le proprie emissioni nel periodo 2008-2012 a livelli del 6,5% inferiori rispetto alle emissioni del 1990, ossia a 482,76 Mt CO₂eq.

A livello globale, nel 2007, l'Italia è responsabile di non più dell'1,51% delle emissioni complessive provenienti dall'uso dei combustibili fossili, occupando la 12^{ma} posizione dei Paesi con i maggiori livelli di emissioni di gas serra⁵⁰.

Tra il 1990 e il 2007, le emissioni di gas-serra in Italia sono cresciute complessivamente di 36,45 milioni di tonnellate di anidride carbonica equivalente (Mt CO₂eq). In questo periodo, si sono ridotte le emissioni fuggitive, dovute a perdite accidentali durante le fasi di estrazione e distribuzione degli idrocarburi (-3,51 Mt CO₂eq), quelle provenienti dall'industria manifatturiera (-10,06 Mt CO₂eq), dall'agricoltura (-3,37 Mt CO₂eq), dall'uso di solventi (-0,26 Mt CO₂eq) e dai processi industriali (-0,17 Mt CO₂eq), mentre sono aumentate quelle provenienti dai rifiuti (+0,52 Mt CO₂eq), dal settore residenziale e dei servizi (+3,71 Mt CO₂eq) e, soprattutto, quelle provenienti dalle industrie energetiche (+20,61 Mt CO₂eq) e dai trasporti (+25,47 Mt CO₂eq). L'andamento di crescita delle emissioni sopra descritto presenta un'inversione di tendenza a partire dal 2005,

Dal 1990 al 2007 le emissioni di gas serra in Italia sono passate da 516,3 a 552,8 Mt CO₂ eq, con un incremento del 7,1%.

L'Italia in base al Protocollo di Kyoto dovrebbe riportare le proprie emissioni nel periodo 2008-2012 a livelli del 6,5% inferiori rispetto alle emissioni del 1990, ossia a 482,8 Mt CO₂eq.

⁵⁰ IEA, 2009, *CO₂ emissions from fuel combustion. Highlights. 1971-2007*



A partire dal 2005 si osserva una riduzione annua delle emissioni complessive del 1,9% nel 2006 e un'ulteriore riduzione dell'1,8% nel 2007 rispetto all'anno precedente. La riduzione delle emissioni provenienti dai processi di combustione è stata del 2,3%.

Tra il 1990 e il 2007, sono aumentate le emissioni provenienti dai rifiuti, dal settore residenziale e dei servizi e, soprattutto, quelle provenienti dalle industrie energetiche e dai trasporti.

infatti nel 2006 si osserva una flessione delle emissioni complessive dell'1,87% rispetto all'anno precedente. Nel 2007 le emissioni diminuiscono ulteriormente rispetto al 2006 (-1,81%). La riduzione riguarda quasi tutti i settori: per le industrie energetiche (-1,04%; -1,75 Mt CO₂eq rispetto all'anno precedente), il settore residenziale e dei servizi (-6,94%; -6,07 Mt CO₂eq), i rifiuti (-1,32%; -0,25 Mt CO₂eq), le emissioni fuggitive (-1,83%; -0,14 Mt CO₂eq), l'industria manifatturiera (-3,88%; -3,25 Mt CO₂eq) e uso dei solventi (-0,64%; -0,01 Mt CO₂eq). Soltanto l'agricoltura, i trasporti e i processi industriali sono in controtendenza con un incremento delle emissioni rispetto al 2006 (agricoltura: +1,59%; +0,58 Mt CO₂eq trasporti: +0,13%; +0,17 Mt CO₂eq; processi industriali: +1,06%; +0,38 Mt CO₂eq). Complessivamente nel 2007 la riduzione delle emissioni rispetto all'anno precedente è stata di 10,21 Mt CO₂eq (-1,81%) per le emissioni totali, dovuta essenzialmente alla riduzione delle emissioni provenienti dai processi di combustione (-2,33%; -10,78 Mt CO₂eq) (Figura 1.15).

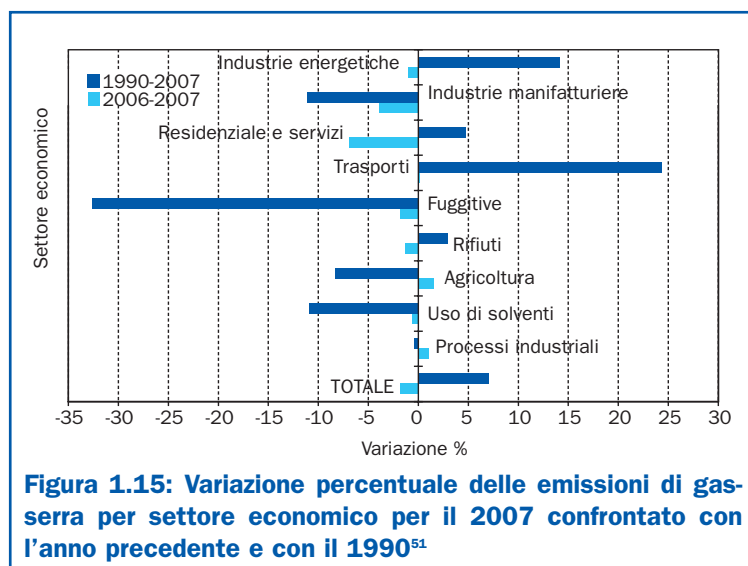
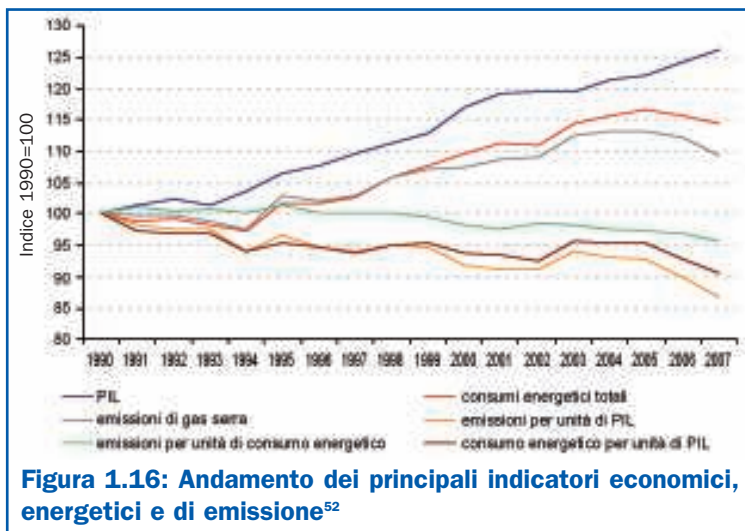


Figura 1.15: Variazione percentuale delle emissioni di gas-serra per settore economico per il 2007 confrontato con l'anno precedente e con il 1990⁵¹

⁵¹ Fonte: ISPRA



Il confronto (Figura 1.16) dell'andamento delle emissioni di gas serra con quello delle principali variabili rappresentative della crescita economica (come ad esempio il PIL e il valore aggiunto) mostra che, nel periodo 1990-2007, la crescita delle emissioni di gas serra è stata generalmente più lenta di quella dell'economia, mettendo quindi in evidenza un disaccoppiamento relativo⁵³. Analizzando l'andamento delle emissioni di gas serra per unità energetica totale, si può invece osservare che l'andamento delle emissioni negli anni '90 ha seguito sostanzialmente quello dei consumi energetici e soltanto negli ultimi anni si delinea un disaccoppiamento, dovuto principalmente alla sostituzione di combustibili a più alto contenuto di carbonio con il gas naturale nella produzione di energia elettrica e nell'industria.

Per identificare le principali determinanti alla base della variazione delle emissioni di gas serra si è fatto ricorso a un'analisi di decom-

Il confronto dell'andamento delle emissioni di gas serra con quello delle principali variabili rappresentative della crescita economica mostra che, nel periodo 1990-2007, la crescita delle emissioni di gas serra è stata generalmente più lenta di quella dell'economia, mettendo quindi in evidenza un disaccoppiamento relativo.

L'andamento delle emissioni di gas serra negli anni '90 ha seguito sostanzialmente quello dei consumi energetici e solamente negli ultimi anni si delinea un disaccoppiamento dovuto principalmente alla sostituzione di combustibili a più alto contenuto di carbonio con il gas naturale nella produzione di energia elettrica e nell'industria.

⁵² Fonte: ISPRA

⁵³ Se la variabile economica mostra una crescita positiva, si dice che si verifica un "disaccoppiamento assoluto" se il tasso di crescita della variabile ambientale è pari a zero o negativo. Si dice invece che si verifica un "disaccoppiamento relativo" se il tasso di crescita della variabile ambientale è positivo, ma inferiore al tasso di crescita della variabile economica (OECD, 2002)



posizione⁵⁴. In particolare, è stata presa in considerazione la variazione delle emissioni di gas serra nel periodo 1992-2006 di cui sono responsabili le attività economiche, utilizzando tre set di dati – ambientali, energetici ed economici – fra loro coerenti (ossia tutti in linea con i principi, le definizioni e le classificazioni della contabilità nazionale)⁵⁵. Al fine di decomporre la variazione delle emissioni di gas serra nel periodo 1992-2006, sono state considerate le seguenti componenti:

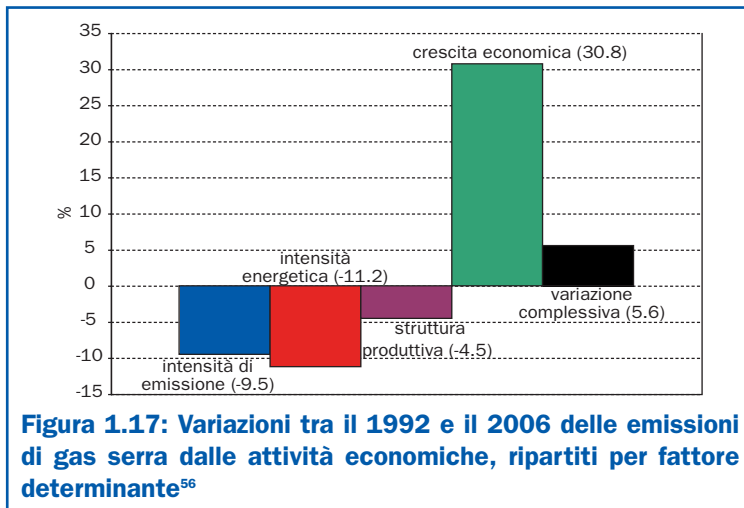
- il livello di attività economica (per valutare l'effetto della crescita economica);
- il peso dei diversi settori dell'economia (per valutare l'effetto dei cambiamenti della struttura produttiva);
- l'efficienza economica dell'uso dei combustibili (per valutare l'effetto dei cambiamenti di intensità energetica per unità di prodotto);
- l'intensità di emissione del consumo di energia (per valutare l'effetto dei cambiamenti di tale intensità).

L'analisi di decomposizione mostra che l'aumento delle emissioni tra il 1992 e il 2006, pari a circa 24 milioni di tonnellate di CO₂ eq (Figura 1.17), è dovuto esclusivamente alla componente "crescita economica". Se gli effetti della crescita economica non fossero stati compensati da quelli delle altre componenti, la variazione complessiva sarebbe stata di circa il 30,8%, invece dell'attuale 5,6%.

In particolare, il miglioramento delle due componenti tecnologiche "intensità di emissione" e "intensità energetica", avrebbe portato a una riduzione del 20,7% delle emissioni potenziali. Anche la componente "struttura produttiva" ha svolto un ruolo significativo, anche se meno importante, nella riduzione delle emissioni di gas serra (-4,5%). L'analisi delle variazioni annuali mostra che il cambiamento globale 1992-2006 (-9,5%), riconducibile alla "intensità di emissione" è stato

⁵⁴ Femia A. (ISTAT), Marra Campanale R. (ISPRA), *Production-related air emissions in Italy 1992-2006, a decomposition analysis*, in "Environmental Efficiency, Innovation and Economic Performance", a cura di Anna Montini, Massimiliano Mazzanti, in corso di pubblicazione

⁵⁵ Per questo tipo di analisi non si fa riferimento al totale delle emissioni stimate da ISPRA secondo la metodologia IPCC utilizzata nell'ambito della UNFCCC, bensì a un contesto di tipo NAMEA (*National Accounting Matrix including Environmental Accounts*). La metodologia di classificazione in ambito NAMEA considera solo le emissioni riconducibili alle attività produttive che ne sono responsabili ed è coerente con i dati economici nazionali. Pertanto i dati NAMEA e i dati utilizzati in ambito UNFCCC non sono direttamente confrontabili tra loro



L'analisi di decomposizione mostra che l'aumento delle emissioni di cui sono responsabili le attività economiche, tra il 1992 e il 2006, pari a circa 24 milioni di tonnellate di CO₂ eq, è dovuto esclusivamente alla componente "crescita economica".

realizzato per lo più cumulando piccoli incrementi annuali dell'efficienza nel corso del periodo (anche se in alcuni anni la variazione annuale dell'intensità assume valori positivi). Questo indica un vero e proprio, anche se lento, miglioramento dell'efficienza ambientale delle industrie italiane, attraverso la diminuzione delle emissioni non dipendenti dall'uso dei combustibili (ad esempio dall'uso di solventi); il passaggio a combustibili meno inquinanti; l'uso di tecnologie che migliorano i processi di produzione, per esempio tecnologie integrate; l'installazione di dispositivi di abbattimento delle emissioni *end-of-the-pipe*. Al contrario, l'effetto della componente "intensità energetica" è caratterizzato da un *pattern* irregolare e improvviso e spesso contraddistinto da grandi cambiamenti tra un anno e l'altro, come ad esempio un aumento del 3,4% nel 2003 e un cambiamento positivo nel 2005 e 2006, il che suggerisce che l'uso di energia sta diventando meno efficiente negli ultimi anni. Questa componente tiene conto degli effetti di alcuni possibili miglioramenti reali, come l'introduzione di tecniche meno *fuel-intensive* e la dismissione di macchine o impianti che sprecano energia. Tuttavia, sia la sua importanza complessiva sia la sua volatilità possono essere spiegate, almeno in parte, dalla delocalizzazione della produ-

⁵⁶ Fonte: Elaborazione Femia A. (ISTAT), Marra Campanale R. (ISPRA) su dati ISTAT-ISPRA



Nel 2007, le emissioni di gas serra in Italia sono risultate di 70 Mt CO₂ eq superiori a quelle dell'obiettivo di Kyoto.

L'Italia in base al Protocollo di Kyoto dovrebbe riportare le proprie emissioni nel periodo 2008-2012 a livelli del 6,5% inferiori a quelli del 1990, ossia a 482,76 Mt CO₂eq.

Nel 2007, le emissioni di gas serra sono risultate di 70 Mt superiori a quelle dell'obiettivo di Kyoto (+14,5%).

Secondo le valutazioni dell'AEA, l'Italia potrebbe raggiungere gli obiettivi stabiliti dal Protocollo di Kyoto solo se, oltre a utilizzare crediti di emissione derivanti dalle attività LULUCF e ad acquistare quote derivanti dai meccanismi flessibili previsti dal Protocollo, attuerà ulteriori misure di riduzione delle emissioni, in aggiunta a quelle già esistenti.

zione industriale italiana. In effetti, sempre più prodotti intermedi e finali delle industrie italiane sono prodotti all'estero, con solo le fasi finali eseguite in Italia. Ciò implica che l'*output* è ottenuto senza dover utilizzare tutta l'energia necessaria alla "produzione" del settore (che in realtà spesso acquista dall'estero, come *input* intermedi, beni che sono quasi finiti, e li rivende a seguito di una piccola trasformazione). Nel 2007 le emissioni di gas serra in Italia sono risultate di 70 Mt CO₂eq superiori a quelle dell'obiettivo di Kyoto (+14,5%). L'incremento delle emissioni è dovuto principalmente ai settori delle industrie energetiche e ai trasporti.

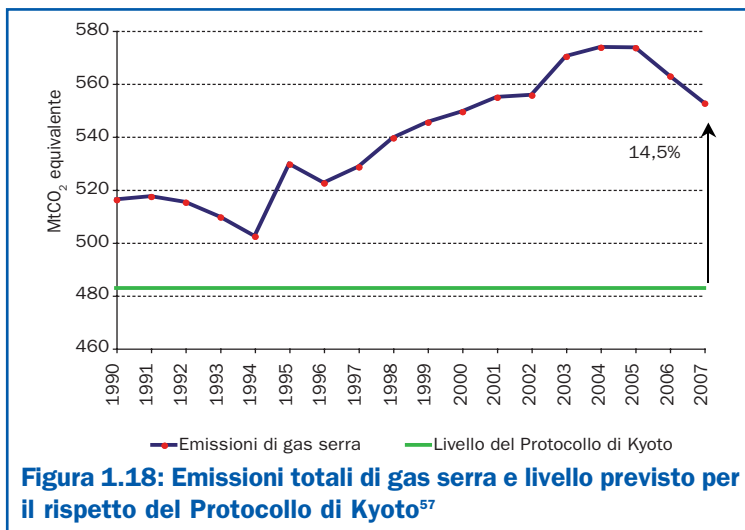
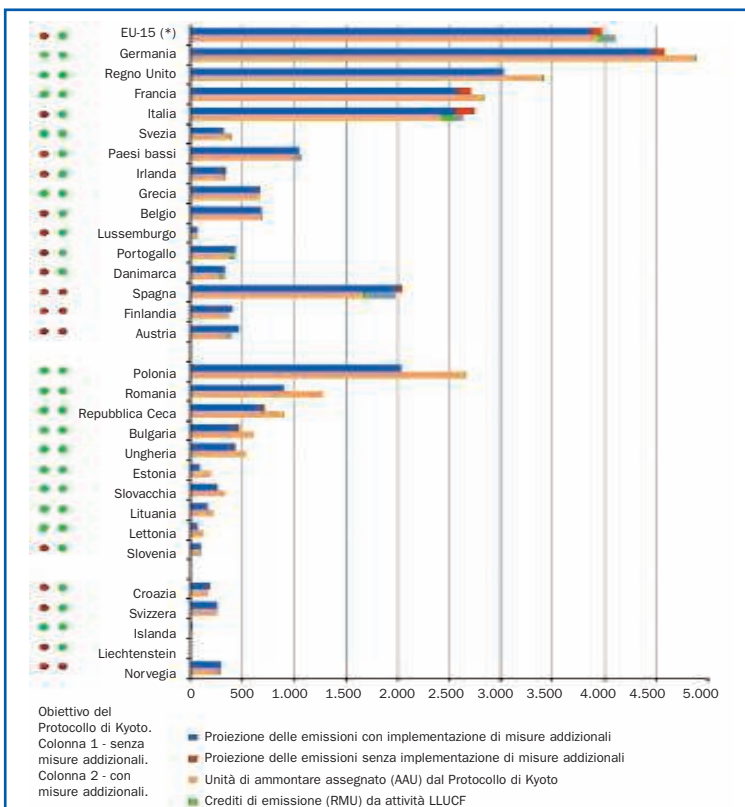


Figura 1.18: Emissioni totali di gas serra e livello previsto per il rispetto del Protocollo di Kyoto⁵⁷

Secondo le valutazioni del rapporto "Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009 - Tracking progress towards Kyoto targets" dell'Agenzia Europea dell'Ambiente, l'Italia potrebbe raggiungere gli obiettivi stabiliti dal Protocollo di Kyoto solo se, oltre a utilizzare crediti di emissione derivanti dalle attività LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*) e ad acquistare quote derivanti dai meccanismi flessibili previsti dal Protocollo, attuerà ulteriori misure di riduzione delle emissioni, in aggiunta a quelle già esistenti; tali misure devono però ancora essere identificate e adottate.

⁵⁷ Fonte: ISPRA



Note: I Paesi sono raggruppati in UE15, UE12 (escluse Malta e Cipro che non hanno obiettivi nel Protocollo di Kyoto) e Paesi non UE. In tali raggruppamenti, i Paesi sono disposti in ordine crescente di intervallo assoluto tra le emissioni previste per il periodo 2008-2012 e i rispettivi obiettivi del Protocollo di Kyoto. A sinistra di ogni Paese è riportata con il primo punto colorato la differenza tra la proiezione delle emissioni di gas serra e gli obiettivi di Kyoto con le misure esistenti (esclusa l'attività dei *sink* ed i meccanismi di Kyoto: CDM, JI), mentre con il secondo punto colorato viene indicata la differenza tra la proiezione delle emissioni di gas serra e gli obiettivi di Kyoto con l'adozione di misure aggiuntive. I punti verdi e rossi indicano emissioni rispettivamente inferiori e superiori a quanto richiesto dal Protocollo di Kyoto.

(*): media annuale delle emissioni per UE15, mentre per i singoli Paesi sono riportate le proiezioni delle emissioni totali per il periodo 2008-2012 e gli obiettivi di Kyoto.

Le proiezioni per il periodo 2008-2012 sono comunicate dagli Stati membri (Belgio, Bulgaria, Danimarca, Irlanda, Italia, Lussemburgo e Portogallo) o stimate dall'Agenzia Europea dell'Ambiente in base alle emissioni del 2007 e le proiezioni per il 2010 e 2015 come comunicate dai Paesi.

Per ciascun Paese, la barra superiore rappresenta la quantità di emissioni permesse per il periodo 2008-2012 (obiettivo iniziale del Protocollo di Kyoto più la stima delle emissioni provenienti dalla riduzione di emissioni dalle attività dei *sink* e dall'acquisto di crediti attraverso i meccanismi flessibili previsti dal Protocollo). La barra inferiore rappresenta la proiezione delle emissioni nel periodo 2008-2012.

Un Paese può raggiungere il proprio obiettivo quando le sue emissioni (barra superiore) non superano il rispettivo obiettivo di Kyoto (barra inferiore).

Figura 1.19: Confronto tra le emissioni previste dai Paesi europei per il periodo 2008-2012 e gli obiettivi del Protocollo di Kyoto⁵⁸



Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente, al momento solo tre Stati membri (Austria, Finlandia e Spagna) prevedono che non saranno in grado di raggiungere il proprio obiettivo di Kyoto senza ulteriori interventi.

⁵⁸ Fonte: EEA, *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009 - Tracking progress towards Kyoto targets, forthcoming*



Per quanto riguarda l'obiettivo di una riduzione di almeno il 20% delle emissioni di gas serra al 2020 rispetto ai livelli del 1990, l'UE è a circa metà del cammino, avendo registrato nel 2007 una riduzione delle emissioni del 9,3% rispetto al 1990.

L'andamento dei prezzi energetici è una delle cause dei cambiamenti in atto negli approvvigionamenti.

All'interno del settore energetico sono in atto una serie di cambiamenti negli approvvigionamenti, infatti, crescono i consumi di gas naturale rispetto ai prodotti petroliferi e il contributo delle fonti rinnovabili e della cogenerazione, e dal 2001 anche i consumi di combustibili solidi.

Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente, al momento solo tre Stati membri (Austria, Finlandia e Spagna) prevedono che non saranno in grado di raggiungere il proprio obiettivo di Kyoto senza ulteriori interventi. Per quanto riguarda invece l'obiettivo di una riduzione di almeno il 20% delle emissioni di gas serra al 2020 rispetto ai livelli del 1990, le valutazioni sono ancora a uno stadio preliminare; nel suo insieme, l'UE è a circa metà del cammino, avendo registrato nel 2007 una riduzione delle emissioni del 9,3% rispetto al 1990.

L'andamento dei prezzi energetici è una delle cause dei cambiamenti in atto negli approvvigionamenti, con la crescita del ruolo del gas naturale rispetto ai prodotti petroliferi, un tendenziale aumento del contributo delle fonti rinnovabili e della cogenerazione e, a partire dal 2001, una ripresa dei consumi di combustibili solidi, il cui contributo alle fonti energetiche primarie (compresa l'energia elettrica primaria) è passato dall'8,6% del 2001 all'11,5% del 2008.

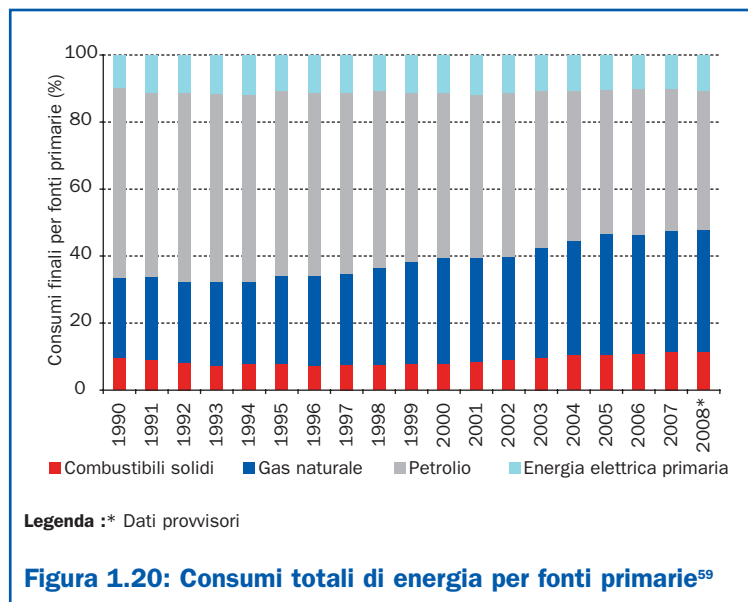


Figura 1.20: Consumi totali di energia per fonti primarie⁵⁹

⁵⁹ Fonte: Elaborazione ENEA su dati del Ministero dello sviluppo economico



Le modifiche nel *mix* delle fonti primarie non hanno comunque ridotto l'elevata dipendenza energetica del nostro Paese, che anzi è passata dall'82,8% nel 1990 all'85,5% nel 2008, con un incremento del 2,7%. L'obiettivo di limitare la vulnerabilità del nostro sistema economico conseguente a questa struttura degli approvvigionamenti ha indotto l'attuale Governo a presentare provvedimenti legislativi finalizzati alla localizzazione di nuove centrali nucleari. A partire dal 1990 si registra un *trend* crescente dei consumi finali di energia, con un picco raggiunto nel 2005 (+20,7% rispetto al 1990).

A partire dal 2006 si osserva un'inversione di tendenza, con un calo dei consumi finali nel 2008 pari al 4,1% rispetto al 2005. Complessivamente i consumi finali del 2008 aumentano del 15,7% rispetto al 1990. I principali settori che contribuiscono al *trend* complessivo mostrano una contrazione dei consumi negli ultimi anni. In particolare:

- l'industria presenta un declino del 8,6% dei consumi energetici a partire dal 2004;
- il settore residenziale e terziario ha una riduzione del 3,5% rispetto al 2005 con una ripresa nell'ultimo anno (+4,8% rispetto al 2007);
- il settore dei trasporti, in controtendenza rispetto agli altri settori, fa registrare un costante incremento dei consumi finali dal 1990 (+29,6% nel 2008), Tale andamento appare interrotto solo nel 2005 e nel 2008 con una diminuzione dei consumi rispetto agli anni precedenti. Nel 2008, in base alle stime provvisorie, la riduzione è stata del 1,7%;
- il settore agricoltura e pesca presenta una costante contrazione dal 2005 (-3,9%).

Relativamente alla distribuzione dei consumi finali di energia (usi non energetici e *bunkeraggi* esclusi) il settore residenziale e terziario assorbe il 34,4% dei consumi, seguito dai settori trasporti e industria, 34,2% e 29%, rispettivamente. Il settore agricoltura e pesca assorbe il restante 2,5% dei consumi finali.

In Italia il calo dei consumi energetici totali negli ultimi anni, insieme alla crescita limitata del PIL, è alla base della consistente riduzione dell'intensità energetica tra il 2005 e il 2008 (-5,3%), che fa seguito a una serie di valori piuttosto elevati (intorno ai 159 tep per milione di euro) registrati tra il 2003 e il 2005. Nel 2007, l'Italia è il Paese del G20 con la più bassa intensità energetica totale in termini di valori corretti a parità di potere d'acquisto, inferiore alla media mondiale e a quella OCSE.

Le modifiche nel mix delle fonti primarie non hanno comunque ridotto l'elevata dipendenza energetica del nostro Paese.

A partire dal 1990 si registra un trend crescente dei consumi finali di energia, con un picco raggiunto nel 2005 (+20,7% rispetto al 1990). A partire dal 2006 si osserva una inversione di tendenza, con un calo dei consumi finali nel 2008 pari al 4,1% rispetto al 2005.

In Italia il calo dei consumi energetici totali negli ultimi anni, insieme alla crescita limitata del PIL, è alla base della consistente riduzione dell'intensità energetica tra il 2005 e il 2008 (-5,3%).



Nel 2007, tra i Paesi del G20 l'Italia presenta la più bassa intensità energetica totale in termini di valori corretti a parità di potere d'acquisto, inferiore alla media mondiale e a quella OCSE.

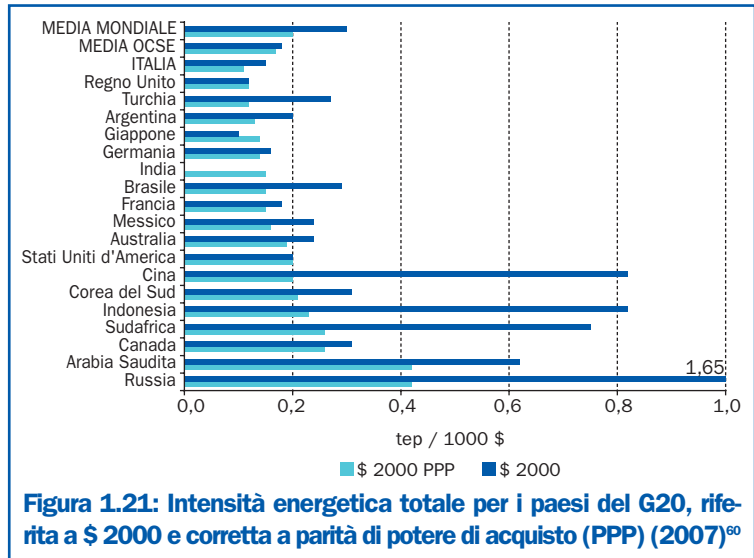


Figura 1.21: Intensità energetica totale per i paesi del G20, riferita a \$ 2000 e corretta a parità di potere di acquisto (PPP) (2007)⁶⁰

Tra il 1994 e il 2008, il tasso di crescita della produzione di energia elettrica è stato notevolmente maggiore di quello dei consumi totali di energia. Tale andamento indica un ruolo crescente dell'elettricità come vettore energetico nel sistema energetico nazionale.

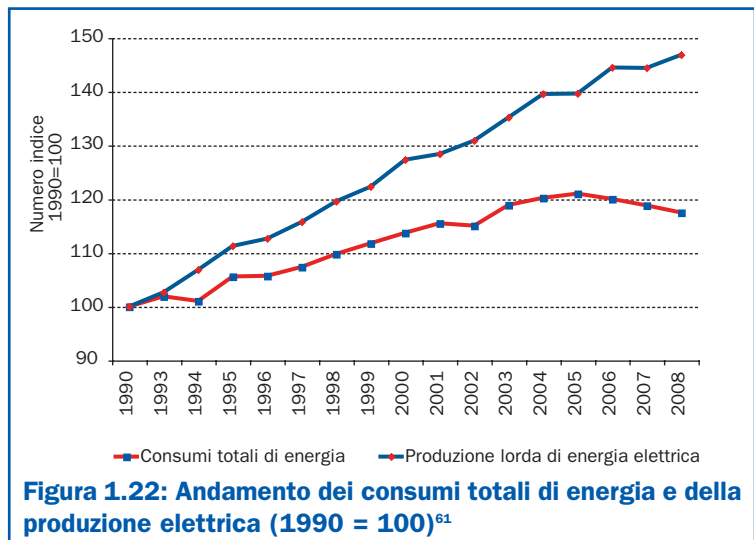


Figura 1.22: Andamento dei consumi totali di energia e della produzione elettrica (1990 = 100)⁶¹

⁶⁰ Fonte: Agenzia Internazionale per l'Energia (AIE)

⁶¹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Ministero dello sviluppo economico e TERN S.p.A.



Tra il 1994 e il 2008, il tasso di crescita della produzione di energia elettrica è stato notevolmente maggiore di quello dei consumi totali di energia. Tale risultato indica un ruolo crescente dell'elettricità come vettore energetico nel sistema energetico nazionale.

I consumi finali di energia elettrica a livello regionale rivelano una struttura estremamente eterogenea del territorio nazionale. I dati relativi al 2008 mostrano che la Lombardia consuma il 21,6% del totale nazionale; segue il Veneto con il 10,1%. Mentre l'Emilia Romagna e il Piemonte si attestano rispettivamente al 9% e all'8,4% e altre regioni come Lazio, Toscana, Puglia, Campania e Sicilia invece, si attestano intorno a un valore medio del 6,1%. Le nove regioni menzionate consumano, complessivamente il 79,5% del totale italiano (Figura 1.23).

Tra il 1994 e il 2008, il tasso di crescita della produzione di energia elettrica è stato notevolmente maggiore di quello dei consumi totali di energia.

I consumi finali di energia elettrica a livello regionale rivelano una struttura estremamente eterogenea del territorio nazionale.

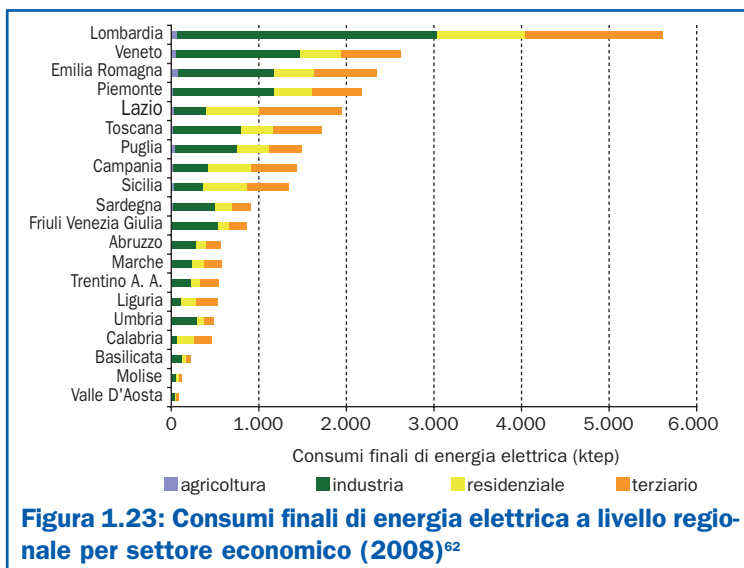


Figura 1.23: Consumi finali di energia elettrica a livello regionale per settore economico (2008)⁶²

Il sistema dei trasporti deve far fronte a forti aumenti della domanda di mobilità. Nel periodo 1990-2008 la domanda di trasporto passeggeri è aumentata del 34%, mentre la domanda di trasporto di merci per distanze superiori ai 50 km cresce, nello stesso periodo, del 23,2%.

I consumi di energia elettrica a livello regionale rivelano una struttura estremamente eterogenea del territorio nazionale. La Lombardia consuma il 21,6% del totale nazionale. Nove regioni (Lombardia, Veneto, Emilia Romagna, Piemonte, Lazio, Toscana, Puglia, Campania e Sicilia) consumano complessivamente il 79,5% del totale italiano.

Il sistema dei trasporti deve far fronte a forti aumenti della domanda di mobilità. Nel periodo 1990-2008 la domanda di trasporto passeggeri è aumentata del 34%, mentre la domanda di trasporto di merci per distanze superiori ai 50 km cresce, nello stesso periodo, del 23,2%.

⁶² Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ENEA

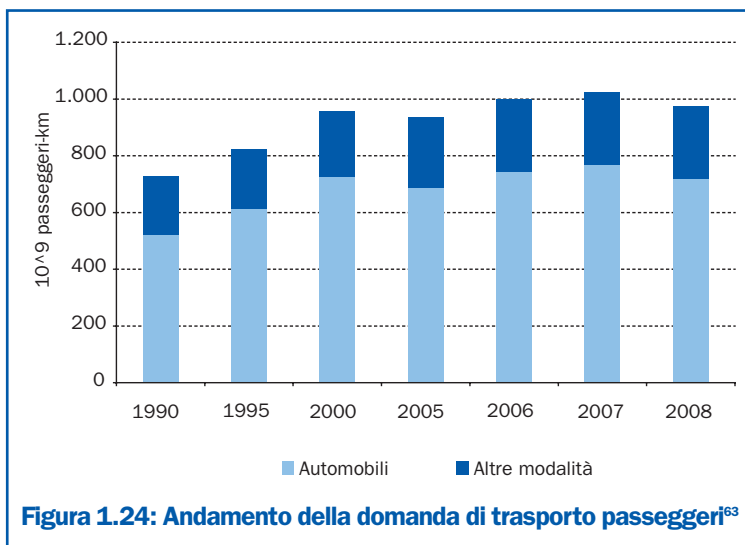


*Nel periodo 1990-2008 la domanda di trasporto passeggeri è aumentata del 34%.
Il trasporto stradale (autovetture e moto) nel 2008 costituisce l'81,6% (solo le autovetture il 73,8%) della domanda di trasporto passeggeri.*

La domanda di trasporto passeggeri presenta una stasi nella crescita nel periodo 2000-2005, seguita da un incremento nei due anni successivi. Nel 2008 si registra una riduzione della domanda di trasporto (-4,7% rispetto al 2007) (Figura 1.24).

La domanda di trasporto passeggeri continua a essere soddisfatta soprattutto dalla modalità di trasporto stradale, la meno efficiente dal punto di vista economico e ambientale. In particolare, il trasporto stradale su autovetture e motocicli costituisce, nel 2008, l'81,6% della domanda di trasporto passeggeri.

L'Italia si trova al secondo posto tra i Paesi europei, dopo il Lussemburgo, per il numero di autovetture circolanti in relazione alla popolazione residente, ma è prima per il numero di veicoli, tenendo conto anche dei motocicli e dei veicoli commerciali; a livello mondiale, solo gli USA hanno un tasso di motorizzazione più elevato, se espresso in veicoli per abitante.



La domanda di trasporto merci è aumentata al 1990 a oggi (+23,2% nel 2008 rispetto al 1990), ed è strettamente legata

⁶³ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati CNT

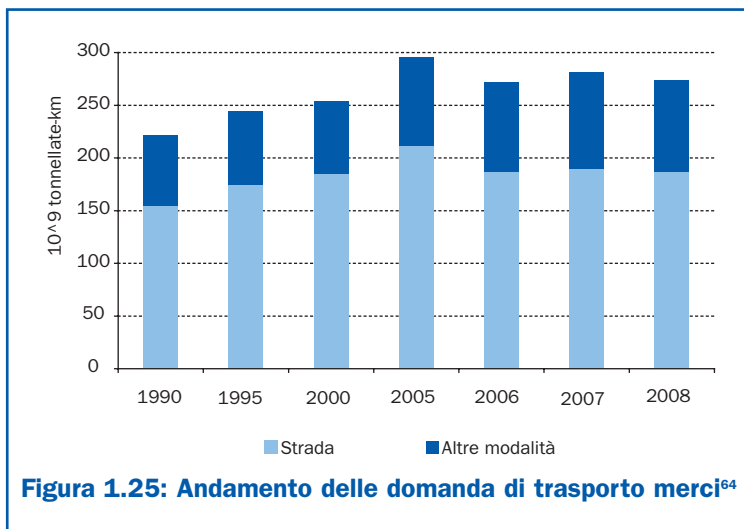


alle dinamiche di sviluppo economico e al processo di integrazione europea (Figura 1.25).

Il trasporto merci avviene prevalentemente tramite autotrasporto, con una quota abbastanza costante dal 1990 che oscilla intorno al 70% rispetto alle altre modalità di trasporto (68,2% nel 2008). Nel 2008, il trasporto di merci per via marittima e per via ferroviaria rappresentano rispettivamente il 17,7% e il 9,5%, mentre il trasporto aereo costituisce un marginale 0,4%.

La domanda di trasporto merci presenta una rilevante crescita nel periodo 2000-2005, seguita da una contrazione negli anni successivi. Il trasporto su strada aumenta dello 0,9% rispetto al 2000. Per quanto riguarda le “altre modalità” si registra un rilevante incremento delle merci trasportate via mare (+43,8%) dopo il 2000, mentre incrementi più modesti riguardano il trasporto ferroviario (+3,9%). Per il trasporto aereo e per gli oleodotti l’incremento rispetto al 2000 è pari rispettivamente al 17,8% e 18,6%.

Il trasporto merci avviene prevalentemente tramite autotrasporto, con una quota abbastanza costante dal 1990 che oscilla intorno al 70% rispetto alle altre modalità di trasporto (68,2% nel 2008).



La domanda di trasporto manifesta dal 1990 al 2008 una crescita del 23,2%. Inoltre, dalle stime del 2008, emerge che il trasporto di merci sul territorio nazionale avviene prevalentemente su strada (68,2%) e le altre modalità, come il trasporto di merci per via marittima e per via ferroviaria, rappresentano rispettivamente il 17,7% e il 9,5% del trasporto totale.

⁶⁴ Fonte: Serie storiche ricalcolate da ISPRA con criteri omogenei su dati del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti), la serie storica del trasporto merci risente di variazioni nella metodologia di raccolta dati da parte ISTAT



Nel 2009, sono stati pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee i documenti legislativi del pacchetto "Energia – Cambiamenti Climatici", oggetto dello storico accordo "20-20-20".

In ambito europeo, la Commissione Europea ha presentato nell'aprile 2009 il Libro bianco

Le misure di risposta

Le principali misure di risposta ai cambiamenti climatici sono relative alla mitigazione, che consiste nella riduzione delle emissioni di gas serra, e all'adattamento, che ha l'obiettivo di minimizzare le possibili conseguenze negative e di prevenire gli eventuali danni derivanti dai cambiamenti climatici. Tali misure sono fra loro complementari.

In merito alle misure di mitigazione è importante menzionare che, nel 2009, sono stati pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee tutti i documenti legislativi del pacchetto "Energia – Cambiamenti Climatici", oggetto dello storico accordo cosiddetto "20-20-20" nel Consiglio Europeo del 18 dicembre 2008, e cioè:

- la Direttiva 2009/28/CE sulla promozione delle energie rinnovabili, che fissa per l'UE l'obiettivo vincolante di un contributo del 20% delle fonti rinnovabili al consumo totale di energia entro il 2020, con una ripartizione degli oneri tra gli Stati membri; all'Italia spetta un obiettivo del 17%;
- la Decisione 406/2009 sulla condivisione degli sforzi, che fissa per l'UE l'obiettivo vincolante di una riduzione delle emissioni di gas serra per i settori non regolati dalla Direttiva 2003/87/CE, pari al 10% rispetto ai livelli del 2005 a livello comunitario, con una ripartizione degli oneri tra gli Stati membri; all'Italia spetta un obiettivo del 13%;
- la Direttiva 2009/29/CE relativa alla revisione e all'estensione del sistema europeo di *emissions trading*, che fissa per l'UE l'obiettivo vincolante di una riduzione delle emissioni di gas-serra del 21% rispetto ai livelli del 2005 per i settori regolati dalla Direttiva 2003/87/CE;
- la Direttiva 2009/31/CE sulla cattura e lo stoccaggio del carbonio, che definisce un quadro legale per lo stoccaggio geologico dell'anidride carbonica, tale da garantire che il contenimento di questa sostanza sia permanente e che i possibili rischi per l'ambiente e per la salute siano ridotti al minimo.

Mentre, per il tema adattamento, la Commissione Europea ha presentato nell'aprile 2009 il Libro bianco "L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo", con



l'obiettivo di rendere l'UE meno vulnerabile agli impatti dei cambiamenti climatici⁶⁵.

Il documento stabilisce un quadro d'azione, incentrato sui seguenti punti:

- consolidare la base delle conoscenze sui rischi e le conseguenze dei cambiamenti climatici;
- tener conto dell'impatto del fenomeno nelle principali politiche dell'UE;
- combinare le diverse misure politiche per ottenere il miglior effetto possibile (ad esempio, per facilitare l'adattamento si potrebbe ricorrere a forme nuove di finanziamento, tra cui programmi basati sul mercato);
- sostenere sforzi internazionali di adattamento più ampi;
- operare in collaborazione con amministrazioni nazionali, regionali e locali.

In termini operativi, il Libro bianco prevede che:

- l'accesso a una più ampia gamma di dati riguardanti l'impatto sul clima potrà agevolare i processi decisionali;
- entro il 2011 sia istituito un meccanismo per lo scambio delle informazioni (*Clearing House Mechanism*), in modo da consentire un più facile accesso a molteplici fonti d'informazioni sulle conseguenze dei cambiamenti climatici, le aree a rischio e le migliori pratiche;
- l'adattamento sia preso in considerazione nelle principali politiche dell'UE.

Entro il 2011, la Commissione Europea e l'Agenzia Europea dell'Ambiente prevedono di sviluppare una serie di strumenti a supporto delle politiche di adattamento, tra i quali:

- linee-guida per l'elaborazione di strategie regionali di adattamento ai cambiamenti climatici;
- set di indicatori di impatto, vulnerabilità e adattamento;
- valutazioni economiche dei costi e dei benefici dell'adattamento.

“L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo”, con l'obiettivo di rendere l'UE meno vulnerabile agli impatti dei cambiamenti climatici.

⁶⁵ Commissione delle Comunità Europee, 2009, *Libro bianco “L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo”*, COM(2009) 147 definitivo, Bruxelles, 01/04/2009



Nei Paesi dell'Unione Europea, un ruolo centrale nelle strategie di mitigazione è stato assegnato all'attuazione del sistema europeo di emissions trading, istituito in base alla Direttiva 2003/87/CE.

Mitigazione

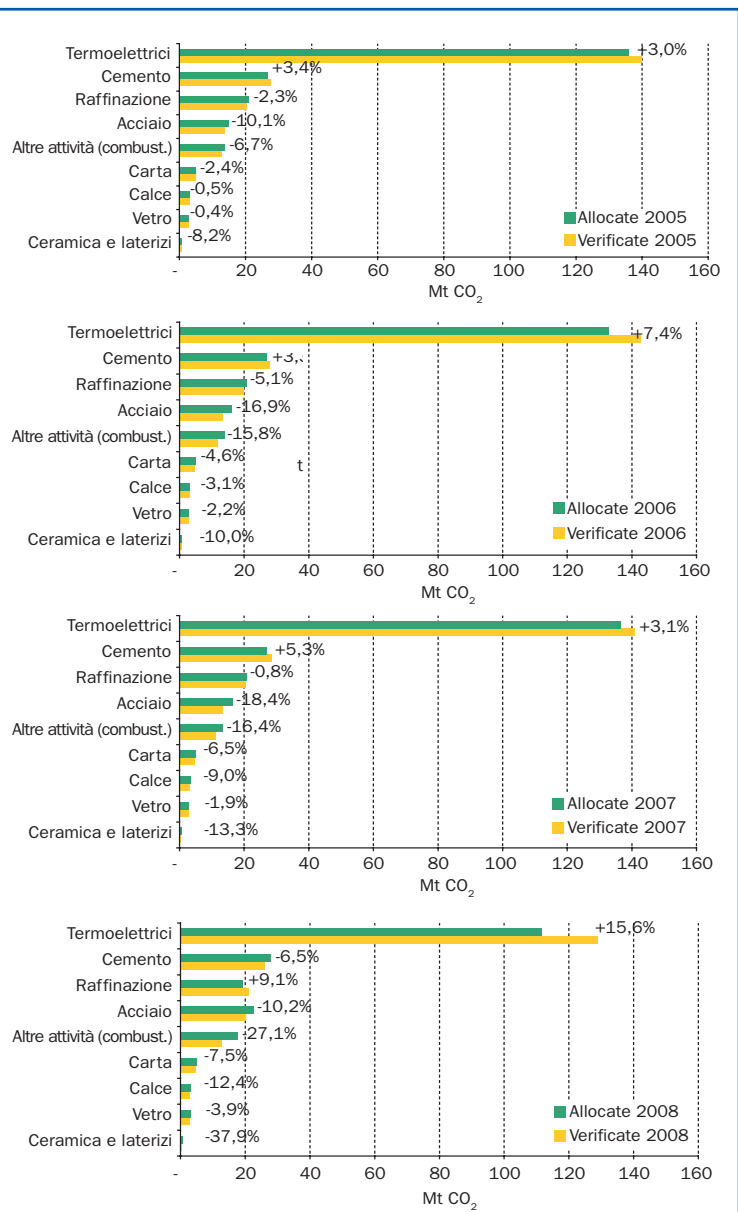
Nei Paesi dell'Unione Europea, un ruolo centrale nelle strategie di mitigazione (ossia di prevenzione dei cambiamenti climatici attraverso la riduzione delle emissioni di gas serra e l'incremento degli assorbimenti di anidride carbonica) è stato assegnato all'attuazione del sistema europeo di *emissions trading*, istituito in base alla Direttiva 2003/87/CE. Questo sistema comporta la definizione di un limite massimo (*cap*) alle emissioni di gas serra dagli impianti industriali che ricadono nel campo di applicazione della direttiva. I permessi di emissione ammissibili vengono assegnati a ciascun impianto attraverso il Piano Nazionale di Allocazione (PNA). Ogni permesso (*European Allowances Unit*, EAU) attribuisce il diritto a emettere una tonnellata di anidride carbonica in atmosfera nel corso dell'anno di riferimento. I permessi di emissione di CO₂ allocati ma non utilizzati possono essere scambiati tra i diversi operatori del mercato europeo. Tale sistema dovrebbe innescare un meccanismo di mercato di natura concorrenziale che porti alla riduzione delle emissioni da parte degli impianti industriali. Da questo punto di vista, il prezzo al quale sono stati scambiati i permessi di emissione sul mercato europeo rappresenta un utile indicatore dell'efficacia del sistema e della sua capacità di trasmettere agli operatori un segnale di scarsità rispetto alla disponibilità di permessi.

Il primo periodo di implementazione del sistema di *emissions trading* (ETS) è partito il 1° gennaio 2005 e si è concluso il 31 dicembre 2007.

In Italia, le quote del primo periodo sono state assegnate con il provvedimento DEC/RAS/74/2006 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Recentemente, il Comitato nazionale di gestione e attuazione della Direttiva 2003/87/CE, costituito da rappresentanti del MATTM e del Ministero dello sviluppo economico, ha provveduto con la Decisione 20/2/2008 all'assegnazione delle quote per il secondo periodo (2008-2012).

Per gli anni dal 2005 al 2008 sono disponibili i dati consuntivi delle emissioni di gas serra per i diversi settori.

Nel triennio 2005-2007 (Figura 1.26), il settore termoelettrico e i cementifici hanno fatto registrare valori di emissioni superiori alle



Legenda:

Il valore percentuale rappresenta la variazione delle emissioni di CO₂ rispetto alle quote assegnate.

“Allocate”: quote di emissione di CO₂ assegnate agli impianti.

“Verificate”: quantità di CO₂ effettivamente emessa dagli impianti.

Figura 1.26: Confronto tra emissioni allocate e verificate per i tre anni del primo periodo 2005-2007 e per il 2008 per i diversi settori industriali⁶⁶



Considerando la somma delle quote assegnate ed emesse nel triennio 2005-2007, il differenziale di emissione di gas serra da parte degli impianti afferenti al sistema ETS è stato di +5,7 Mt CO₂ rispetto alla soglia consentita.

Nel primo anno del secondo periodo (2008-2012), le emissioni complessive di CO₂ hanno superato di 9 Mt CO₂ le quote assegnate.

⁶⁶ Fonte: ISPRA



Considerando la somma delle quote assegnate ed emesse nel triennio 2005-2007, il differenziale di emissione di gas serra da parte degli impianti afferenti al sistema ETS è stato di +5,7 Mt CO₂ rispetto alla soglia consentita.

Il primo anno del secondo periodo (2008-2012), le emissioni complessive di CO₂ hanno superato di 9 Mt CO₂ le quote assegnate.

rispettive allocazioni, mentre per i restanti settori si osservano emissioni inferiori rispetto alla soglia definita dal Piano di allocazione. Inoltre, è evidente come, per diversi settori (acciaio, altre attività di combustione, carta, calce, ceramica e laterizi), la riduzione rispetto all'allocazione sia progressivamente aumentata nel corso del triennio. Le emissioni totali sono risultate superiori rispetto all'allocazione nazionale per i primi due anni (+0,8% nel 2005 e +1,9% nel 2006), mentre nell'ultimo anno si è registrata una quantità di emissioni lievemente inferiore rispetto all'allocazione (-0,2%).

In termini complessivi, ovvero considerando la somma delle quote assegnate ed emesse nel triennio 2005-2007, il differenziale di emissione di gas serra da parte degli impianti afferenti al sistema ETS è stato di +5,7 Mt CO₂ rispetto alla soglia consentita.

Per quanto riguarda invece il primo anno del secondo periodo (2008-2012), le emissioni complessive di CO₂ hanno superato di 9 Mt CO₂ le quote assegnate. Le emissioni sono risultate superiori alle assegnazioni per il settore termoelettrico (+15,6%) e per la raffinazione (+9,1%), mentre per gli altri settori si sono registrate riduzioni tra il 3,9% e il 37,9% in confronto alle rispettive assegnazioni.

A partire dai dati di emissione dichiarati dagli impianti appartenenti al sistema europeo di *emissions trading*, sono state tentate alcune valutazioni dell'efficacia ambientale del sistema, attraverso una stima della riduzione delle emissioni di CO₂ attribuibile al suo funzionamento. Non esistono ovviamente metodologie o riferimenti certi per calcolare questa riduzione: le stime devono tener conto del *trend* delle emissioni storiche (*baseline*), ma anche degli andamenti reali dei principali parametri economici ed energetici nel periodo al quale le emissioni si riferiscono.

Una valutazione di questo tipo fa ammontare la riduzione delle emissioni di CO₂ avvenuta a livello europeo nel 2005 per effetto del funzionamento dell'ETS a circa 70 Mt CO₂, corrispondenti al 3% circa delle emissioni verificate a livello europeo⁶⁷.

Con l'uso della stessa metodologia, essenzialmente basata sul confronto tra le emissioni effettive e le proiezioni rispetto a un anno

⁶⁷ Ellerman A.D., Buchner B.K., *The European Union Emissions Trading Scheme: Origins, Allocation, and Early Results, Review of Environmental Economics and Policy*, Volume 1, Number 1, Winter 2007



base, ISPRA ha analizzato i dati degli impianti italiani appartenenti all'ETS del primo periodo (2005-2007)⁶⁸. Come riferimento, sono stati approntati tre scenari di crescita annua delle emissioni di CO₂ dall'anno base (0,5%, 1,0% e 1,5%). Le stime mostrano un impatto positivo dello scambio di quote sulle emissioni di CO₂ dai settori produttivi che fanno parte del sistema ETS. In particolare, per lo scenario considerato più probabile (crescita annua delle emissioni dell'1,0%), è stato stimato un abbattimento delle emissioni di 9,1 Mt CO₂ nel 2005, 10,0 Mt CO₂ nel 2006 e 13,4 Mt CO₂ nel 2007 (rispettivamente il 4,0%, il 4,4% e il 5,9% delle emissioni verificate). A livello nazionale, si segnala il ruolo crescente della cogenerazione, che consente di incrementare l'efficienza di conversione dell'energia disponibile nelle fonti primarie. Dal 1997, la quota di produzione termoelettrica netta con cogenerazione presenta un andamento parallelo alla produzione termoelettrica totale, l'incremento medio annuo di produzione elettrica netta, dal 1997 al 2008, è circa 5.424 GWh/anno e 5.487 GWh/anno, rispettivamente per la produzione termoelettrica con cogenerazione e per la produzione termoelettrica totale. La produzione di sola energia elettrica si mantiene pressoché costante nel periodo considerato con un incremento medio annuo, dal 1997 al 2008, pari a 64 GWh/anno. Tali dati mostrano che, dal 1997, il fabbisogno di nuova energia elettrica da impianti termoelettrici è prodotto quasi interamente in cogenerazione (Figura 1.27).

Per quanto riguarda il *mix* delle fonti primarie, si sottolinea che il ruolo crescente del gas naturale nella produzione termoelettrica influenza in termini positivi il *trend* delle emissioni di gas serra. Ciò è dovuto, oltre al valore più basso del fattore di emissione del gas naturale rispetto a quello delle altre fonti primarie, anche alla maggiore efficienza dei cicli combinati alimentati a gas naturale rispetto ai cicli a vapore tradizionali.

Si stima che la riduzione delle emissioni di CO₂ avvenuta a livello europeo nel 2005 per effetto del funzionamento dell'ETS ammonta a circa 70 MtCO₂, corrispondenti al 3% circa delle emissioni verificate a livello europeo.

A livello nazionale, si segnala il ruolo crescente della cogenerazione, che consente di incrementare l'efficienza di conversione dell'energia disponibile nelle fonti primarie.

Il ruolo crescente del gas naturale nella produzione termoelettrica influenza in termini positivi il trend delle emissioni di gas serra.

⁶⁸ Gaudio D., Caputo A., Arcarese C., "A preliminary assessment of CO₂ emissions abatement resulting from the implementation of the EU ETS in Italy", proceedings of the workshop "ecee 2009 Summer Study", 1-6 June 2009, La Colle sur Loup, Côte d'Azur, France, http://www.ecee.org/conference_proceedings/ecee/2009/



L'incremento medio annuo di produzione elettrica, dal 1997 al 2008, è circa 5.424 GWh/anno e 5.487 GWh/anno, rispettivamente per la produzione termoelettrica con cogenerazione e per la produzione termoelettrica totale, mentre la produzione di sola energia elettrica si mantiene pressoché costante nel periodo considerato. Tali dati segnalano che, dal 1997, il fabbisogno di nuova energia elettrica da impianti termoelettrici è prodotto quasi interamente in cogenerazione.

Nel periodo 1996-2008, il consumo specifico medio di tutti i combustibili utilizzati per la produzione netta di energia elettrica diminuisce del 12,8% (-1,4% tra il 2007 e il 2008).

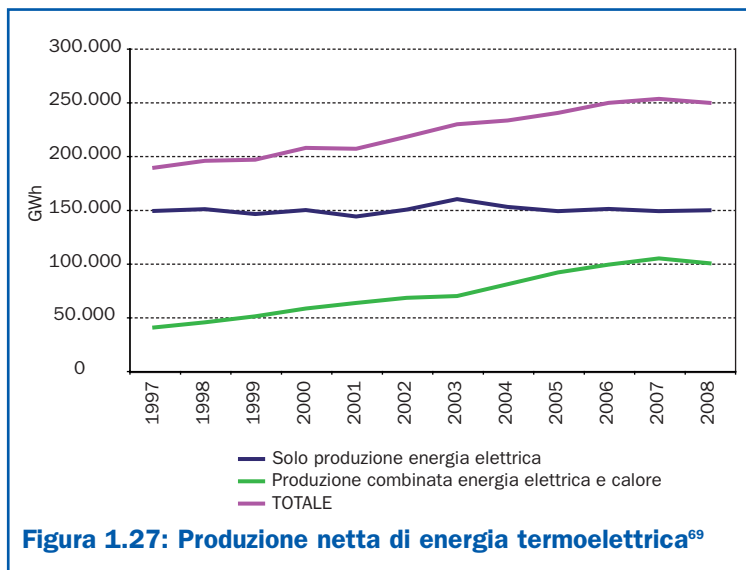


Figura 1.27: Produzione netta di energia termoelettrica⁶⁹

Nel periodo 1996-2008 si registra una diminuzione del 20,1% dei consumi specifici medi di gas naturale per la produzione netta di energia elettrica. Anche i gas derivati presentano nel 2008 una sensibile diminuzione dei consumi specifici, pari al 19,1% rispetto al 1996. Considerando tutti i combustibili utilizzati per la produzione elettrica, il consumo specifico medio diminuisce del 12,8% (-1,4% tra il 2007 e il 2008). Il consumo specifico medio per la produzione elettrica riferito a tutti i combustibili risente dell'utilizzo dei prodotti petroliferi e del combustibile solido che hanno minore efficienza rispetto ai combustibili gassosi, infatti, nel periodo considerato, i consumi specifici medi dei prodotti petroliferi e del combustibile solido aumentano rispettivamente dell'11,1% e del 10,4% (Figura 1.28).

⁶⁹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.

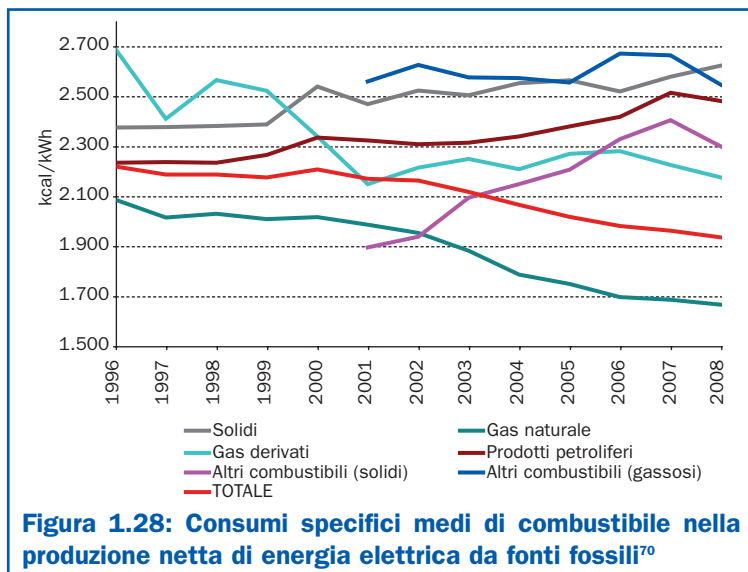


Figura 1.28: Consumi specifici medi di combustibile nella produzione netta di energia elettrica da fonti fossili⁷⁰

Nel periodo 1996-2008 si ha una diminuzione del 20,1% dei consumi specifici medi di gas naturale e del 19,1% di quelli dei gas derivati. In generale per la produzione elettrica il consumo specifico medio diminuisce del 12,8%. A fronte di un aumento dei prodotti petroliferi e del combustibile solido rispettivamente dell'11,1% e 10,4%.

Sul fronte dell'efficienza energetica negli usi finali, la Direttiva 2006/32/CE fissa gli obiettivi per gli Stati membri per l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici. L'obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico è pari al 9% entro il nono anno di applicazione della direttiva (2016). Secondo quanto previsto dall'art. 4, gli Stati membri dovranno adottare misure efficaci al conseguimento di detto obiettivo; il Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica, presentato dall'Italia nel luglio 2007 in ottemperanza all'art. 14 della direttiva, individua una serie di azioni che permetteranno di risparmiare il 9,6% di energia nel 2016, rispetto alla media dei consumi energetici dal 2001 al 2005.

Tra queste azioni, occupa un ruolo centrale il sistema dei certificati bianchi, previsto dall'art. 6 della Direttiva 2006/32/CE, al quale l'Italia ha dato attuazione per prima, subito dopo il Regno Unito, con i Decreti Ministeriali 20 luglio 2004. L'obiettivo di questi decreti, successivamente integrati dal Decreto Ministeriale 21 dicembre 2007, è quello di conseguire un risparmio di energia che andrà aumentando anno per anno fino a raggiungere, nel

In base alla Direttiva 2006/32/CE, l'obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico è pari al 9% entro il 2016.

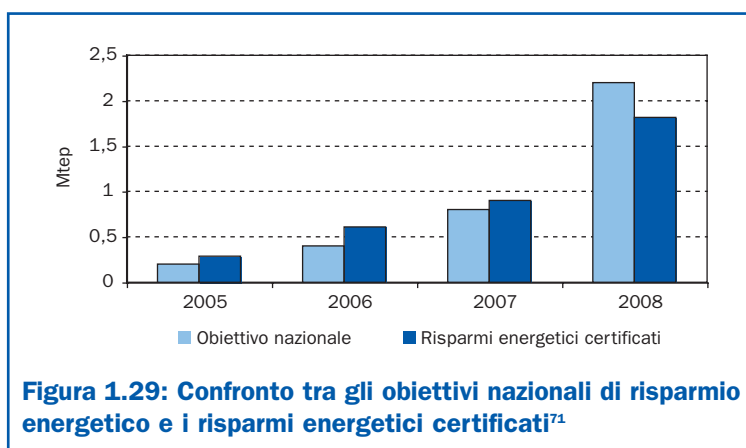
L'obiettivo dei DM del 20 luglio 2004 e del DM del 21 dicembre 2007 è conseguire un risparmio di energia che andrà aumentando fino a raggiungere, nel 2012, un livello pari a 6 Mtep all'anno.

⁷⁰ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.



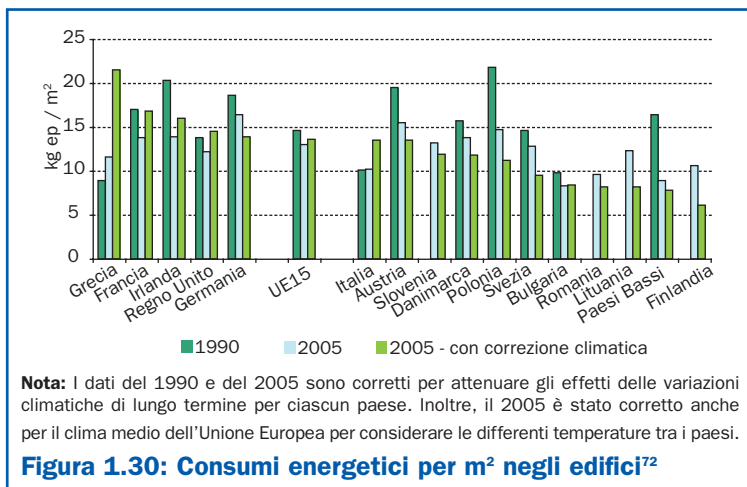
Nei primi quattro anni di funzionamento del sistema dei certificati bianchi, i risparmi energetici certificati sono stati equivalenti alla somma degli obiettivi annuali di risparmio energetico individuati dai decreti.

2012, un livello pari a 6 Mtep all'anno, attraverso l'introduzione di obblighi quantitativi di risparmio di energia primaria per i distributori di energia elettrica e di gas naturale.



La Figura 1.29 mette in evidenza che, nei primi quattro anni di funzionamento del sistema, i risparmi energetici certificati sono stati equivalenti alla somma degli obiettivi annuali di risparmio energetico individuati dai decreti sopra citati, a conferma del buon funzionamento del sistema. La maggior parte delle misure di miglioramento dell'efficienza energetica previste dal Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica si riferisce al settore residenziale, in termini di fabbisogno energetico dell'edificio (per il riscaldamento e il raffrescamento) e di consumi dei dispositivi di uso finale dell'energia. Il potenziale degli interventi del primo tipo è messo in evidenza dai dati del 2005 relativi al consumo energetico per superficie negli edifici della UE15 corretto per condizioni climatiche. I dati vedono l'Italia tra i Paesi a maggior consumo per m², insieme a Germania, Regno Unito, Irlanda, Francia e Grecia. Altri Paesi della UE15, come Austria, Danimarca, Svezia, Paesi Bassi e Finlandia presentano consumi energetici inferiori a quelli che si registrano per il nostro Paese (Figura 1.30).

⁷¹ Fonte: Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, "Il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica dall'1 gennaio al 31 maggio 2009, Secondo Rapporto statistico Intermedio relativo all'anno d'obbligo 2008, predisposto ai sensi dell'articolo 8, comma 1, del decreto ministeriale 21 dicembre 2007"



Nel 2005, i dati corretti per condizione climatica dei consumi energetici per m² evidenziano che l'Italia è uno dei Paesi a maggior consumo.

Nel nostro Paese, il processo normativo in materia di certificazione energetica degli edifici è molto lungo. Il principio è stato introdotto in Italia con la Legge 9 gennaio 1991, n. 10 che contemplava gli aspetti di certificazione energetica edilizia, tuttavia tale legge non è mai stata attuata.

Nel 1998, il D.Lgs. 31 marzo 1998 n. 112 aveva trasferito alle regioni le competenze amministrative sulla certificazione energetica degli edifici. Il recepimento della Direttiva 2002/91/CE è avvenuto nel nostro Paese con il D.Lgs. 192 del 19 agosto 2005, recentemente rivisto e integrato dal D.Lgs. 311 del 29 dicembre 2006.

Il 10 luglio 2009 il Ministero dello sviluppo economico ha pubblicato il decreto con le linee guida per la certificazione energetica degli edifici. A partire dal 25 luglio 2009, le regioni che non hanno ancora definito una legge al riguardo dovranno seguire le linee guida nazionali. Allo stato attuale sono ancora poche le regioni che hanno disposto delle regole in materia di attestato di certificazione energetica. Il decreto definisce le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici e gli strumenti di raccordo, concertazione, cooperazione tra lo Stato e le regioni,

Il 10 luglio 2009 il Ministero dello sviluppo economico ha pubblicato il decreto con le linee guida per la certificazione energetica degli edifici. Dal 25 luglio 2009 le regioni che non hanno definito una legge in materia dovranno seguire le linee guida nazionali.

⁷² Fonte: Elaborazione ISPRA su dati EEA/ODYSSEE



In Italia, a partire dal 2006, si osserva un significativo incremento della capacità installata per l'insieme delle fonti rinnovabili.

La produzione nazionale di energia elettrica da fonti rinnovabili costituisce il 18,8% della produzione elettrica totale.

alcune delle quali hanno già definito proprie procedure di certificazione, che si integrano alla normativa nazionale, nel rispetto delle peculiarità di ciascuna regione. Il provvedimento segue il Decreto del Presidente della Repubblica del 2 aprile 2009 n. 59, che fissa i requisiti energetici minimi per i nuovi edifici e per le ristrutturazioni di quelli esistenti.

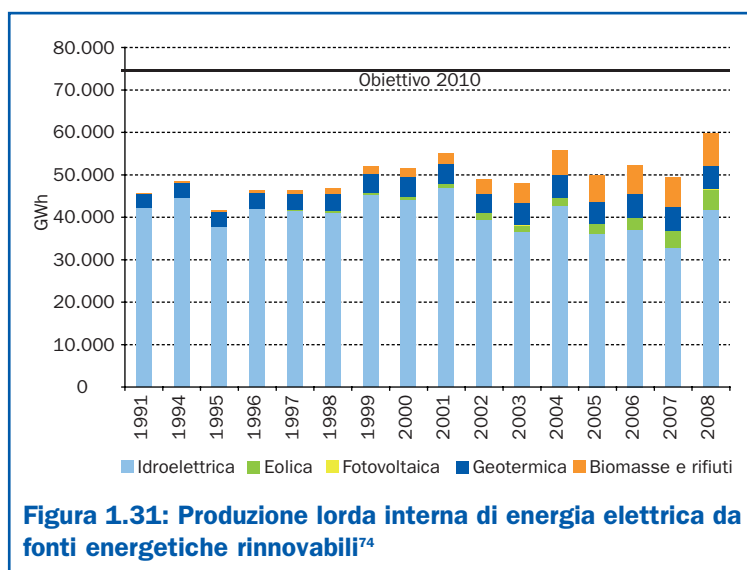
È atteso un ulteriore provvedimento per definire le figure professionali dei certificatori energetici abilitati al rilascio delle certificazioni.

A partire dal 2006 si osserva un significativo incremento della capacità installata per l'insieme delle fonti rinnovabili. Nel 2008, la potenza efficiente lorda operativa è stata pari a 23.859 MW con un tasso annuo medio di crescita del 6%. L'incremento di potenza del 2008 rispetto all'anno precedente è stato di 1.552 MW. La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili si è attestata, nel 2008, intorno a 59,7 TWh a fronte di una produzione elettrica totale pari a 318,2 TWh. La produzione nazionale di energia elettrica da fonti rinnovabili costituisce quindi il 18,8% della produzione elettrica totale. L'andamento della produzione complessiva è caratterizzato dalle fluttuazioni annuali del contributo dell'energia idroelettrica, legate alle condizioni meteorologiche, e dalla crescita del contributo delle fonti non tradizionali (eolico, geotermico, biomasse e rifiuti). In particolare, il contributo della fonte idroelettrica nel 2008 incide per il 69,7% della produzione elettrica da fonti rinnovabili. Negli ultimi anni è evidente l'incremento della produzione di elettricità dal vento (da 117,8 a 4.861,3 GWh nel periodo 1997-2008) e dalle biomasse/rifiuti (da 820,3 a 7.522,5 GWh). Anche per la produzione di origine geotermica si osserva un incremento da 3.905,2 a 5.520,3 GWh nel periodo 1997-2008, ma negli ultimi tre anni la produzione da questa fonte è rimasta sostanzialmente stabile. Il contributo del fotovoltaico rimane a livelli trascurabili (193,0 GWh nel 2008), sebbene nell'ultimo anno la produzione elettrica da tale fonte ha avuto un incremento del 395%.

La Direttiva 2001/77/CE, poneva un obiettivo indicativo del 22% di produzione elettrica da fonti rinnovabili rispetto al consumo interno lordo di elettricità (pari a circa 75 TWh per un consumo interno lordo di 340 TWh). Sebbene tale direttiva sia stata oggi



superata dalla Direttiva 2009/28/CE, tuttavia resta ancora l'unico *benchmark* per valutare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Per il calcolo del *target* è necessario considerare anche l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili importata da altri Paesi europei. In base ai dati forniti dal GSE, nel 2008, la produzione lorda da fonte rinnovabile comprensiva delle importazioni dall'estero ammonta al 24% del consumo interno lordo di energia elettrica⁷³.



La produzione elettrica nazionale da fonti rinnovabili rappresenta il 18,8% della produzione elettrica totale. Dal '97 al 2008 è evidente l'incremento di produzione elettrica dal vento (da 117,8 a 4.861,3 GWh) e da biomasse/ rifiuti (da 820,3 a 7.522,5 GWh) e anche, seppure in misura minore, da fonte geotermica (da 3.905,2 a 5.520,3 GWh).

In base ai dati del GSE, l'apporto di energia elettrica importata prodotta da fonti rinnovabili dal 2002 al 2008 incide mediamente per circa l'8% del consumo interno lordo di energia elettrica, mentre il contributo della produzione nazionale è mediamente del 14,7%.

⁷³ GSE, 2009, Statistiche sulle fonti rinnovabili in Italia. Anno 2008

⁷⁴ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.



Nel 2008 la produzione lorda da fonti rinnovabili comprensiva delle importazioni dall'estero di energia elettrica da fonti rinnovabili ammonta al 24% del consumo interno lordo di energia elettrica.

L'energia idroelettrica, concentrata nelle regioni dell'arco alpino, costituisce quasi il 69,7% dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Tabella 1.2: Andamento della produzione elettrica da fonti rinnovabili rispetto al consumo interno lordo di energia elettrica in Italia⁷⁵

Anno	C.I.L. ⁽¹⁾		Produzione lorda da FER ⁽²⁾		Produzione lorda Rinnovabile + Estero da FER	
	TWh	% del C.I.L.	TWh	% del C.I.L.	TWh	% del C.I.L.
2002	327,3	48,3	14,8	14,8	24,6	22,3
2003	337,2	47,1	14,0	14,0	26,5	21,8
2004	341,4	54,1	15,9	15,9	34,9	26,1
2005	346,0	48,6	14,1	14,1	9,7	16,9
2006	352,6	50,8	14,4	14,4	35,0	24,3
2007	354,5	47,9	13,5	13,5	38,2	24,3
2008	353,6	58,2	16,5	16,5	26,7*	24,0

(1) Consumo Interno Lordo: Produzione lorda nazionale – Produzione da Pompaggio + saldo estero
(2) Fonti Energetiche Rinnovabili
* Dato provvisorio

A livello regionale emerge una notevole eterogeneità nelle fonti energetiche utilizzate. L'energia idroelettrica, concentrata nelle regioni dell'arco alpino, costituisce il 69,7% dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili. La produzione di energia elettrica da fonte geotermica, limitata alla Toscana, costituisce il 9,2% dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili. Le biomasse rappresentano il 12,6% del totale, mentre da parte di eolico e fotovoltaico si registra una quota di energia elettrica pari all'8,5% rispetto alla produzione elettrica da fonti rinnovabili. La produzione da eolico avviene quasi totalmente nelle regioni meridionali e insulari (98,4%). L'incremento della potenza installata di circa 1.550 MW, registrato tra il 2007 e il 2008, è stato prevalentemente dovuto allo sviluppo dell'eolico (823 MW) e del fotovoltaico (345 MW), seguiti da biomasse e idrica, rispettivamente con 218 e 164 MW.

⁷⁵ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati GSE

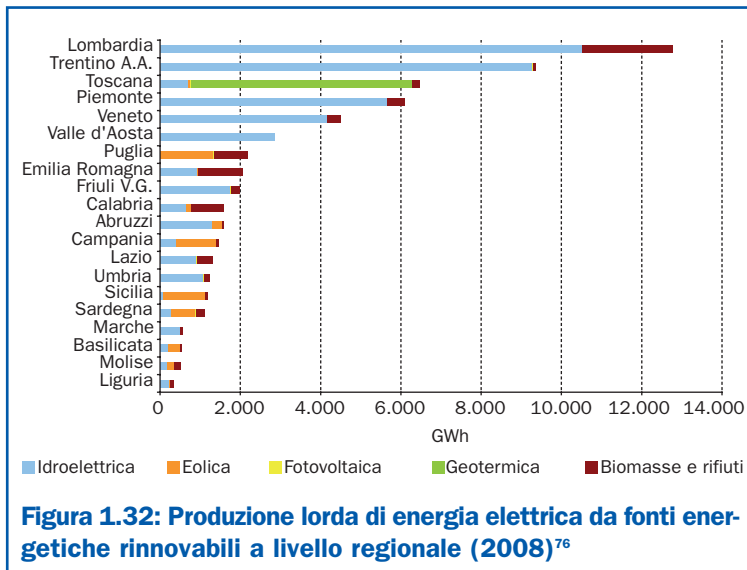


Figura 1.32: Produzione lorda di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili a livello regionale (2008)⁷⁶

La Direttiva 2009/28/CE stabilisce le quote di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo al 2020 per ciascun Paese dell'Unione Europea; tali quote comprendono sia i consumi di energia da fonte rinnovabile per la produzione di elettricità, sia quelli per usi termici e nei trasporti. Essa prevede inoltre la possibilità di concludere accordi per il trasferimento statistico da uno Stato membro all'altro di una determinata quantità di energia da fonti rinnovabili e di cooperare tra loro, o anche con Paesi terzi, per la produzione di energia da fonti rinnovabili. L'obiettivo di consumo di energia rinnovabile assegnato all'Italia è pari al 17% del consumo finale lordo. Nel 2007 la percentuale complessiva di energia rinnovabile rispetto al consumo finale era pari al 6,9% (Figura 1.33).

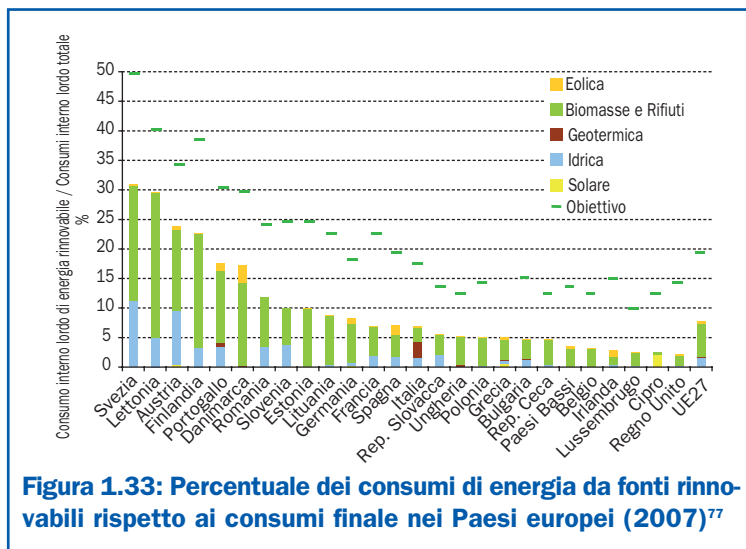
A livello regionale emerge una notevole eterogeneità nelle fonti energetiche rinnovabili utilizzate. La produzione elettrica da fonti rinnovabili avviene prevalentemente dall'idroelettrico concentrato sull'arco alpino, mentre la produzione da eolica e fotovoltaica proviene dalle regioni meridionali e insulari (98,4%).

La Direttiva 2009/28/CE stabilisce le quote di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo al 2020 per ciascun Paese dell'Unione Europea.

⁷⁶ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.



L'obiettivo di consumo di energia rinnovabile assegnato all'Italia (Direttiva 2009/28/CE) è pari al 17% del consumo finale lordo. Nel 2007 la percentuale complessiva di energia rinnovabile rispetto al consumo finale era pari al 6,9%.



Per il settore dei trasporti, si rileva un costante incremento del consumo di combustibili dal 1990 al 2007 (+25,3% rispetto al 1990), solo tra il 2004 e il 2005 si è registrato un calo. L'andamento dei consumi appare caratterizzato da periodiche fasi di stabilizzazione seguite da successive riprese. La quota utilizzata di carburanti a minor impatto ambientale (gas naturale, GPL, *biodiesel*), rispetto al totale dei carburanti, presenta un andamento irregolare passando dal 5,6% del 1990 al 4,8% del 2007, con un picco del 6,1% nel 1995. Dal 2000 il consumo di questi carburanti presenta una diminuzione del 13,8%.

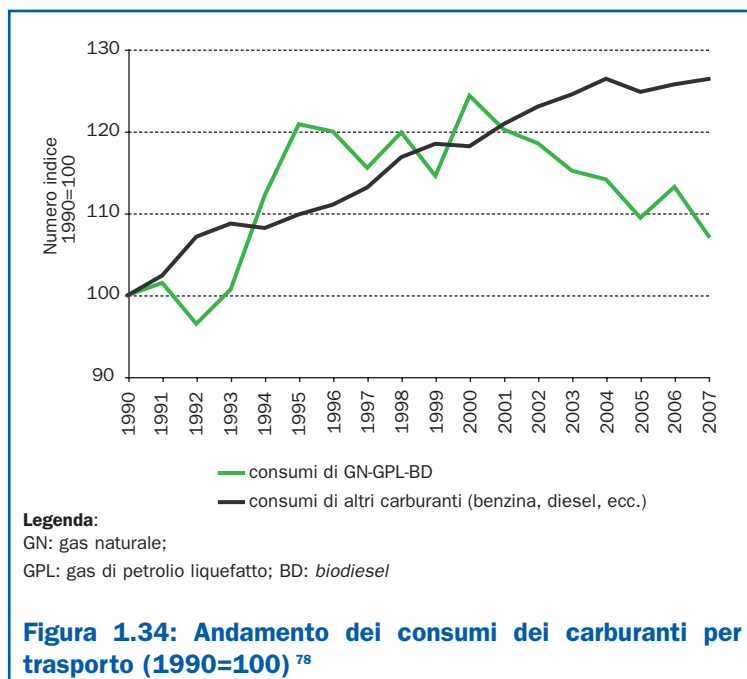
La variazione percentuale del consumo di carburanti mostra come a fronte del costante incremento dei carburanti classici (benzina, diesel, ecc.) vi sia un andamento del consumo di gas naturale, GPL e *biodiesel* che dal 2000 appare in netta diminuzione, fatto salvo qualche episodico incremento. In particolare, l'incremento della quantità di carburanti a minor impatto consumati nel 2007 rispetto al 1990 è stato soltanto del 7,2%.

⁷⁷ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati EUROSTAT



Dai dati disponibili è evidente che, per il settore dei trasporti, i progressi legati all'adozione di misure tecnologiche relative all'efficienza dei motori sono controbilanciati, in Italia più ancora che negli altri Paesi europei, da una crescita della domanda di trasporto, soprattutto stradale, per cui l'impatto ambientale del settore dei trasporti continua a crescere. Per quanto concerne, invece, la qualità dei carburanti, si osserva come l'utilizzo di carburanti a minore impatto, oltre a essere marginale, sia suscettibile di notevole irregolarità e, in particolare, come dal 2000 vi sia stata una costante diminuzione della quota utilizzata rispetto al totale dei carburanti, con un leggero incremento tra il 2005 e il 2006.

Gli effetti delle misure tecnologiche nei trasporti sono controbilanciati dalla crescita della domanda di trasporto, soprattutto stradale.



L'utilizzo di carburanti a minore impatto è suscettibile di notevole irregolarità, in particolare dal 2000 al 2005 vi è stata una costante diminuzione della quota utilizzata rispetto al totale dei carburanti.

⁷⁸ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Ministero dello sviluppo economico



In Italia, nel 2007 il settore LULUCF è stato responsabile del sequestro di 70,9 Mt di CO₂ eq. La gran parte dell'assorbimento è dovuto alle foreste.

A fronte dell'incremento delle emissioni di gas serra provenienti dalle varie attività produttive e dai processi di deforestazione, una quantità importante di anidride carbonica è stata sottratta dall'atmosfera dal comparto LULUCF, per quantità dell'ordine di 0,2 miliardi di tonnellate di carbonio nel periodo 1980-1989 e di 0,7 miliardi di tonnellate di carbonio nel periodo 1989-1998 a livello globale⁷⁹. In Italia, il settore LULUCF, che include i diversi usi del suolo (quali foreste, terre coltivate, praterie, insediamenti urbani e zone umide) e i cambiamenti nell'uso del suolo, è stato responsabile del sequestro di 67,5 milioni di tonnellate di CO₂ eq. nel 1990 e 70,9 milioni di tonnellate di di CO₂ eq. nel 2007. Tuttavia, solo la frazione rimossa dalle foreste gestite può essere considerata nell'ambito della contabilità del Protocollo di Kyoto, secondo quanto previsto dagli articoli 3.3 (afforestazione, riforestazione e deforestazione) e 3.4 (gestione forestale⁸⁰).

⁷⁹ IPCC, 2000, *Land-use, Land-use change and forestry*, IPCC Special Report

⁸⁰ L'Italia ha scelto solo la gestione forestale come attività aggiuntiva secondo quanto previsto dall'art. 3.4 del Protocollo di Kyoto; le altre attività sono la gestione delle terre coltivate, la gestione dei pascoli e la rivegetazione