

APAT
Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici

TESI

**“STUDIO RICOGNITIVO SUGLI EFFETTI AMBIENTALI DELLE
ATTIVITÀ ANTROPICHE NEL SETTORE ENERGETICO”**

Dr.ssa Jessica Tuscano

**Tutor: Dr.ssa Luciana Sinisi,
Cotutor: Ing. Stefano Pranzo,**

Servizio Analisi e Valutazioni Ambientali

Stage APAT Settembre 2003-Gennaio 2004

Prefazione

L'applicazione ormai prossima della Direttiva europea 2001/42/CE , la c.d. direttiva VAS , nel nostro Paese sicuramente segnerà una svolta importante nella gestione sostenibile della pianificazione territoriale e delle politiche dei settori compresi nel campo d'applicazione stabilito dalla norma europea.

La Direttiva infatti stabilisce, tra le tante novità, nuove regole e procedure per una capillare valutazione ambientale di Piani e Programmi di ogni livello amministrativo ed il loro monitoraggio, nonché per gli obblighi d'informazione e di consultazione di pubblico ed autorità inseriti nel processo decisionale. Le attese ricadute operative dell'applicazione della Direttiva saranno quindi di ordine sia amministrativo-giuridico che tecnico.

A supporto del Ministero dell'Ambiente per la sua implementazione nazionale e della configurazione di nuovi scenari di lavoro per le Autorità locali, l'attività di APAT riguarda, per ora, sostanzialmente il “fare il punto” sulle criticità che possono inficiare sull'attuazione territoriale della VAS e sulla ricognizione di conoscenze e sistemi informativi a supporto delle valutazioni ambientali; tra queste viene ricompreso anche il processo di screening di Piani e Programmi la cui applicazione, come previsto nella Direttiva, può non rientrare d'ufficio nell'iter valutativo della VAS, ma è suscettibile di potenziali effetti significativi sull'ambiente .

Il settore energetico, compreso nel campo d'applicazione della Direttiva, sotto il profilo ambientale è uno dei settori più strategici e complessi sia per la sua natura trasversale che investe anche altri settori individuati dalla Direttiva (es. trasporti), sia per gli effetti ambientali diretti e indiretti derivabili dai processi di produzione, trasporto e consumo di energia. E' stato quindi affidato alla dottoressa Tuscano il compito di “fare ordine “ nella materia e i risultati del lavoro hanno dimostrato lodevoli capacità personali di riuscire a confrontarsi con una materia trasversale, alimentata da fonti informative diversificate e non sempre collegate tra loro. L'elaborato finale dello studio ricognitivo è un prodotto

estremamente leggibile, organico, non appesantito da digressioni puntuali ma supportato da riferimenti documentali e informatici (siti web) che consentiranno, a coloro interessati ad aspetti tematici, l'approfondimento e l'aggiornamento degli argomenti d'interesse.

Dr.ssa Luciana Sinisi

Responsabile Settore Metodologie di Analisi e Valutazione d'Impatto Ambientale

Abstract

Il presente lavoro parte da considerazioni generali sulla situazione del settore energetico, dai processi di produzione-estrazione, all'utilizzo finale. Il consumo di fonti energetiche, soprattutto risorse fossili, è continuamente in aumento, e sono a rischio le risorse disponibili. L'uso di combustibili fossili, in particolare i derivati del petrolio e carbone, per i trasporti e la produzione di energia elettrica in primo luogo, comporta anche l'emissione di una quantità di inquinanti notevole, concorrenti sia a fenomeni globali quali l'effetto serra e le piogge acide, sia all'inquinamento localizzato con effetti tossicologici ed ecotossicologici. Per la riduzione dei carichi inquinanti, e la mitigazione degli effetti correlati, sono stati sviluppati norme e convenzioni internazionali affinché sia regola generale il risparmio energetico e l'utilizzo di nuove tecnologie per migliorare i processi di produzione o utilizzo, di sostenibilità dell'uso di risorse naturali anche attraverso l'uso di fonti rinnovabili. Le fonti rinnovabili sono al momento la fonte energetica più auspicabile sotto il profilo della sostenibilità ambientale, anche se alcune delle attuali tecnologie sono ancora in fase di sviluppo, anche sul piano della competitività economica.

Le pressioni subite dal sistema ambiente in seguito ai processi implicati nel settore energetico riguardano tutte le matrici ambientali, in particolare l'atmosfera, ma non di meno l'idrosfera e la geosfera. Gli effetti, oltre ai cambiamenti qualitativi e quantitativi delle suddette matrici, riguardano la salute umana ma anche quella di flora e fauna. Inoltre effetti indiretti come le piogge acide o i cambiamenti climatici implicano anche scenari di danno potenziale su infrastrutture, beni culturali e determinanti ambientali di benessere socio-economico, quali insediamenti sicuri e fertilità dei suoli.

Abstract

The present paper introduces the overall situation of the energetic field, from the processes of production - extraction to the final uses. The consumption of energetic sources, above all fossil resources, is continuously increasing and the earth's fossil resources are at risk. Use of fossil fuel, in particular those derived from oil and coal, for transports and production of electric power in the first place, involves an enormous amount of pollutants, some of which are potentially responsible for phenomena such as the greenhouse effect or acid rains, and/or eco- and toxicological effects. To reduce polluting loads and related effects some specific regulations and international conventions have been developed. In this way energy saving and use of new technologies will become a general rule and the processes of production or use will be improved by the so-called renewable sources.

The renewable sources are at the moment the more favourable energetic source, even if some of modern technologies are still in phase of development, and therefore not easy accessible from the economic point of view.

Environmental pressures in the energetic sector result from all technological processes involved and have potential impacts on all environmental matrices, especially atmosphere, but hydrosphere and geosphere as well. These effects, besides qualitative and quantitative changes of the mentioned matrices, invest also human health, flora and fauna. As a matter of fact also indirect phenomena like climatic changes or acid rains are responsible for potential damage scenarios on infrastructures and monuments as well on all determinants of socio-economic welfare as safe housing and soil fertility.

Indice

Introduzione..... pag. 1

Metodologia..... pag. 2

Capitolo 1- Gli strumenti per la gestione sostenibile nel settore energetico in Italia.....pag.3

1.1 Le normative e gli accordi volontari

1.2 Il protocollo di Kyoto

1.3 La Valutazione Ambientale Strategica (VAS)

1.4 L'IEA e le politiche energetiche internazionali

1.5 L'Italia e il Piano Energetico Nazionale

1.6 Esempi di Piani Energetici Regionali

Capitolo 2- Definizione dei settori individuati dalla direttiva VAS che comportano un significativo utilizzo di risorse energetiche..... pag.28

2.1 I settori d'utilizzo

2.2 L'industria energetica

2.3 Le attività e gli interventi a forte impatto

2.4 Le tipologie di pianificazione-progettazione a basso impatto

Capitolo 3- Le pressioni e l'impatto sull'ambiente..... pag.38

3.1 I potenziali impatti

3.2 Fonti d'inquinamento atmosferico

3.3 Altre fonti d'impatto

3.4 Le sostanze inquinanti

3.5 Il monitoraggio

| | |
|---|-----------------|
| Capitolo 4- Gli effetti sull'ambiente..... | pag.64 |
| 4.1 Costi socio-economici, sanitari, ambientali | |
| 4.2 Effetti diretti dello sfruttamento delle risorse | |
| 4.3 Effetti delle pressioni sui suoli e sulla vegetazione | |
| 4.4 Effetti delle pressioni nell'ambiente acquatico | |
| 4.5 Il riscaldamento terrestre e i cambiamenti climatici | |
| Conclusioni..... | pag.84 |
| Riferimenti bibliografici..... | pag.87 |
| Allegato I- Definizione di fonti energetiche in termini di attività, sfruttamento delle risorse, impatti, possibili effetti significativi..... | pag. 91 |
| Le fonti primarie non rinnovabili | |
| Le fonti primarie rinnovabili | |
| L'energia elettrica | |
| Allegato II..... | pag. 107 |
| Allegato III..... | pag.110 |
| Allegato IV..... | pag.112 |

Introduzione

La Direttiva VAS disciplina la valutazione ambientale che deve “*identificare, descrivere e valutare i possibili effetti ambientali significativi, tenendo conte degli obiettivi e dell’ambito territoriale del piano o del programma nonché alternative ragionevoli.*” per piani e programmi “*elaborati per i settori agricolo, forestale, della pesca, energetico, industriale, dei trasporti, della gestione dei rifiuti e delle acque, delle telecomunicazioni, turistico, della pianificazione territoriale o della destinazione dei suoli...*”

Il settore energetico può definirsi tra i settori più strategici, perché è molto vasto e spesso si pone trasversalmente negli ambiti di altri settori (ad es. trasporti, industria). Forse proprio per questo è uno dei settori di maggior interesse per la politica, l’economia e la sostenibilità ambientale. Un primo capitolo del presente lavoro è infatti dedicato agli strumenti istituzionali nazionali, europei ed internazionali confluenti nell’obiettivo di una gestione ambientale sostenibile collegata direttamente ed indirettamente alla produzione e consumo di energia.

Il contributo alla definizione ed all’implementazione di tali strumenti deriva dalle conoscenze tecniche di impatti ed effetti ambientali collegate alle politiche energetiche di consumo e produzione, nonché dalle soluzioni tecnologiche di prevenzione o mitigazione di tali impatti.

In capitoli specifici vengono quindi di seguito riassunte le suddette informazioni riguardanti le attività antropiche coinvolte sia nella produzione che nel consumo di energia nonché le pressioni, gli impatti e gli effetti ad essi correlati e brevi cenni a tecnologie generalmente note come “ecocompatibili”. L’informazione è correlata anche con dati relativi ai trend di consumo e disponibilità delle risorse.

Nell’allegato 1 è riportata una breve panoramica sulle classificazioni delle fonti energetiche e sulle procedure di contabilizzazione dei bilanci energetici.

Metodologia

La metodologia adottata in questo studio comprende l'utilizzo di fonti bibliografiche, *reports* o pubblicazioni di enti o organizzazioni riconosciuti a livello nazionale e internazionale. Inoltre sono stati utilizzati vari documenti o pubblicazioni dell'Unione Europea. Non mancano riferimenti di lavori già svolti presso APAT, e varie banche dati di livello internazionale, europeo e italiano. Sono state utilizzate anche informazioni provenienti da alcuni siti web ufficiali di organizzazioni o enti riconosciuti.

I dati provenienti da tali fonti sono stati valutati e confrontati. Mentre da alcune fonti le informazioni sono state tratte in maniera quasi integrale, di altre sono state solo espresse concettualmente le informazioni ricavabili.

| | |
|-----------------------|--|
| Materiali | Libri Pubblicazioni e riviste scientifiche Banche dati Siti web ufficiali |
| Metodo di studio | Raccolta testi e informazioni pertinenti Analisi e selezione del materiale Elaborazione del documento |
| Analisi dei risultati | Le fonti sono state utilizzate per l'individuazione dei settori, della tipologia di impatto e degli effetti correlati. |

CAPITOLO 1

Gli strumenti per la gestione sostenibile nel settore energetico in Italia

Il crescente utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili, a livello mondiale, e la consapevolezza della precarietà, a lungo termine, di queste unitamente alle conoscenze scaturite da studi sull'effetto serra, sui cambiamenti climatici, e su gli impatti dell'inquinamento alimentato dalle attività antropiche, hanno portato al bisogno di regolare l'utilizzo di fonti energetiche, sia in senso quantitativo che qualitativo (risparmio ed efficienza energetica, sfruttamento di fonti alternative). Di rilievo in tal senso è il protocollo firmato a Kyoto nel 1997 dai 160 Paesi industrializzati, che ha stabilito tempi e modi per la riduzione dei gas serra. Gli standard da raggiungere stabiliti in questo congresso coinvolgono direttamente il consumo di combustibili e la produzione e l'utilizzo di energia elettrica, e di conseguenza stabiliscono le linee da seguire nei Paesi coinvolti per gli interventi nei vari settori di utilizzo.

Esistono anche altri strumenti istituzionali finalizzati ad una più globale regolamentazione dello sviluppo sostenibile, tra questi gli accordi volontari e le normative che disciplinano la VIA, la VAS e l'IPPC .

Questo capitolo è dedicato ad una breve panoramica su questi strumenti istituzionali e su leggi e policy specifiche che regolano la politica energetica a livello internazionale, europeo, nazionale e regionale.

1.1 Le normative e gli accordi volontari

La Comunità Europea e gli Stati Membri si stanno impegnando nel perfezionamento dei sistemi di gestione ambientale in una strategia di ricerca per una protezione “globale” dell’ambiente con strumenti che prevedono uno sforzo degli attori economici nel considerare obbligatoriamente tutti gli effetti negativi della propria attività sull’ambiente, sia in fase progettuale che di processo, nonché di prodotto e smaltimento. L’indirizzo delle politiche ambientali è evidente ad esempio:

- negli obiettivi della direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996, sulla prevenzione ed il controllo integrati dell’inquinamento (IPPC, Integrated Pollution Prevention and Control);
- nei sistemi di certificazione che assegnano un «marchio di qualità ecologica» (Ecolabel);
- nella direttiva CE n. 82 del 9 dicembre 1996 concernente i sistemi di gestione dei rischi di incidenti rilevanti connessi con l’uso di sostanze pericolose (così detta Seveso-bis);
- nel regolamento EMAS n. 761/01 del 19 marzo 2001 di riferimento comunitario in materia di accordi volontari ai sistemi di ecogestione ed *audit*
- nella direttiva 42/2001/CE del 27 giugno 2001 sulla Valutazione Ambientale Strategica (VAS), prevista a completamento ed in correlazione con la direttiva 85/337/CEE sulla Valutazione di Impatto Ambientale¹.

Tra gli altri strumenti di sviluppo sostenibile viene generalmente compresa anche l’applicazione del principio del *chi inquina paga* (danno ambientale).

In tema di policy di gestione sostenibile dell’energia nei successivi paragrafi verranno anche brevemente descritti i c.d. meccanismi flessibili introdotti con il

¹ Fonte : <http://www.analistiambientali.org/> [17]

* CIPE: Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica.

Protocollo di Kyoto, tra questi i c.d. certificati verdi , i certificati bianchi (vedi scheda 1), e *l'emission trading*..

1.1.1 L'Agenda 21

Nel 1992 nella Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo, a Rio de Janeiro, i rappresentanti di 173 Paesi hanno riunito le decisioni prese in un documento, chiamato Agenda 21 che è il riferimento globale per lo sviluppo sostenibile nel 21° secolo. In Italia, con provvedimento CIPE* del 28/12/93, è stato emanato il "Piano nazionale per lo sviluppo sostenibile" in attuazione dell'Agenda 21. L'Agenda 21 è lo strumento per attuare i contenuti dello sviluppo sostenibile e le Agende 21 Locali rappresentano la struttura con la quale gli obiettivi globali sono resi in azioni locali².

1.1.2 La direttiva IPPC

Il riferimento comunitario in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento è rappresentato dalla direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 (conosciuta come Integrated Pollution Prevention and Control – IPPC), incentrata su un approccio integrato di condotta per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento proveniente dai diversi settori produttivi. La direttiva "IPPC" si rivolge agli impianti industriali ad alto potenziale d'inquinamento ed è stata recepita a livello nazionale col D.Lgs n. 372 del 4 agosto 1999. Questo decreto dispone che i nuovi impianti siano vincolati ad un'autorizzazione preventiva al loro funzionamento, che prescriva il rispetto di tutte le norme di qualità ambientale considerate dalla legislazione (art.3) e prevede il rilascio da parte dell'Autorità

² Fonte :

<http://www.analistiambientali.org/savia/Strumenti di Governo/agende 21 locali.htm>

competente dell'autorizzazione integrata ambientale, che autorizza l'esercizio dell'impianto (o parte di esso). [D.lgs n. 334/1999].

E' prevista inoltre:

- L'adozione delle BAT – Best Available Techniques, ovvero le *"migliori tecniche disponibili"* (Art.2, comma 12), quale condizione per ottenere l'autorizzazione integrata ambientale.

Gli impianti esistenti devono conformarsi alle norme della direttiva "IPPC" entro ottobre 2007. I valori limite di emissione o di consumo basati sull'impiego delle migliori tecniche disponibili - non sono fissate dalla Comunità, ma dalle autorità nazionali³.

1.1.3 Il regolamento EMAS di eco-gestione ed auditing ambientale

Il riferimento comunitario in materia di accordi volontari per i sistemi di ecogestione ed *audit* è il nuovo regolamento n. 761/01 del 19 marzo 2001, entrato in vigore il 27 aprile. *“L'obiettivo di EMAS consiste nel promuovere miglioramenti continui delle prestazioni ambientali delle organizzazioni [...]”* (art.1, comma 2), dove per miglioramento continuo delle prestazioni ambientali si intende il *"processo di miglioramento, di anno in anno, dei risultati misurabili di sistema di gestione ambientale relativi alla gestione da parte di un'organizzazione dei suoi aspetti ambientali significativi in base alla sua politica e dei suoi obiettivi di target ambientali [...]"* (art.2b).

Il regolamento EMAS si rivolge a tutte le organizzazioni la cui attività comporta un impatto considerato significativo, importante, diretto o indiretto sull'ambiente. Le imprese per partecipare a EMAS devono possedere alcuni requisiti fondamentali tra cui il rispetto della conformità legislativa nazionale e comunitaria dimostrata (rispetto dei limiti imposti dalla legge); la trasparenza, riguardo la comunicazione esterna e l'informazione verso il pubblico sulla valutazione dell'efficacia del

³ Fonte : http://www.analistiambientali.org/savia/Strumenti di Governo/IPPC_1.htm

sistema di gestione ambientale adottato. Inoltre devono implementare le seguenti fasi: analisi ambientale iniziale, formulazione della politica e dei programmi, elaborazione di un sistema di gestione ambientale, definizione delle attività di auditing, stesura della dichiarazione ambientale.⁴

1.2 Il protocollo di Kyoto

Nella Convenzione di Rio del 1992 oltre 150 Paesi si sono impegnati a stabilizzare per il 2000 l'emissione dei gas responsabili dell'effetto serra (tra cui: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) ai livelli del 1990. Questo non è stato possibile per molti Paesi che si accodarono per proseguire nel tentativo di limitare il livelli di emissioni di gas serra. Nel 1997 l'Accordo di Kyoto, sottoscritto da più di 160 Paesi della Convenzione delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) fissa nuovi limiti di emissione e definisce gli strumenti per raggiungerli: i cosiddetti "meccanismi flessibili". L'Italia si è impegnata a ridurre del 6.5% le emissioni di CO₂ equivalente tra il 2008 e il 2012 fissando per il 2005 la prima verifica dei risultati ottenuti.

I "meccanismi flessibili" individuati sono: Emissions Trading (ET), Clean Development Mechanism (CDM), and Joint Implementation (JI).

- Emission Trading (ET): è il commercio di permessi di emissioni, i soggetti che effettuano riduzioni maggiori rispetto a quelle fissate dal Protocollo possono vendere il "surplus" di permessi di emissioni a soggetti che non rispettano tali accordi.
- Clean Development Mechanism (CDM): si basa sul guadagno di crediti di emissioni da parte di Paesi industrializzati a seguito di investimenti in progetti di riduzione di emissioni in Paesi in via di sviluppo e nel il trasferimento di "Know-how" tecnologico per la realizzazione dello sviluppo sostenibile.

⁴ Fonte : http://www.analistiambientali.org/savia/Strumenti_di_Governo/emas.htm

- Joint Implementation (JI): è il commercio di "emission reduction units" provenienti da attività che mirano a ridurre le emissioni antropogeniche, nel rispetto dei limiti di emissioni consentita ai Paesi dal Protocollo ⁵.

1.2.1 L'Emission Trading in Europa

Il Parlamento Europeo ha emanato il 13 Ottobre 2003 la direttiva che *“istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra nella Comunità, al fine di promuovere la riduzione delle dette emissioni secondo criteri di validità in termini di costi e di efficienza economica”*. Tale direttiva prevede che gli impianti devono essere muniti di un'autorizzazione (emessa dall'autorità competente) per l'emissione di gas ad effetto serra previa constatazione della possibilità da parte del loro gestore di controllare e comunicare queste emissioni. Un piano nazionale determinerà l'ammontare annuale delle quote che possono essere assegnate e le modalità. Per il triennio che inizia dal 1° gennaio 2005 gli Stati membri assegneranno il 95% delle quote a titolo gratuito (per i successivi quinquenni dal 2008 il 90%) valide per il periodo di assegnazione. Qualora il gestore non restituirà una quota di emissioni corrispondente alle emissioni rilasciate incorrerà in sanzioni anche pecuniarie ⁶. Al momento la presente direttiva riguarda le attività energetiche (in particolare impianti di combustione con potenza superiore a 20MW, esclusi quelli per rifiuti pericolosi e urbani; raffinerie di petrolio e cokerie), le attività di produzione e trasformazione dei metalli ferrosi; l'industria dei prodotti minerari; altri impianti industriali. Il gas di cui questi impianti devono ridurre e controllare le emissioni è il biossido di carbonio.

⁵ Fonte: <http://www.energia-online.com/dossier/enamb/emtrading.htm> [19]

⁶ Fonte: Direttiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 ottobre 2003 che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio

1.2.2 I Certificati Verdi e i Titoli di Efficienza Energetica

La produzione d'energia elettrica da fonti rinnovabili è oggetto di normative comunitarie e nazionali. Secondo il recente decreto MICA 11/11/1999 e il successivo decreto MAP 18/03/2002 vi è l'obbligo per i produttori e gli importatori d'energia elettrica di immettere nella rete di trasmissione energia “verde”, cioè prodotta da Impianti alimentati da fonti rinnovabili (*Iafr*). La quota deve essere pari al 2% di quanto prodotto o importato da fonti convenzionali nell'anno precedente. Il GRTN ha il compito di qualificare tali impianti *Iafr*. La qualificazione degli impianti è necessaria per riconoscere al produttore, una quota di Certificati Verdi proporzionale all'energia prodotta. Tali Certificati, messi sempre dal GRTN, rappresentano un sistema d'incentivazione della produzione d'energia verde, basato su un meccanismo di mercato competitivo. Ogni Certificato Verde certifica la produzione di 100 MWh⁷ (vedi scheda 1).

I certificati *Recs* (*Renewable Energy Certificate System*) attestano la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili per una quantità minima pari a 1 MWh, sono complementari ai Certificati Verdi, rappresentando una forma di incentivazione per gli impianti esclusi dal decreto del novembre '99, favorendo così la produzione da fonte rinnovabile per gli impianti che altrimenti non avrebbero le condizioni economiche per continuare a produrre energia “verde”. Il progetto *Recs* nasce in ambito europeo, coinvolge 170 membri tra produttori, *traders* e società di certificazione di 19 paesi, allo scopo di favorire lo sviluppo, sulla base di una certificazione standard, di un mercato volontario e internazionale di Green Certificate⁸.

L'accordo di Kyoto prevede la riduzione delle quantità di fonti non rinnovabili ovvero di combustibili bruciati, prediligendo l'uso di fonti energetiche rinnovabili e

⁷ Fonte : <http://www.grtn.it/ita/fontirinnovabili/certificativerdi.asp> [8]

⁸ Fonte : <http://www.grtn.it/ita/fontirinnovabili/CertificatiRecs.asp> [8]

riducendo i consumi totali, e aumentando l'efficienza energetica (sfruttare meglio l'energia disponibile al fine di consumarne di meno, e quindi consumare meno combustibili). Le tipologie d'azione per la promozione dell'efficienza e del risparmio negli usi finali dell'energia comprendono la riduzione del consumo di energia elettrica; la riduzione dei consumi di gas; la riduzione della richiesta di energia primaria. I decreti in emissione, previsti per il 2004, pongono degli obiettivi annuali di risparmio fino a 1,6Mtep per il 2006, nel settore elettrico, e fino a 1,3Mtep nel 2006 per il settore gas. I distributori hanno l'obbligo di conseguire tali obiettivi, in proporzione alla quota di energia elettrica o gas distribuita. Per conseguire tali obiettivi può operare direttamente o acquistare dei "titoli di efficienza energetica" (TEE). I TEE sono titoli commerciabili anche detti certificati bianchi, che creano un mercato con obbligo di un risparmio minimo. I decreti prevedono che alcune aziende dette ESCO (Energy Saving Company) effettuino degli interventi per ottenere il risparmio e l'efficienza energetica (dalla pubblicità di meccanismi di risparmio all'installazione di attrezzature di controllo) e ricevano perciò un numero di certificati TEE, proporzionale al numero di tep risparmiati (vedi scheda 1).

Scheda 1. Confronto tra Certificati Verdi e Certificati Bianchi⁹.

| | Certificati verdi | Certificati bianchi |
|--|---|--|
| 1. Quale settore è interessato. | <i>Produzione di elettricità da fonti rinnovabili.</i> | <i>Efficienza e risparmio negli usi finali dell'energia.</i> |
| 2. Cosa è. | Titolo commerciabile che attesta una produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. | Titolo commerciabile che attesta un risparmio energetico. |
| 3. Quale è la logica del sistema nel quale si inserisce. | Viene creato un mercato dell'elettricità verde imponendo un obbligo di produzione minima. Il certificato verde è lo strumento che attesta il rispetto dell'obbligo. | Viene creato un mercato dell'efficienza e del risparmio imponendo un obbligo di risparmio minimo. Il certificato bianco è lo strumento che attesta il rispetto dell'obbligo. |
| 4. Chi ha l'obbligo di cui al punto 3 | I grandi produttori e importatori di elettricità da fonte non rinnovabile. | I distributori di energia elettrica e gas. |
| 5. Chi lo rilascia. | Gestore della rete (GRTN). | Gestore del mercato (GME), sulla base delle indicazioni dell'Autorità. |
| 6. Chi lo può ottenere. | Chiunque produca elettricità da rinnovabili con nuovi impianti. | Società che effettuano interventi di efficienza e risparmio. |
| 7. Cosa ci fa chi lo ottiene. | Lo vende ai soggetti di cui al punto 4. | Lo vende ai soggetti di cui al punto 4. |
| 8. Quale funzione svolge. | Attraverso la vendita il soggetto che lo ha ottenuto trae l'incentivo. Il soggetto che lo compra documenta il rispetto dell'obbligo. | Attraverso la vendita il soggetto che lo ha ottenuto trae l'incentivo. Il soggetto che lo compra documenta il rispetto dell'obbligo. |
| 9. Perché è uno strumento efficiente. | Perché stimola la competizione tra gli operatori per la vendita del certificato. | Perché stimola la competizione tra gli operatori per la vendita del certificato. |
| 10. Chi "paga" l'incentivo. | In prima istanza i soggetti che hanno l'obbligo, che possono recuperare sui prezzi dell'elettricità. | In prima istanza i soggetti che hanno l'obbligo, che possono recuperare sulle tariffe d'uso delle reti di trasporto e distribuzione di elettricità e gas. |
| 11. Cosa ci guadagna il sistema e il consumatore. | Maggiore sicurezza sistema energetico. Uso di fonti nazionali. Crescita occupazionale. Riduzione impatto ambientale. | Maggiore sicurezza sistema energetico. Uso di fonti nazionali. Crescita occupazionale. Riduzione impatto ambientale. Riduzione spesa energetica. |
| 12. Da quando parte il sistema. | Già partito: 2002. | 2004 (decreti in emissione). |
| 13. Dove si commercia. | Contratti bilaterali e in una borsa specifica presso il gestore del mercato elettrico (già operativa). | Contratti bilaterali e in una borsa specifica presso il gestore del mercato elettrico (operatività prevista 2004). |
| 14. Qual'è l'entità dell'obbligo di cui al punto 3. | Nuova produzione di elettricità verde per circa 3,3 TWh (se DDL energia passa com'è fino a 4,5 TWh entro il 2007 e poi decideranno i Ministri MAP e MATT). | Risparmio energetico a parità di servizio reso di 0,2 Mtep nel 2004, crescente fino a 2,9 Mtep nel 2008. Poi decideranno i Ministri MAP e MATT. |
| 15. Qual è il valore del mercato attivato. | Circa 400 M€ (crescente fino a 500 M€ nel 2007, in base a DDL). | Circa 500 M€ il valore stimato dell'energia risparmiata al 2008. |

⁹Fonte :

http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/fonti_rinnovabili/Certificati_verdi.pdf

1.3 La Valutazione Ambientale Strategica (VAS)

La direttiva 42/2001/CE del 27 giugno 2001 sulla Valutazione Ambientale Strategica (VAS), è un atto molto importante per la salvaguardia dell'ambiente, compresa la tutela dei determinanti ambientali di salute. Infatti la direttiva stabilisce che tutti i piani e programmi che verranno approntati e implementati nei Paesi Membri vengano preventivamente sottoposti alla Valutazione Ambientale Strategica durante la fase preparatoria ed anteriormente all'adozione o all'avvio della procedura legislativa. Ciò è previsto per i piani e programmi *“elaborati per i settori agricolo, forestale, della pesca, energetico, industriale, dei trasporti, della gestione dei rifiuti e delle acque, delle telecomunicazioni, turistico, della pianificazione territoriale o della destinazione dei suoli...”* [art.3 par 2b]. La valutazione deve *“identificare, descrivere e valutare i possibili effetti ambientali significativi, tenendo conto degli obiettivi e dell'ambito territoriale del piano o del programma nonché alternative ragionevoli.”*[punto 14 delle Considerazioni]¹⁰. La direttiva è già stata recepita in diversi Paesi dell'Unione Europea, in Italia dovrà essere recepita entro luglio 2004.

¹⁰ Direttiva 2001/42/CE del parlamento Europeo e del Consiglio del 27 Giugno 2001 concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente.

1.4 L'IEA e le politiche energetiche internazionali¹¹

L'International Energy Agency (IEA), un'agenzia autonoma legata all'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), è il principale forum per l'energia di cui fanno parte 26 Paesi membri*, che si sono impegnati nel prendere misure congiunte per le emergenze nella fornitura di petrolio, hanno acconsentito a condividere le informazioni in campo energetico, a coordinare le loro politiche energetiche ed a cooperare nello sviluppo dei programmi razionali di energia. Il protocollo di Kyoto è alla base della risposta internazionale per i cambiamenti climatici e l'IEA fornisce ai Paesi membri gli input primari sui punti chiave delle trattative, e sulle decisioni della UNFCCC. I Paesi membri sono tenuti a redigere dei rapporti costanti sulle politiche e le azioni perseguite nel campo dell'efficienza energetica, nonché ad attuare le decisioni stabilite dall'Agenzia per ciascun Paese e per ogni campo d'applicazione. I settori valutati dall'IEA sono il settore Residenziale/Commerciale, Industria, Trasporti, Settore Pubblico. Con l'eccezione dell'ultimo che rappresenta le strutture pubbliche di governo, gli altri settori hanno la stessa valenza dei settori individuati dalla direttiva VAS, e pertanto sono confrontabili. Di seguito saranno trattate alcune delle misure adottate da alcuni Stati membri.

¹¹ Tutte le informazioni riguardanti le politiche di efficienza energetica sono tratte dai dati presenti sul sito dell'IEA: <http://www.iea.org/pubs/newslett/eneeff/table.htm>

* Australia, Austria, Belgio, Canada, Corea, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Grecia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Norvegia, Nuova Zelanda, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Spagna, Stati Uniti, Svezia, Svizzera, Turchia, Ungheria.

1.4.1 Gli Stati Uniti

La politica energetica degli Stati Uniti, tramite l'US Department of Energy (DOE), ha condotto a diverse strategie per la riduzione dei gas serra (GHG) e del fabbisogno energetico.

Nel settore residenziale-commerciale le principali azioni sono state: promozione della ricerca e sviluppo di materiali da costruzione ed equipaggiamenti ad alta efficienza energetica; assistenza economica, per le famiglie a basso reddito, per l'investimento in strutture edilizie ad efficienza energetica; standard minimi di efficienza energetica per le nuove costruzioni e per attrezzature commerciali e industriali e motori elettrici. Nel settore industriale le misure esistenti riguardano la collaborazione con le industrie per lo sviluppo di piani per il risparmio energetico e processi d'efficienza. Nel settore pubblico si è operato con ordini esecutivi presidenziali per ridurre l'uso di energia nelle costruzioni federali e per il risparmio energetico nelle apparecchiature degli uffici. Nel settore trasporti le misure riguardano supporto alle industrie, enti di ricerca, e Stati per lo sviluppo e l'uso di nuove tecnologie per veicoli che possono ridurre o eliminare la domanda di petrolio e l'emissione di inquinanti.

1.4.2 Il Canada

Nella politica energetica del governo canadese gioca un ruolo importante L'Office of Energy Efficiency (OEE) comprensivo di una branca che partecipa con le industrie per la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie energetiche.

Le misure di efficienza energetica sostenute dalla politica canadese nel settore residenziale-commerciale hanno riguardato lo sviluppo di un codice energetico per le costruzioni residenziali e commerciali che specifica gli standard minimi di performance; l'eliminazione dal mercato di materiale e apparecchiature che non

raggiungono standard minimi di efficienza energetica; finanziamento e l'implementazione di miglioramenti in efficienza energetica per un'ampia gamma di prodotti e servizi; finanziamenti per i costruttori che incorporano e utilizzano tecnologie e pratiche ad efficienza energetica. Nel settore industriale sono stati istituiti servizi di supporto alle organizzazioni individuali che stabiliscono programmi di efficienza energetica; lanciato il programma di ricerca e sviluppo per prodotti, processi e sistemi industriali ad alta efficienza, l'incremento della quota di elettricità derivante da fonti rinnovabili, la riduzione degli impatti ambientali di impianti di generazione per combustione. Per il settore trasporti il governo canadese ha negoziato con le industrie automobilistiche e con gli Stati Uniti per realizzare nuovi volontari target di miglioramento dell'efficienza per i modelli dell'anno 2010, e introdurre significativi miglioramenti a partire dal 2004; programmi per lo sviluppo di carburanti alternativi, sistemi avanzati per l'immagazzinamento dell'energia, sviluppo di tecnologie per il controllo delle emissioni, infrastrutture di rifornimento (anche per veicoli ad idrogeno ed elettrici).

1.4.3 L'Australia

Molti programmi per l'efficienza energetica australiana sono amministrati dall'Australian Greenhouse Office (AGO). Come parte della National Greenhouse Strategy (NGS), per il settore residenziale-commerciale, i governi locali australiani hanno introdotto, consultandosi con le industrie manifatturiere, standard minimi di performance energetica per molti prodotti. Il governo federale e le industrie di costruzioni hanno raggiunto un accordo per una strategia volta ad aumentare l'efficienza energetica delle costruzioni, eliminando le pratiche di spreco energetico, e incorporando standard minimi di performance. Per il settore pubblico il governo ha commissionato la riduzione dell'intensità energetica utilizzata nelle

operazioni del Commonwealth*. Nel settore industriale è stato lanciato un programma di “*best practice*” per l’efficienza energetica (EEBP) che aiuta le industrie a ridurre le loro emissioni riducendo i costi e incrementando la produttività. Sviluppato anche un sistema di Standard di Efficienza dei Generatori (GES). L’Australian Transport Council ha sviluppato una strategia di lungo termine per la riduzione delle emissioni di GHG nel settore trasporti. Una certificazione obbligatoria per i consumi delle auto è in vigore dal 2001.

1.4.4 La Svizzera

Il governo federale svizzero ha lanciato nel 2001 lo Swiss Energy Action Plan che ha un budget annuale di 55 milioni di franchi svizzeri (1FS= 0,590 US\$). In questo piano il governo ha deciso dei target di riduzione del consumo di combustibili fossili del 10% e un limite di incremento dei consumi di elettricità del 5% fino al 2010. La legge federale per la riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al 1990 entro il 2010, prevede due fasi: una fase di misure volontarie, e una fase di introduzione della tassa sulla CO₂ imposta su combustibili solidi e liquidi. I proventi della tassa sono poi rimborsati all’economia e alla popolazione. Le misure adottate nel settore residenziale-commerciale prevedono l’adozione di schemi di certificazione di efficienza energetica per elettrodomestici e materiale elettronico; standard di efficienza energetica per elettrodomestici; nel settore costruzioni, requisiti specifici delle tecnologie di rivestimento e allestimento degli edifici e per la tecnologia domestica. Nella Energy Law il governo federale ha stipulato un obbligo di ripartizione del costo del riscaldamento, per le nuove costruzioni, basata sui consumi. Nel settore pubblico la Energho, un associazione di pubbliche

* Il termine Commonwealth ed indica una comunità di stati formatasi progressivamente con il declino dell'impero inglese. Il Commonwealth è un'associazione di eccezionale vastità. Capo del Commonwealth è il sovrano inglese; la comunità è regolata dallo Statuto di Westminster (1931) con il quale venivano riconosciuti stati indipendenti i membri del Commonwealth. Appartengono al Commonwealth: Australia, Massachusetts, Pennsylvania, Virginia, Kentucky, Malta, Canada, Nuova Zelanda, Irlanda del nord.

istituzioni con grossi consumi, ha concordato la riduzione del 10% del consumo di energia in 10 anni con l'aumento dell'efficienza energetica nei palazzi pubblici. Nel settore industriale tra le misure adottate vi è lo sviluppo di accordi volontari tra il Federal Office of Energy e i produttori e consumatori di energia, applicabili all'utilizzo di energia in veicoli, costruzioni e apparecchiature elettriche. Per il settore trasporti il governo ha supportato diversi piani e programmi di efficienza energetica ad es. simulazioni tecniche per promuovere uno stile di guida eco-efficiente, iniziative di compartecipazione delle auto per la riduzione del traffico.

1.4.5 Il Regno Unito

Il governo del Regno Unito ha pubblicato nel 2000 l'UK Climate Change Programme per ottemperare agli impegni della *Convenzione di struttura sul cambiamento climatico* delle Nazioni unite e dell'accordo di Kyoto.

Le misure esistenti o in fase di attuazione per il settore residenziale-commerciale riguardano standard legali minimi di performance energetica (riscaldamento e isolamento termico, e nuovi standard di illuminazione) per le nuove costruzioni; possibilità di adeguamento ai nuovi standard per le vecchie costruzioni..Per il settore pubblico, il governo ha deciso dei *target* di riduzione del consumo di energia nei propri edifici e di riduzione dei consumi di energia primaria in tutto il National Health Service entro il 2010. Un imposta sul Climate Change è stata introdotta per il settore non-domestico (industria, commercio, agricoltura, settore pubblico), si applica a gas, elettricità, GPL, carbone, per incoraggiare all'uso efficiente dell'energia e alla riduzione delle emissioni di GHG. I proventi di questa tassa sono riciclati come tagli, in punti percentuale, sulle tasse dei contributi di previdenza sociale dei datori di lavoro, e supporto alle misure di efficienza energetica. Sempre per il settore industriale è stato lanciato un programma di promozione delle “*best practice*” per le tecnologie ambientali, che riduce i costi di industria e commercio e fornisce informazioni sulle nuove tecnologie ambientali. Il governo ha sviluppato

dei *target* di 10.000 MW di capacità per gli impianti di cogenerazione, con misure di promozione di questi impianti. Per il settore trasporti temi chiave del libro bianco del governo sono: ridurre la dipendenza dall'automobile, con migliore progettazione e promozione del trasporto pubblico, delle piste ciclabili e pedonali, controllare o ridurre il traffico stradale. Il governo usa il sistema di tassazione per ridurre le emissioni di CO₂ dalle auto e incoraggiare l'acquisto di auto più piccole e più efficienti: la "tassa mobile", che aumenta con l'aumento del tasso d'inflazione, invita alla costruzione di veicoli più efficienti, e gli automobilisti ad evitare spostamenti non necessari e scegliere mezzi alternativi.

1.4.6 La Francia

Le politiche di efficienza energetica della Francia sono definite dalla Direzione Generale per l'Energia e le Materie Prime. Un importante corpo di attuazione di queste politiche, di programmazione, di assistenza tecnica e di ricerca e sviluppo è l'Agenzia per l'ambiente e l'efficienza energetica (ADEME). Nel 2000 è stato lanciato il Programme National d'Amélioration de l'Efficacité Energétique (PNAEE). Nel settore residenziale-commerciale la Francia ha introdotto l'obbligo per l'isolamento termico delle nuove costruzioni, con obiettivi generali per la performance energetica degli edifici. Sussidi diretti o incentivi sulle tasse per investimenti sull'effettuazione di miglioramenti ai vecchi edifici. Nel settore industriale, è obbligatoria la revisione per l'efficienza degli apparecchi. È previsto un supporto finanziario alle imprese che portano avanti studi di fattibilità e verifiche e dei fondi di investimento per le industrie per facilitare la gestione energetica. Continui investimenti sono previsti per sistemi a risparmio energetico e impianti di cogenerazione. Acquisto obbligatorio per la *Utility* nazionale dell'elettricità di energia elettrica prodotta da impianti di cogenerazione. Nel settore trasporti sono obbligatorie ispezioni di sicurezza sui veicoli in vendita o no. Istituiti anche buoni di

pagamento per il ritiro delle auto più vecchie di 10 anni. Il governo inoltre, sta incoraggiando la ricerca e lo sviluppo di treni ad alta velocità.

1.4.7 Il Portogallo

Il governo portoghese ha preparato nel 2002, in seguito alla ratifica del protocollo di Kyoto e successivamente a precedenti piani di efficienza energetica, il Piano Nazionale Per il Cambiamento Climatico. Per la riduzione dei gas serra il Portogallo sta puntando sulle regolazioni di rendimento energetico nel settore industriale e domestico, sugli accordi volontari con alcuni settori industriali, sullo sviluppo del trasporto pubblico e su un sistema di *tax-credit* per le apparecchiature fotovoltaiche. Le misure esistenti nel settore residenziale-commerciale riguardano regolamentazione delle caratteristiche di comportamento termico delle costruzioni, regolamentazione del sistema energetico d'aria condizionata degli edifici per realizzare rapporti di alta efficienza energetica. Sono previste certificazioni di efficienza energetica che indirizzano produttori e consumatori verso apparecchiature più efficienti. Sono presenti misure obbligatorie per gli standard e i test di efficienza da effettuare sulle caldaie a vapore. Nel settore pubblico il governo portoghese ha designato un Action Plan per promuovere la creazione di entità locali (municipali) di energia e l'esecuzione di misure di politica energetica al livello locale con i fondi dell'Energy Programme. Nel settore industriale esiste un regolamento di gestione del consumo energetico che stabilisce obiettivi di consumo energetico da raggiungere, la verifica dei consumi, la preparazione e attivazione di piani di razionalizzazione e risparmio energetico, le compagnie inoltre sono tenute a controllare i risultati delle misure di risparmio e assicurare i risultati dei piani proposti. Sono presenti due sistemi di incentivi per l'uso razionale dell'energia, il MAPE che fornisce sussidi alle aziende per investimenti su: efficienza energetica, progetti di cogenerazione, diversificazione delle fonti energetiche, ed energie rinnovabili; e il SIME che fornisce sovvenzioni o prestiti a interesse zero in

relazione al tipo di operazione e al volume dell'investimento. Le operazioni possono includere anche investimenti ambientali, incoraggiando l'uso di tecnologie pulite e piani di razionalizzazione energetica. Per il settore trasporti è in esecuzione un piano di gestione per le imprese di trasporto pubblico e privato che prevede revisioni e piani per la razionalizzazione dell'energia.. Dal 2000-01 sono in uso trasporti pubblici a gas per le città di Porto e Lisbona (vi abita il 20% della popolazione). In tutta l'area metropolitana di Lisbona è stato duplicato il sistema di metrò esistente.

1.5 L'Italia e il Piano Energetico Nazionale

Il Piano Energetico Nazionale risale al 1988 e include i provvedimenti per l'efficienza e il risparmio energetico come obiettivi primari della politica energetica italiana. La legge base per l'efficienza energetica è la n° 10/1991 che introduce regolamentazioni per l'uso efficiente delle risorse energetiche, in tutti i settori di utilizzo finale, con riduzioni specifiche dei consumi, nei processi di produzione, soprattutto nei settori delle costruzioni e degli impianti di riscaldamento. La legge prevede sgravi fiscali e incentivi delle autorità locali per l'adozione di soluzioni tecnologiche più efficienti. Dopo la ratifica della Convenzione sul Cambiamento Climatico del 1992, il Comitato Interministeriale per la Pianificazione Economica ha approvato nel 1994 il "Programma Nazionale per la limitazione delle emissioni di anidride carbonica nel 2000 al valore del 1990" che prevedeva i seguenti punti:

1. Incentivi finanziari al settore industriale e trasporti
2. Standard di efficienza nei settori trasporti, industria, e residenziale
3. Accordi volontari industrie-governo sull'efficienza energetica
4. Programmi di riduzione della domanda energetica nel settore residenziale
5. Diffusione di informazione e espansione di prodotti certificati e delle certificazioni nel settore trasporti e residenziale.

In seguito agli accordi di Kyoto l'Unione Europea deve ridurre le emissioni di gas serra dell'8% rispetto ai valori del 1990 entro il 2008-2010. L'Italia che ha ratificato il protocollo nel 2002, deve ridurre le proprie emissioni del 6,5%. Le linee guida e d'azione per contenere le emissioni sono incluse nella deliberazione CIPE 137/98. Il decreto legislativo del 2001 del ministro dell'Ambiente, fornisce i programmi e i fondi da stanziare: per supportare azioni e programmi nazionali per la riduzione dei GHG, 25 milioni di euro, per i programmi internazionali di cooperazione sui meccanismi di Kyoto, 17,5 milioni di euro. Mentre lo Stato italiano è responsabile degli obiettivi e delle linee guida della politica energetica, le Regioni determinano le leggi specifiche e le regole per la realizzazione di questi obiettivi, cioè sono responsabili su:

- Progettazione adozione di programmi volti a promuovere l'efficienza energetica e le risorse energetiche rinnovabili;
- Costituire fondi per il risparmio energetico e controllare l'efficienza energetica degli impianti industriali;
- Assistere le autorità locali responsabili per il controllo del risparmio energetico, l'uso razionale dell'energia, etc;
- Concessione delle licenze per la produzione di idrocarburi *on-shore*.

Le misure di efficienza energetica presenti in Italia o in fase di attuazione nel settore residenziale-commerciale si basano su codici di efficienza obbligatori per le nuove costruzioni e il rinnovo dei vecchi; standard minimi di efficienza per le rivestimenti dei nuovi edifici; revisioni energetiche sulla base di accordi volontari tra l'ENEA (Ente Nazionale per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) e il Ministro dei lavori pubblici; Regolamentazione dei limiti di consumo energetico in riferimento a *design*, installazione, funzionamento e manutenzione degli impianti di riscaldamento. Per il settore industriale l'Italia sostiene le revisioni energetiche nella piccola e media impresa; nomina obbligatoria di *managers* dell'energia per tutte le aziende dei settori industria, commercio, pubblico e trasporti, che consumano più di 10 mila tep all'anno (industria) o 1000tep all'anno (altri settori).

Il governo italiano ha sviluppato programmi volontari con la FIAT per la produzione di veicoli a basso consumo. L'ENEL, il Ministro delle Attività Produttive e quello dell'Ambiente hanno firmato un accordo per la gestione della domanda energetica attraverso servizi di fornitura energetica, incremento dell'efficienza negli usi finali dell'elettricità, ottimizzazione dell'illuminazione pubblica, sviluppo e diffusione di attrezzature e tecnologie elettriche, accordi con i fornitori per la produzione e l'uso di prodotti e attrezzature a basse emissioni di GHG. Il decreto MAP del 24 aprile 2001 definisce gli obiettivi quantitativi, le modalità di progettazione ed effettuazione dei programmi, il monitoraggio e la valutazione dei programmi di risparmio energetico. I costi in cui incorrono i distributori per l'effettuazione dei progetti possono essere coperti con parte dei ricavi annuali della *carbon-tax* e dalle tariffe pagate dagli utenti.

Un punto importante della riforma del mercato energetico in Italia è la separazione delle industrie di generazione, trasmissione, distribuzione e rifornimento, che hanno avuto come risultato una riorganizzazione dell'ENEL da cui sono scaturite diverse società (Enel Produzione, Erga, Terna, Enel Distribuzione, Enel Trade, Enel.si e tre altre società vendute sul mercato (Euroen, Elettrogen e Interpower per un totale di 15.000MW di capacità degli impianti). Per il settore pubblico la legge 10/91 prevede che le comunità con più di 50.000 abitanti stabiliscano degli programmi energetici locali con enfasi sulle risorse rinnovabili e la cogenerazione. Nel settore trasporti sono presenti tasse sugli autoveicoli in base alla potenza d'alimentazione, ridotte per veicoli a basso impatto ambientale. Il governo sovvenziona le regioni e i comuni per un trasporto pubblico meno inquinante, e per la modernizzazione dei servizi e veicoli del trasporto pubblico locale. Il governo ha lanciato un complesso piano di investimenti per l'estensione della rete ferroviaria e per la costruzione di linee ad alta velocità.

1.6 Esempi di Piani Energetici Regionali

Alcune regioni italiane, sulla scia delle linee guida del piano energetico nazionale hanno approntato i rispettivi piani energetici regionali, che delineano le azioni in via di esecuzione o da intraprendere per l'ottemperanza delle direttive nazionali ed europee. Sono esaminati qui, in linea generale, le misure previste da alcuni piani regionali.

1.6.1 Il piano energetico dell'Emilia Romagna

Questo PER pone tra gli obiettivi la valorizzazione e lo sviluppo delle fonti rinnovabili; il miglioramento delle prestazioni del sistema energetico; la sostituzione o l'adeguamento degli impianti energetici per assicurare le condizioni di compatibilità ambientale e sicurezza sociale; assicurare la tutela di utenti e consumatori; promuovere la competitività del sistema energetico regionale; contribuire al perseguimento degli impegni nazionali per la riduzione dei gas serra; promuovere il risparmio energetico e l'uso razionale di energia. Per raggiungere tali obiettivi il Piano si prevede l'incremento del parco termoelettrico, della cogenerazione, della biomassa, dell'idroelettrico, dell'eolico e del fotovoltaico (in ordine di TWH decrescente); la modernizzazione degli impianti energetici, l'allestimento di un sistema informativo regionale che comprenda la voce energetica, la semplificazione e armonizzazione dei procedimenti amministrativi. Per quanto riguarda l'utilizzo delle fonti rinnovabili il Piano prevede lo sfruttamento di 30 bacini idonei per la localizzazione di mini centrali idroelettriche; la realizzazione di 11 impianti eolici; la realizzazione di interventi per l'utilizzo dei liquami da allevamento per la produzione di biogas, per la valorizzazione energetica dei rifiuti urbani, industriali e dei sottoprodotti agroindustriali; la valorizzazione delle risorse geotermiche con l'utilizzo integrato della cogenerazione, e delle pompe di calore ai fini del teleriscaldamento; incentivi alle amministrazioni comunali e provinciali e le aziende di pubblica utilità per l'installazione del solare termico, per la

fornitura di acqua calda sanitaria; sostegno pubblico, fino al 75% del costo, per l'installazione di sistemi fotovoltaici; partecipazione all'accordo Volontario Nazionale per l'introduzione nella rete di distribuzione carburanti di miscele biodiesel-biogasolio, nel trasporto pubblico e nei servizi di pubblica utilità. Tra i programmi prioritari per il risparmio e l'efficienza energetica vi sono la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio pubblico e del sistema edilizio urbano; la razionalizzazione energetica nella P.A., riduzione delle perdite di metano nelle reti di distribuzione, installazione di componenti ad alta efficienza elettrica¹².

1.6.2 Il piano energetico del Lazio

Nel PE della regione Lazio è preponderante lo sviluppo di azioni nel campo dell'uso razionale di energia e del risparmio energetico. Nel settore industriale le proposte riguardano la promozione di campagne informative, diagnosi energetiche e studi di fattibilità per l'individuazione di interventi specifici, la formazione e diffusione di Energy Managers, l'incentivazione per la realizzazione di interventi ad elevato contenuto tecnologico, e di impianti di cogenerazione. Le potenzialità di intervento nel settore civile comprendono l'isolamento termico degli edifici, l'adozione di pompe di calore, la sostituzione delle caldaie obsolete, l'adozione di elettrodomestici e lampade ad alta efficienza, zonizzazione degli impianti di riscaldamento. Di fondamentale importanza sono ritenuti tra l'altro l'informazione sulle opportunità di risparmio energetico negli edifici e la certificazione energetica di questi, l'attuazione del DPR 412/93 sulla progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici. Nel settore trasporti si seguono due linee di intervento: la razionalizzazione dell'uso dei mezzi di trasporto e delle sedi stradali per la fluidificazione del traffico, il controllo periodico dei livelli di efficienza dei motori a combustione dei veicoli pubblici e privati. Inoltre sono previste iniziative a carattere sperimentale o dimostrativo per la diffusione di nuove

¹²Fonte: http://www.arpa.emr.it/ia_energia/download/vas_pe2003.pdf

tecnologie per la trazione stradale (ibrida, elettrica autonoma o integrata da sistemi a fonti rinnovabili, con propulsori a metano); l'immissione nel sistema di nuovi mezzi per potenziare l'offerta, la protezione delle linee di trasporto pubblico con corsie protette e sistemi di asservimento della rete semaforica al servizio pubblico¹³.

1.6.3 Il piano energetico-ambientale della Liguria

Gli obiettivi del PER Liguria sono favorire l'innovazione tecnologica e l'utilizzo delle migliori tecnologie ed aumentare l'efficienza energetica; stabilizzare le emissioni climalteranti ai livelli del 1990. Le azioni proposte per il raggiungimento del primo obiettivo riguardano lo sviluppo nel settore industriale della generazione distribuita finalizzata all'autoproduzione (impianti < 300MW in aree ecologicamente attrezzate), misure di riequilibrio modale (ripartizione modale dei percorsi, anche merci), sviluppo del trasporto elettrificato. Il raggiungimento del secondo obiettivo è previsto ad opera di un risparmio energetico del 10% nel settore civile che riguarda un miglioramento dell'efficienza energetica dell'involucro degli edifici e dell'efficienza dei sistemi di approvvigionamento di questi anche attraverso l'uso di rinnovabili, attivazione dei meccanismi di razionalizzazione dell'uso di energia (es. applicazione delle linee guida per gli ospedali). Inoltre al raggiungimento di tale obiettivo concorre lo sviluppo delle fonti rinnovabili per una quota non inferiore al 7% del fabbisogno energetico effettuato mediante installazione di almeno 150MW da biomassa forestale, di 40MW da solare termico e fotovoltaico, impianti eolici, impianti che sfruttano RSU, biogas e residui alimentari, installazione di impianti idroelettrici in condotte acquedottistiche e sistemi idraulici esistenti¹⁴.

¹³ Fonte: <http://www.regione.lazio.it/ambiente/energia/per.shtml>

1.6.4 Il piano energetico-ambientale della Calabria

Il PER Calabria prevede interventi dedicati alla riduzione dei consumi finali per ottenere un risparmio complessivo nel 2010, tra il 10,7 e l'11 per cento. Il Piano punta in particolar modo alle fonti energetiche rinnovabili, a partire da quella idrica, con ampie potenzialità di sviluppo del *mini-hydro*, piccoli impianti fino a 10 MW, per una producibilità annua di circa 120KWh, e l'utilizzo di sistemi idrici ad uso plurimo. È valutata anche la possibilità di sfruttare l'energia eolica da quattro stazioni con requisiti di idoneità, per una potenza complessiva non inferiore a 70MW. La valutazione delle località idonee per l'istallazione di impianti solari mostra situazioni di alta fattibilità da utilizzare per il riscaldamento dell'acqua e degli ambienti. Si ipotizza, prudenzialmente, di attivare 1.000 metri quadri l'anno di impianti solari termici. Il Piano energetico prevede anche lo sviluppo dell'uso energetico della biomassa, con l'insediamento al 2010 di centrali elettriche alimentate a biomassa per complessivi 50-70 MW ed una capacità produttiva di 300-500 milioni di KWh. Previste azioni anche per il recupero energetico degli RSU. I flussi di rifiuti solidi urbani che rimangono dal sistema della raccolta differenziata, circa 256 mila t/a, saranno avviati al recupero energetico, negli impianti di termovalorizzazione esistenti. Ciò comporterà la riduzione dei volumi da mandare a discarica, ma soprattutto ridurrà l'utilizzo di combustibile fossile di 110 mila tep/a e le emissioni di CO₂ di 265 mila t/a. Altre azioni previste dal Piano riguardano la riduzione dei consumi finali di energia nelle attività produttive, negli usi civili e nei trasporti. Sono previsti interventi per la mobilità urbana ed extraurbana, sia sulla distribuzione degli spostamenti che sulle prestazioni dei mezzi di trasporto, maggior utilizzo del trasporto pubblico ed efficacia logistica dell'uso dei mezzi di trasporto e delle sedi stradali, per ottenere la fluidificazione del traffico

¹⁴Fonte: [http://www.regione.liguria.it/MenuSezione.asp?Parametri=4_10_9_490_\\$4_10_9_490_\\$Energia\\$4_10_9_490_-1\\$ppenerg.htm\\$](http://www.regione.liguria.it/MenuSezione.asp?Parametri=4_10_9_490_$4_10_9_490_$Energia$4_10_9_490_-1$ppenerg.htm$)

e il controllo periodico dell'efficienza dei motori a combustione dei veicoli pubblici e privati. Interventi previsti anche nel trasporto merci con un programma di trasferimento, di milioni di tonnellate, dal trasporto stradale a quello ferroviario. Altre azioni sono inerenti alla promozione di tecnologie migliorative o alternative (veicoli elettrici e/o ibridi, celle a combustibile, biocarburanti, ecc.); all'incentivazione alla sostituzione dei veicoli in circolazione con quelli di minor consumo e minori emissioni; alla riduzione della domanda di mobilità e di lunghezza dei viaggi. In grande considerazione infine “un intervento sulla riorganizzazione del trasporto ferroviario, ad esempio attraverso un servizio cadenzato di tipo suburbano e la creazione di un nuovo sistema di stazioni e fermate lungo le direttrici ferroviarie” ¹⁵.

¹⁵Fonte: <http://www.assindustria.cz.it/Temp/DOCUMENTOENERGIA.pdf>

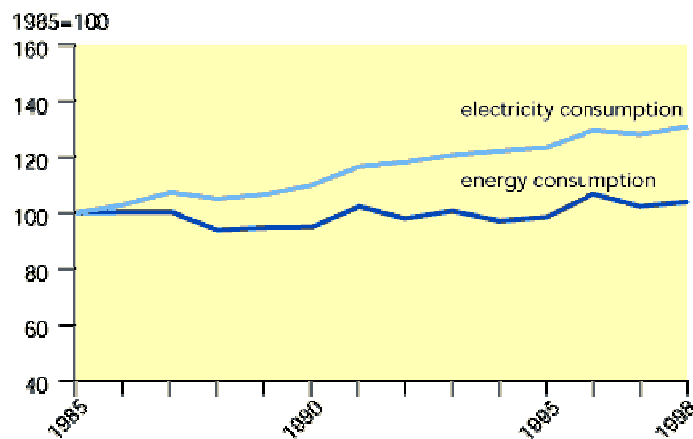
CAPITOLO 2

Definizione dei settori individuati dalla direttiva VAS che comportano un significativo utilizzo di risorse energetiche

Il consumo mondiale d'energia si avvicina attualmente a 10 miliardi di tep¹⁶, di cui nei Paesi industrializzati il 35% rappresentato da energia elettrica¹⁷. Nel 2000 in Europa si è raggiunto un consumo di energia primaria di circa 1800Mtep, quindi di quasi 2,1tep procapite¹⁸.

Figura 1 Consumo di energia finale ed energia elettrica per famiglia in Europa.

Fonte: European Environment Agency, 2001



¹⁶ tonnellata equivalente di petrolio (unità di misura per l'energia, vedi Allegato I)

¹⁷ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

¹⁸ Fonte: http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/08_confrontiinternazionali.pdf

[7]

Un cittadino italiano medio ha un consumo annuo di energia leggermente superiore rispetto alla media europea.

In Italia il consumo di fonti energetiche nel 2000 è cresciuto ad un tasso dello 0,9%, rispetto ad un aumento del PIL del 2,9%.

L'aumento dello 0,9% della domanda di fonti energetiche si traduce poi in un aumento del 6,6% della domanda di energia elettrica dell'1,5% dei prodotti petroliferi per gli impieghi finali¹⁹.

I combustibili fossili costituiscono la fonte energetica più utilizzata a livello mondiale e comunitario e anche a livello nazionale (Tab. 2.1).

Tab. 2.1 Consumo interno lordo per fonte primaria

| Energia primaria (Mtep) | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|
| | 1990 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | Variaz. % 00/90 |
| Carbone | 15,8 | 12,5 | 11,3 | 11,7 | 12,1 | 12,1 | 12,8 | -19 |
| Gas naturale | 39,1 | 44,8 | 46,4 | 47,8 | 51,5 | 56,0 | 58,1 | 48,6 |
| Prodotti petroliferi | 92,5 | 95,7 | 94,3 | 94,9 | 94,9 | 92,8 | 91,3 | -1,3 |
| FER | 8,4 | 10,2 | 11,2 | 11,2 | 11,3 | 12,6 | 12,0 | 53,6 |
| Importazioni | 7,6 | 8,4 | 8,4 | 8,9 | 9,4 | 9,6 | 9,7 | 27,6 |
| TOTALE | 163,4 | 171,6 | 171,6 | 174,5 | 179,2 | 183,1 | 184,8 | 13,1 |

Fonte: Elaborazione ENEA su dati MICA, 2001.

2.1 I settori d'utilizzo

Le fonti energetiche primarie e secondarie sono impiegate in ultim'analisi, nelle attività antropiche, ripartite nei macrosettori: industria, trasporti, residenziale e terziario, agricoltura. Tali macrosettori sono peraltro tra quelli individuati nella direttiva 42/2001/CEE, come settori per i quali tutti i piani e programmi elaborati saranno oggetto di valutazione ambientale strategica (VAS).

Dal bilancio energetico italiano del 2001 (Allegato II) risulta che il consumo interno lordo totale di combustibili (rinnovabili e non, primarie e secondarie) è stato di 187,838 milioni di tep, l'1,4% in più rispetto all'anno precedente. Dal 1998 al 2001

¹⁹ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001[2]

i consumi totali lordi sono aumentati di quasi 8,7Mtep, il totale combustibili, utilizzati per usi finali, di più di 6,1Mtep²⁰.

I settori che hanno usufruito maggiormente delle scorte energetiche sono il settore trasporti (42,4Mtep), il settore civile (41,2), l'industria (39,8).

Il settore industria ha consumato in maggior misura metano per un ammontare di 20.333 milioni di m³ ed energia elettrica per più di 137.500 GWh. L'industria è anche la principale consumatrice di carbone da vapore (1.650 Ktep), di coke di petrolio (2.371 Ktep), e di oli ad alto e basso tenore di zolfo (524 e 3.040 Ktep).

Statistiche simili si hanno per il settore civile che è anche il maggior consumatore di G.P.L. Questo settore è quello che usufruisce maggiormente di fonti rinnovabili rispetto ad altri, anche se per appena 1,189Mtep, costituiti esclusivamente da biomasse.

Il settore trasporti e servizi invece è il maggior consumatore di prodotti petroliferi.

Il settore agricolo e gli usi non energetici hanno usufruito prevalentemente di prodotti petroliferi, in particolare il settore agricolo di gasolio mentre l'industria petrolchimica di distillati leggeri (vedi Allegato III)²¹.

L'energia elettrica è consumata in prevalenza nelle attività industriali, soprattutto nell'industria manifatturiera di base. Importante anche la quota di elettricità utilizzata dal settore terziario di poco superiore a quella utilizzata

Tab. 2.1.1 Consumi di energia elettrica in Italia per settore di utilizzazione

| | GWh | 2000 | 2001 | var. % 01/00 |
|--------------------------------------|-----|------------------|------------------|--------------|
| Agricoltura | | 4.906,6 | 5.162,6 | 5,2 |
| Industria | | 148.192,4 | 150.973,4 | 1,9 |
| manifatturiera di base ²² | | 72.663,5 | 73.004,1 | 0,5 |
| manifatturiera non di base | | 62.532,0 | 63.387,9 | 1,4 |
| costruzioni | | 1.233,5 | 1.211,8 | -1,8 |
| energia e acqua | | 11.763,4 | 13.696,5 | 13,7 |
| Terziario | | 65.108,8 | 67.802,7 | 4,1 |
| servizi vendibili ²³ | | 49.874,9 | 52.221,2 | 4,7 |
| servizi non vendibili | | 15.233,9 | 15.581,5 | 2,3 |
| Domestico | | 61.111,7 | 61.553,2 | 0,7 |
| TOTALE | | 279.319,6 | 285.491,9 | 2,2 |

Fonte: GRTN, 2001

²⁰ Fonte: <http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/sistan/ben/index.htm> [20]

²¹ Fonte: <http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/sistan/ben/index.htm> [19]

²² Siderurgia, Metalli non ferrosi, Chimica, Materiali da costruzione, Cartaria

²³ Trasporti, Comunicazioni, Commercio, Alberghi Ristoranti e Bar, Credito e Assicurazioni, altri.

nel settore domestico che però non denota un forte aumento percentuale al contrario del primo.

Una quota di energia elettrica (circa 14 mila GWh) è impiegata nel settore energia e acqua (settore delle industrie coinvolte nell'estrazione-produzione di energia e estrazione e

Tab. 2.1.2 Consumi di energia elettrica nel settore energia e acqua

| Settori Energia e Acqua (GWh) | 2000 | 2001 |
|--------------------------------------|----------------|----------------|
| Estrazione combustibili solidi | 24,0 | 34,3 |
| Estrazione combustibili liquidi | 194,8 | 244,9 |
| Cokerie | 157,0 | 170,3 |
| Raffinerie | 4.296,5 | 5.502,0 |
| Officine del gas | 210,9 | 237,7 |
| En.elettrica, vapore, acqua calda | 1.460,4 | 1.578,0 |
| Totale energia | 6.343,6 | 7.767,2 |
| Acquedotti | 5.419,9 | 5.602,3 |
| Fonte: Rapporto ambientale ENEL-2002 | | |

distribuzione acqua), che ha avuto l'incremento percentuale maggiore negli anni 2000-2001²⁴.

2.1.1 L'industria

Il settore industriale nazionale ha evidenziato dal 1995 un forte aumento dell'utilizzo di energia elettrica, con un incremento tra il 1999 e il 2000 del 5%. L'aumento della intensità energetica registrato, non è stato corrispondente ad un aumento della produttività. Il 1999 ha segnato un aumento del consumo di gas, e prodotti petroliferi. L'aumento maggiore riguarda il gas naturale (+3,3%). Il consumo di combustibili fossili ha seguito invece un *trend* decrescente. Il settore industriale ha visto in quest'anno un aumento del 2% della dipendenza energetica²⁵.

²⁴ ENEL, 2000, Rapporto ambientale. [12]

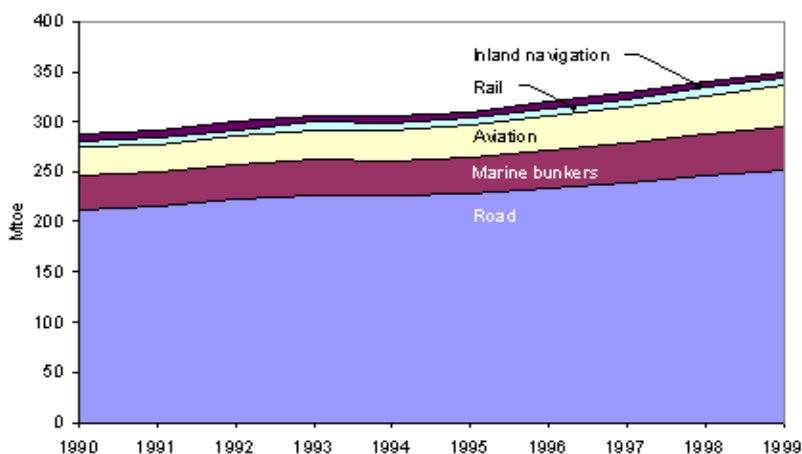
²⁵ ENEA, 2001, "Rapporto Energia e Ambiente 2001[1b]

2.1.2 I trasporti

Il consumo di energia nel settore trasporti è aumentato del 22% tra il 1990 e il 2000. Questo settore è stato responsabile del 35% dei consumi totali di energia nel 2000, nei paesi UE²⁶.

Figura 2 Consumo totale di energia nel settore trasporti nei Paesi UE.

Fonte: EEA, 2002



Il settore trasporti nazionale ha visto nel decennio 1990-2000 un forte incremento del traffico passeggeri e merci con un conseguente cospicuo aumento dei consumi finali di energia (+29,7%). Nel 2000, al primo posto per consumi finali di questo settore vi è il trasporto su strada col 94,9%, nel particolare il trasporto passeggeri (65%); poi il trasporto aereo e gli impianti fissi (2,4% ciascuno) e il trasporto navale (1,3%).²⁷.

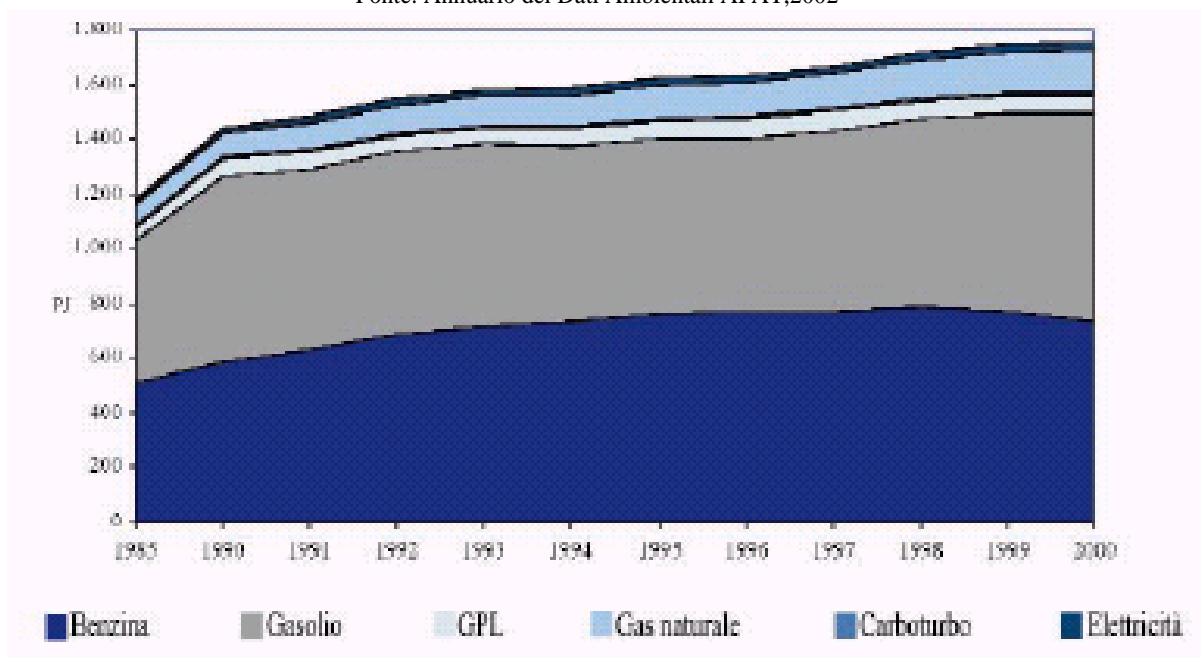
²⁶ Fonte:

http://themes.eea.eu.int/Sectors_and_activities/transport/indicators/consequences/transport_consumption/index_html [36]

²⁷ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

Figura 3 Consumi complessivi di carburante ed elettricità nei trasporti

Fonte: Annuario dei Dati Ambientali APAT, 2002



2.1.3 Residenziale e terziario

Più della metà della richiesta energetica del settore residenziale e terziario, è stata soddisfatta, negli anni 1999-2000 dal gas naturale, e un quarto da energia elettrica, il rimanente da derivati del petrolio e combustibili fossili.

Nel 1999 il 70,5% dei consumi civili sono addebitabili al riscaldamento domestico, alla produzione di acqua calda, ad usi di cucina ed elettrici obbligati. Quasi il 60% della richiesta energetica è soddisfatta dal gas naturale e circa il 20% da prodotti petroliferi. La rimanente percentuale quasi esclusivamente da energia elettrica. La crescente richiesta di gas naturale è legata alla diffusione degli impianti di riscaldamento autonomi al posto di quelli centralizzati²⁸.

Il settore terziario ha avuto un incremento dei consumi del 6% dal 1999. La maggior parte del fabbisogno è sopperito da gas naturale (47%) ed energia elettrica (41%).

²⁸ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

2.1.4 Agricoltura e pesca

Nel settore agricolo si è registrato un continuo e lento decremento dei consumi negli anni 1995-1999. I prodotti petroliferi sono la fonte energetica predominante (soprattutto GPL), la benzina e l'olio combustibile però hanno subito un calo costante. L'utilizzo di energia elettrica ha risentito soprattutto nel 1998 e 1999 di un aumento cospicuo (12,8%)⁵².

2.2 L'industria energetica

L'industria energetica comprende le attività di produzione e utilizzo delle fonti energetiche primarie, nonché le attività di riutilizzo dei rifiuti con la trasformazione in fonti energetiche per usi finali.

Le fonti primarie vengono trasformate in energia elettrica oppure purificate e separate in composti più adatti ad un uso finale (es. benzine). Queste bisognoano oltre che di una rete di trasporto anche di dispositivi di accumulo e deposito.

Nel 1999 sono stati importati e prodotti circa 158 Mtep di fonti fossili, di cui il 7,6% di carbone per più della metà utilizzato per la produzione di energia elettrica, il 32,6% di gas naturale e più dell'59,7% di petrolio destinato ad usi finali dopo trasformazione in raffineria di cui 10% per consumi interni, o legati a bunkeraggi²⁹ e trasporto del petrolio.

Il riutilizzo dei rifiuti e delle biomasse ha compreso nel 1999, un utilizzo di biomasse come fonte di calore per una quantità equivalente a poco più di un decimo della quantità di fonti fossili importate; l'utilizzo di reflui industriali (es. catrame da raffineria), di rifiuti urbani e biomasse di recupero per la produzione di elettricità (10TWh); il recupero di energia termica a valle degli impianti di generazione

²⁹ attività di scavi e trivellazioni

elettrica, riutilizzata in processi industriali e riscaldamento, per stime che vanno da 6 a 9Mtep.³⁰.

2.3 Le attività e gli interventi a forte impatto

Le attività e/o interventi, che comportano impatto ambientale con potenziali effetti significativi (compreso lo sfruttamento delle risorse fossili) possono essere riferite ai settori suscettibili di valutazione ambientale strategica. In accordo con la direttiva Europea alcune hanno una particolare rilevanza e sono spesso soggette a politiche di prevenzione e mitigazione:

Settore industriale

- Progettazione e utilizzo di impianti estrattivi per le risorse fossili.
- Progettazione e utilizzo di impianti termoelettrici.
- Progettazione e utilizzo di industrie siderurgiche, meccaniche e chimiche.

Settore trasporti

- Utilizzo prevalente di mezzi privati su strada per il trasporto passeggeri.
- Trasporto merci su gomma.

Settore civile

- Riscaldamento e condizionamento di edifici.
- Produzione di acqua calda sanitaria mediante boiler elettrici.
- Utilizzo di apparecchiature elettroniche e d'illuminazione a bassa efficienza.

Nel settore industriale la progettazione e l'utilizzo di impianti estrattivi per le risorse fossili comporta, in primo luogo, lo sfruttamento diretto delle risorse energetiche primarie non rinnovabili con conseguente impoverimento delle stesse. In secondo luogo la stessa trivellazione dei pozzi ha dei consumi energetici non indifferenti. L'impatto sul territorio è poi un punto fondamentale da valutare: la costruzione di

³⁰ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

un impianto estrattivo comporta l'utilizzo di una porzione rilevante di suolo, la necessaria esclusione di ogni altra possibile attività dallo stesso, con riduzione della superficie naturale; un ampliamento della rete di infrastrutture di trasporto – distribuzione, conseguentemente aumento del traffico di mezzi pesanti, aumento delle reti di distribuzione. La progettazione e l'utilizzo di impianti termoelettrici comporterà la produzione di gas inquinanti e ad effetto serra in misura superiore ad eventuali altri impianti di generazione elettrica (fonti rinnovabili *in primis*, impianti a gas a ciclo combinato) nonché lo sfruttamento di risorse non rinnovabili.

Infine la progettazione ed il funzionamento di industrie siderurgiche, meccaniche e chimiche, che sono tra le maggiori consumatrici di energia elettrica del settore industriale, comporta chiaramente un forte assorbimento di questa risorsa.

Nel settore trasporti la principale fonte di sfruttamento di combustibili fossili sono i motori a combustione utilizzando benzine e diesel. Il traffico stradale è la principale fonte inquinante delle nostre città oltre ad essere una grossa fonte di sfruttamento di fonti energetiche primarie. Inoltre il trasporto merci su gomma rispetto ad altri mezzi di trasporto (ferroviario, navale) comporta un elevato consumo di derivati del petrolio, ed una congestione del traffico stradale.

Nel settore civile (domestico e terziario) la progettazione di edifici con criteri che non seguono le “*best practice*” per l'efficienza e il risparmio energetico comporta a lungo termine grossi sprechi energetici (gas, elettricità) per il riscaldamento e raffreddamento. Le nuove tecniche progettuali si basano sull'isolamento termico degli stabili e su una ergonomia degli impianti di riscaldamento che aumenti l'efficacia e l'efficienza di questi. Nel settore civile e pubblico una fonte di grossi consumi energetici è l'illuminazione, privata e pubblica, e l'utilizzo di apparecchiature elettriche di tecnologia superata, nonché l'utilizzo di boiler elettrici per la produzione di acqua calda.

Nel settore agricoltura e pesca che è uno dei settori a minore sfruttamento di fonti energetiche, si può considerare come punto critico la pianificazione d'utilizzo di

macchine agricole o imbarcazioni di costruzione antecedente ai moderni standard di efficienza.

2.4 Le tipologie di pianificazione-progettazione a basso impatto

La nuova sensibilità scaturita dagli studi di sostenibilità ambientale ha portato allo sviluppo di tecnologie più avanzate dal punto di vista del risparmio e dell'efficienza energetica, e di nuove modalità di progettazione di edifici, impianti termici e non per ultimo a nuovi criteri di pianificazione energetica a livello territoriale (regionale, nazionale).

I piani energetici di più recente nascita seguono comunemente dei punti cardine:

- Politiche di risparmio ed efficienza energetica
- Politiche di sviluppo e implementazione di fonti energetiche rinnovabili

Tra le prime importanti sono le politiche di riduzione dei consumi energetici in particolare nel settore trasporti, ma anche nel settore civile e industriale; inoltre le politiche di efficienza energetica che si basano sull'utilizzo di apparecchiature tecnologicamente più avanzate che comportano maggior efficienza con consumi ridotti (e spesso minore emissione di inquinanti), l'utilizzo di “*best practice*” per la costruzione, allestimento e ristrutturazione di edifici.

Tra le politiche di sviluppo e incremento dell'utilizzo di fonti rinnovabili sono particolarmente rappresentate quelle riguardanti energia eolica e fotovoltaica, ma anche l'incremento e/o la riqualificazione di impianti idroelettrici e la rivalutazione di RSU e sottoprodotti agro-industriali per la produzione energetica.

CAPITOLO 3

Le pressioni e l'impatto sull'ambiente

Le pressioni sull'ambiente rappresentano tutto ciò che può modificare e alterare lo stato dell'ambiente, la qualità e la struttura delle sue componenti, abiotiche e biotiche.

Si parla di inquinamento quando la quantità di eventuali prodotti immessi nell'ambiente, da attività antropiche, supera la capacità di assimilazione degli ecosistemi, oppure quando la loro natura è incompatibile con l'ambiente naturale³¹.

3.1 I potenziali impatti

3.1.1 Impatti sulle risorse

Una delle questioni collegate al tema energetico è quella dello sfruttamento delle risorse terrestri energetiche, principalmente delle fonti primarie non rinnovabili.

Le risorse di combustibili fossili non sono infinite né si rinnovano in tempi storici, perciò ad un certo punto cominceranno a essere insufficienti.

Le stime della durata delle riserve attuali, ai tassi di consumo odierni, valutano di circa 40 anni la durata del petrolio, 50 quella del gas, 200 e 300 anni quella rispettivamente di carbone e lignite³².

Allo sfruttamento delle risorse è collegato l'impatto sull'ambiente dovuto alle infrastrutture utilizzate per l'estrazione e trasporto dei materiali.

³¹ ANPA-Manuali e linee guida, 2002, Il danno ambientale ex art.18 L.349/86 [17]

3.1.2 Pressioni e impatti sull'ambiente

Lo sfruttamento delle risorse energetiche è ragione di tipi diversi di pressioni causa di impatti sul sistema ambiente che possono verificarsi a scala locale, regionale e globale³³.

Criticità di natura locale/regionale

- Alterazioni territoriali e paesaggistiche indotte dalle grandi opere di sfruttamento delle risorse idriche e il degrado paesaggistico dei luoghi destinati all'estrazione di fonti fossili e alla produzione energetica;
- Inquinamento delle matrici ambientali per l'emissione di prodotti chimici, accertati nocivi, derivanti dal trasporto, dalla combustione (primari e secondari) e dall'utilizzo finale delle fonti energetiche;
- Produzione di rifiuti solidi da impianti energetici e di scorie radioattive da impianti nucleari.
- Formazione di precipitazioni acide;
- Grandi sversamenti di idrocarburi da impianti *off-shore* o da navi petroliere;
- Incidenti rilevanti di contaminazione dell'atmosfera (incendio dei pozzi in Kuwait, ecc.);
- Deforestazione estensiva (soprattutto nei paesi in via di sviluppo).

Criticità di natura globale sono dovute alla possibile influenza su:

- La riduzione della disponibilità di fonti energetiche (non rinnovabili);
- La riduzione dello strato di ozono (per l'immissione di sostanze con potere di riduzione);
- I cambiamenti climatici per l'immissione in atmosfera di quantità in eccesso di gas serra, rispetto alle emissioni naturali³⁴.

Quest'ultimo problema è però ancora al centro di un dibattito aperto. Sta di fatto che le concentrazioni atmosferiche dei gas climalteranti sono notevolmente aumentate

³² Comitato Scientifico ANPA, 2002. Conoscenze scientifiche e priorità ambientali, vol. II [4]

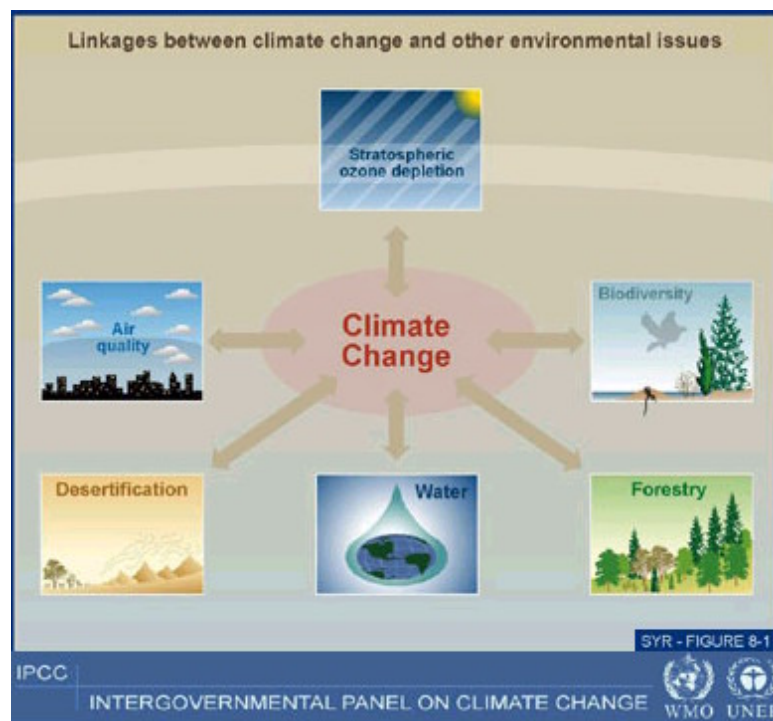
³³ ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente [2]

rispetto all'epoca preindustriale, e la temperatura media dei bassi strati dell'atmosfera è aumentata, dalla fine del XIX sec., di un valore medio globale di 0,6°C.

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) indica tra i maggiori problemi che si porranno a seguito dei cambiamenti climatici:

1. eventi meteorologici ed idrologici estremi;
2. spostamento verso latitudini diverse di tutti i sistemi ecologici ed ambientali naturali;
3. ripercussioni dei primi due punti: perdita di biodiversità, desertificazione, ripercussioni economiche in vari settori (iniziative economiche, occupazione, distribuzione delle ricchezze).

Figura 4 Legami fra cambiamento climatico e ripercussioni sulle componenti ambientali. Fonte IPCC³⁵



³⁴ IEA, Indicators for Sustainable Energy Development [12]

³⁵ Fonte: <http://www.ipcc.ch/present/graphics/2001syr/small/00.20.jpg>

3.2 Fonti d'inquinamento atmosferico

Il settore energetico è uno delle maggiori sorgenti d'emissioni d'inquinanti atmosferici e di gas climalteranti, dal livello locale fino al livello mondiale.

Le principali emissioni d'inquinanti, maggiormente correlati con gli usi energetici, sono:

- gas ad effetto serra: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O);
- gruppi di gas: ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO), Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM), ossidi di zolfo (SO_x); tra cui NO_x e SO₂ ad effetto acidificante (piogge acide);
- inquinanti solidi: particolato (< 10 micron), e metalli pesanti (principalmente Cd, Pb, Hg)³⁶.

Il settore energetico è responsabile della gran parte delle emissioni nazionali di CO e CO₂, e COVNM e particolato, e NO_x (Tab. 3.2.1).

Tab. 3.2.1 Inventario nazionale delle emissioni in atmosfera- CORINAIR 1997

| Settori (classificazione SNAP94) | SO _x | | NO _x | | COVNM | | CO | | CO ₂ | | N ₂ O | | CH ₄ | |
|--|-----------------|------|-----------------|------|-------|-----|-----|-----|-----------------|------|------------------|------|-----------------|------|
| | Mg | % | Mg | % | Mg | % | Mg | % | Tg | % | Gg | % | Gg | % |
| Combustione nel settore produz. e trasformaz. energia | 695 | 22,9 | 293 | 17,4 | 6 | 0,3 | 33 | 0,5 | 135 | 32,5 | 20 | 13,2 | 5 | 0,3 |
| Combustione in impianti non industriali | 34 | 1,1 | 65 | 3,9 | 31 | 1,4 | 372 | 5,2 | 63 | 15,2 | 7 | 4,6 | 24 | 1,2 |
| Combustione in impianti industriali | 198 | 6,5 | 192 | 11,4 | 9 | 0,4 | 497 | 6,9 | 90 | 21,7 | 6 | 4,0 | 7 | 0,4 |
| Processi senza combustione | 59 | 1,9 | 10 | 0,6 | 100 | 4,4 | 298 | 4,1 | 24 | 5,8 | 23 | 15,2 | 9 | 0,5 |
| Estraz. e distribuz. combustibili fossili/energia geotermica | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 131 | 5,8 | 0 | 0,0 | 2 | 0,5 | 2 | 1,3 | 282 | 14,1 |

³⁶ ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente [2]

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| Uso di solventi o altri prodotti | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 565 | 24,8 | 0 | 0,0 | 2 | 0,5 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Trasporti stradali | 29 | 1,0 | 901 | 53,4 | 1044 | 45,9 | 5157 | 71,5 | 106 | 25,5 | 7 | 4,6 | 40 | 2,0 |
| Altre sorgenti mobili | 7 | 0,2 | 207 | 12,3 | 176 | 7,7 | 496 | 6,9 | 16 | 3,9 | 5 | 3,3 | 3 | 0,2 |
| Trattamento e smaltimento rifiuti | 13 | 0,4 | 16 | 0,9 | 27 | 1,2 | 310 | 4,3 | 1 | 0,2 | 1 | 0,7 | 685 | 34,3 |
| Agricoltura, foreste, cambiamenti uso suolo e colture | 0 | 0,0 | 1 | 0,0 | 2 | 0,1 | 23 | 0,3 | 0 | 0,0 | 77 | 51,0 | 892 | 44,6 |
| Altre sorgenti di emissione ed assorbimenti | 2000 | 65,9 | 1 | 0,0 | 186 | 8,2 | 26 | 0,4 | -24 | -5,8 | 5 | 3,3 | 50 | 2,5 |
| TOTALE | 3034 | 100 | 1686 | 100 | 2276 | 100 | 7211 | 100 | 415 | 100 | 151 | 100 | 2000 | 100 |
| Fonte: ANPA, | | | | | | | | | | | | | | |

Le emissioni in atmosfera di questi composti, ad eccezione delle fonti naturali, sono in massima parte dovute alla utilizzo di combustibili fossili. I processi di combustione producono inoltre vari idrocarburi volatili e particolato, costituito da nerofumo (carbonio e sostanze catramose e organiche) generalmente arricchito da metalli pesanti³⁷.

Le emissioni di COV non metanici (acetone, alcool etilico o metilico, benzene, toluene) e il particolato derivano, per oltre la metà, dai processi di caricamento e stoccaggio del petrolio nelle raffinerie, dal trasporto del carbone e del coke negli impianti siderurgici, dall'estrazione dei combustibili fossili e dall'uso di solventi³⁸.

³⁷ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata[5]

³⁸ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

| Tab 3.2.2 Valori di Emissione di Composti organici volatili (escluso CH₄) in ITALIA nel 1990 * | | | |
|--|-------------------|------|--------------|
| Totale emissioni nazionali 2.650.344,50 Di cui non naturali 2.498.162,5 | | | |
| Settori del Macrosettore Estrazione,distribuzione combustibili fossili | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Distribuzione combustibili liquidi (escluso benzina) | 68.928,10 | Mg | |
| Distribuzione di benzina | 44.139,10 | Mg | |
| Reti di distribuzione del gas | 21.332,90 | Mg | |
| Estrazione 1x trattam. e caricam. combust. fossili liquidi | 464,2 | Mg | |
| Estrazione 1x trattam. e caricam. combust. fossili gassosi | 156 | Mg | |
| Totale emissioni | 135.020,30 | | |
| Settori del Macrosettore Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 3.629,50 | Mg | |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 267,8 | Mg | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 123,1 | Mg | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 76 | Mg | Gas naturale |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 29 | Mg | Gas naturale |
| Teleriscaldamento | 9,1 | Mg | |
| Teleriscaldamento | 1,1 | Mg | Olio comb.le |
| Teleriscaldamento | 0,4 | Mg | Carbone |
| Totale emissioni | 4.136,00 | | |

| Tab. 3.2.3 Valori di Emissione di Metano in ITALIA nel 1990 * | | | |
|--|-------------------|------|--------------|
| Totale emissioni nazionali 4.238.734,50 Di cui non naturali 4.008.357,0 | | | |
| Settori del Macrosettore Estrazione,distribuzione combustibili fossili | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Reti di distribuzione del gas | 307.088,70 | Mg | |
| Estrazione 1x trattam. e caricam. combust. fossili gassosi | 29.991,90 | Mg | |
| Estrazione 1x trattamento e caricamento di comb. foss. gass. | 10.378,30 | Mg | |
| Totale emissioni | 347.458,90 | | |
| Settori del Macrosettore Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 3.629,50 | Mg | |
| Teleriscaldamento | 224,7 | Mg | Gas naturale |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 53,5 | Mg | Gasolio |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 36,5 | Mg | Gas naturale |
| Teleriscaldamento | 16,8 | Mg | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 9,1 | Mg | |
| Teleriscaldamento | 1,1 | Mg | Olio comb.le |
| Teleriscaldamento | 0,4 | Mg | Carbone |
| Totale emissioni | 3.971,60 | | |

Le emissioni di monossido di carbonio si devono, in gran parte, alle attività umane connesse con la mobilità, la produzione di elettricità e il riscaldamento domestico³⁹.

*Fonte: APAT, Banca Dati delle emissioni atmosferiche con accesso guidato all'inventario Corinair 1990 [24].

³⁹ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

In Italia oltre il 90% della produzione è attribuibile alla combustione in motori a scoppio. Contribuisce anche l'industria petrolifera (processi di cracking)⁴⁰.

| Tab 3.2.4 Valori di Emissione di Monossido di carbonio in ITALIA nel 1990 * | | | |
|---|------------------|------|----------------|
| Totale emissioni nazionali 8.916.166,40 Di cui non naturali 8.905.378,4 | | | |
| Settori del Macrosettore Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 21.342,30Mg | | |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 1.147,10Mg | | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 547Mg | | Gas naturale |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 496,2Mg | | Gas naturale |
| Teleriscaldamento | 488,2Mg | | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 127,5Mg | | |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 88,5Mg | | Rif.Sol. Urb. |
| Teleriscaldamento | 12,8Mg | | Rif. Sol. Urb. |
| Teleriscaldamento | 6Mg | | Olio comb.le |
| Teleriscaldamento | 3,2Mg | | Carbone |
| Totale emissioni | 24.258,80 | | |
| Attività del Settore Industria petrolifera del Macrosettore Processi Produttivi | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Cracking catalitico a letto fluido (FCC) - caldaia CO | 8.286,50Mg | | |
| Impianti di recupero zolfo | 487,2Mg | | |
| Totale emissioni | 8.773,70 | | |

La quantità di anidride carbonica immessa in atmosfera è direttamente proporzionale dalla quantità di combustibile consumato. L'emissione di CO₂ è in continua crescita. Secondo dati pubblicati da CORINAIR si è avuto nel nostro paese un aumento sensibile (1990/1997) di CO₂ da trasporto aereo (+43%), dal trasporto marittimo (+16%) e stradale (+13%). Le emissioni di CO₂ sono prevalenti anche nel settore industriale, insieme a quelle di CH₄ e N₂O⁴¹.

⁴⁰ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [4]

⁴¹ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

| Tab. 3.2.5 Valori di Emissione di Anidride carbonica in ITALIA nel 1990 * | | | |
|--|-----------------------|------|----------------|
| Totale emissioni nazionali 436.953.918,50 Di cui non naturali 425.132.684,7 | | | |
| Settori del Macrosettore Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 107.698.513,30 | Mg | |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 794.072,40 | Mg | Gasolio |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 583.319,30 | Mg | Gas naturale |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 85.440,20 | Mg | Rif. Sol. Urb. |
| Teleriscaldamento | 304.471,00 | Mg | Gas naturale |
| Teleriscaldamento | 301.368,10 | Mg | |
| Teleriscaldamento | 103.953,30 | Mg | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 30.035,80 | Mg | Olio combust. |
| Teleriscaldamento | 26.023,70 | Mg | Carbone |
| Teleriscaldamento | 12.442,70 | Mg | Rif. Sol. Urb. |
| Totale emissioni | 109.939.639,80 | | |

Lo zolfo (nel petrolio in quantità inferiore all'1%) durante la lavorazione del greggio si concentra nelle frazioni altobollenti (nell'olio combustibile arriva al 3%). Nel carbone la percentuale varia tra 0,5 e 2,5%. La combustione libera ossidi di zolfo, le cui emissioni sono dipendenti quindi dalla percentuale di zolfo presente (qualità dei combustibili). Le sorgenti più importanti sono le centrali termoelettriche e secondariamente l'industria. In Italia il 46% delle emissioni non naturali dipende dal macrosettore della produzione di energia elettrica⁴².

| Tab. 3.2.6 Valori di Emissione di Ossidi di zolfo in ITALIA nel 1990 * | | | |
|--|-------------------|------|---------------|
| Totale emissioni nazionali 4.485.295,80 Di cui non naturali 1.678.008,8 | | | |
| Settori del Macrosettore Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 764.261,60 | Mg | |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 1.511,40 | Mg | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 1.283,10 | Mg | |
| Teleriscaldamento | 387,9 | Mg | Olio combust. |
| Teleriscaldamento | 197,9 | Mg | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 147,1 | Mg | Carbone |
| Totale emissioni | 767.789,00 | | |

Gli ossidi di azoto (NO_x) derivano per lo più da processi di combustione, in sorgenti fisse (centrali termoelettriche, riscaldamento domestico) e sorgenti mobili

⁴² Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [4]

(autoveicoli benzina e diesel)⁴³. In Italia le fonti più importanti sono le emissioni derivanti dai trasporti e dalle centrali termoelettriche .

| Tab. 3.2.7 Valori di Emissione di Ossidi di azoto in ITALIA nel 1990 * | | | |
|---|-------------------|------|----------------|
| Totale emissioni nazionali 2.046.615,70 Di cui non naturali 204.615,70 | | | |
| Settori del Macrosettore Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc | Emissioni | UMis | Combustibile |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 394.612,90 | Mg | |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 6.432,60 | Mg | Gasolio |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 2.652,20 | Mg | Gas naturale |
| Teleriscaldamento | 2.070,00 | Mg | Gas naturale |
| Teleriscaldamento | 1.819,80 | Mg | Gasolio |
| Teleriscaldamento | 785,3 | Mg | |
| Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche | 126,3 | Mg | Rif. Sol. Urb. |
| Teleriscaldamento | 63,4 | Mg | Olio combust. |
| Teleriscaldamento | 48,6 | Mg | Carbone |
| Teleriscaldamento | 18,4 | Mg | Rif. Sol. Urb. |
| Totale emissioni | 408.629,50 | | |

In Italia il settore della produzione termoelettrica contribuisce alle emissioni in atmosfera per ogni KWh prodotto come indicato in tabella.

| Tab 3.2.8 Emissioni in atmosfera | | | | | |
|--|------|------|------|------|-----------|
| | Anno | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 2000 |
| Emissioni specifiche nette della produzione termoelettrica ⁴⁴ (g/KWh) | | | | | |
| SO2/prod. Termo | | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 2,9 2,5 |
| NOx/prod. Termo | | 1,9 | 1,6 | 1,3 | 1,1 0,9 |
| polveri/prod. Termo | | 0,28 | 0,16 | 0,14 | 0,11 0,1 |
| CO2/prod. Termo | | 735 | 723 | 719 | 707 702 |
| Emissioni specifiche nette della prod. geotermoelettrica (g/KWh) | | | | | |
| H2S/prod. geo | | 6,1 | 6,1 | 6 | 6,1 6,4 |
| CO2/prod. geo | | 472 | 439 | 453 | 435 430 |
| Fonte: Rapporto ambientale ENEL-2000 | | | | | |

⁴³ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

⁴⁴ Quantità di sostanze emesse in atmosfera per ogni KWh netto di energia elettrica prodotta.

3.3 Altre fonti d'impatto

Il settore energetico è fonte anche di altre cause d'impatto su diversi comparti ambientali, anche se l'impatto delle emissioni in atmosfera di inquinanti è predominante.

3.3.1 Impatti delle centrali termoelettriche

L'impatto ambientale delle centrali elettriche è riconducibile anche ad altre eventuali fonti di potenziali effetti ambientali, quali la produzione di rifiuti solidi (Tab. 3.3.1), lo scarico di reflui inquinanti e lo sfruttamento della risorsa idrica.

| Tab. 3.3.1 Produzione dei rifiuti da produzione termoelettrica (Mt) | | | | | |
|---|-------|-------|-------|---------|---------|
| Tipologia rifiuto | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
| Speciali non pericolosi | | | | | |
| Ceneri da carbone pesanti (prod. termo) | 41,1 | 50,5 | 34,7 | 63,8 | 58,3 |
| quantitativo conferito per recupero ⁴⁵ | 92 | 99 | 98 | 100 | 100 |
| Ceneri da carbone leggero (prod. termo) | 842,7 | 839,4 | 952,4 | 1.056,6 | 1.146,3 |
| quantitativo conferito per recupero% | 108 | 106 | 100 | 93 | 94 |
| Gessi da desolfurazione(prod. termo) | 275,6 | 509,3 | 562,2 | 470,2 | 579,8 |
| quantitativo conferito per recupero% | 87 | 99 | 102 | 91 | 94 |
| Altri speciali non pericolosi⁴⁶ | 230,9 | 213,0 | 223,8 | 230,5 | 271,9 |
| quantitativo conferito per recupero% | 48 | 75 | 60 | 75 | 55 |
| Speciali pericolosi | | | | | |
| Ceneri da olio combustibile (prod.termo) | 55,2 | 40,5 | 27,6 | 14,5 | 14,9 |
| quantitativo conferito per recupero% | 27 | 40 | 15 | 14 | 13 |
| Altri speciali pericolosi⁴⁷ | 15,6 | 13,2 | 11,3 | 13,1 | 18,5 |
| quantitativo conferito per recupero% | 53 | 60 | 40 | 44 | 39 |
| Fonte: Rapporto ambientale 2002- ENEL | | | | | |

⁴⁵ Indica la percentuale di quantitativo conferito ad un operatore autorizzato all'esercizio delle operazioni di recupero.

⁴⁶ Materiali tipici dell'attività elettrica (apparecchiature, sostegni, cavi, fanghi da trattamento acque), dalla perforazione geotermica e materiali con caratteristiche generiche o di eccezionalità.

⁴⁷ Materiali tipici dell'attività elettrica (trasformatori e condensatori con PCB, batterie, oli esauriti) o con caratteristiche generiche o di eccezionalità (morchie, amianto).

I rifiuti pericolosi sono recuperati in media per meno del 34% e sono costituiti principalmente da ceneri d'olio combustibile, oli esausti, batterie, materiali contenenti amianto, oli contenenti policlorobifenili (PCB). I rifiuti maggiormente recuperabili sono le ceneri di carbone, utilizzabili come materiale inerte nella produzione di calcestruzzo e bitume e i gessi da desolforazione⁴⁸.

Gli scarichi delle centrali termoelettriche presentano come effetto ambientale principale l'innalzamento della temperatura delle acque, anche di diversi gradi. Le acque utilizzate per il raffreddamento possono inoltre provocare inquinamento del corpo idrico recettore perché contengono additivi a base di fosfati e composti tossici a base di cloro (soprattutto nelle centrali dove è utilizzata l'acqua marina, per contenere lo sviluppo della fauna nelle condotte)⁴⁹. Per stabilizzare il pH vengono immesse quantità di idrazina e ammoniaca mentre per trattare le acque reflue è utilizzata la calce, dalle proprietà flocculanti e neutralizzanti⁵⁰, ciononostante nelle acque reflue possono trovarsi eventuali altri residui derivanti dai materiali di consumo (acido solfidrico e ac. cloridrico utilizzati per i lavaggi delle apparecchiature, ipoclorito di sodio e solfato ferroso additivi a volte delle acque di raffreddamento per evitare depositi, incrostazioni e corrosione).

Gli scarichi di acqua usata per il raffreddamento nelle cokerie e raffinerie sono anche potenziali inquinanti. Nelle raffinerie la composizione dei reflui varia a seconda dei processi adottati: generalmente il pH varia da 4,5 a 9,5 e si possono trovare elevate concentrazioni di ammoniaca, solfuri, solfati, cloruri e idrocarburi⁵¹.

Le centrali elettriche sono ai primi posti per le quantità d'acqua utilizzate. Dal bilancio ambientale proposto dalla società ENEL nel 2000, il prelievo d'acqua per uso industriale sfruttata: nelle centrali termoelettriche per reintegrare le quantità perdute nei processi produttivi degli impianti, nei sistemi di raffreddamento, i lavaggi delle caldaie, l'alimentazione di impianti ausiliari e il funzionamento dei

⁴⁸ ENEL, 2002, Rapporto ambientale [31]

⁴⁹ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata [5]

⁵⁰ ENEL, 2000, Rapporto ambientale [13]

⁵¹ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata [5]

desolfinatori; e nell'attività geotermica per la preparazione del fango di perforazione, è stato di 30,7 milioni di m³ di acque interne (di cui da fiume 10,8, da pozzo 14,1, da acquedotto 5,8). Il prelievo di acque di mare è stato in totale di 15,6 milioni di m³. Le acque reflue dalla produzione termoelettrica raggiungono quasi i 26 milioni di m³. Il recupero di acqua interno alle centrali è stato di soli 3,6 milioni di m³ su un fabbisogno totale di quasi 50 milioni di m³. Il fabbisogno specifico netto di acqua nella produzione termoelettrica è stato di 0,352 litri per KWh netto di energia elettrica prodotta e dal 1996 al 2000 è aumentato del 23%⁵².

Riparare ai deficit qualitativi attraverso processi di depurazione, di bonifica o di ripristino dello stato naturale e colmare la mancanza di disponibilità quantitativa sono operazioni molto costose e tecnicamente complesse.

3.3.2 Impatti delle centrali idroelettriche

Una problematica legata alle centrali idroelettriche riguarda direttamente le risorse idriche utilizzate. In Italia l'acqua è una delle fonti energetiche primarie, contribuisce a circa il 17% del fabbisogno energetico nazionale. L'uso dell'energia idroelettrica, benché classificata tra le energie rinnovabili, presenta comunque un impatto determinante sui corpi idrici utilizzati.

Gli sbarramenti, la deviazione dei corsi d'acqua dall'alveo naturale possono avere inoltre un impatto più o meno rilevante sul territorio e le sue risorse (faunistiche e vegetazionali)⁵³. Le opere di sbarramento producono effetti⁵⁴:

- sulla sedimentazione: deposito nel neo-bacino artificiale di tutti i sedimenti provenienti dal tratto a monte del corso d'acqua. Questi sono vitali per l'habitat e le biocenosi lotiche ed ecotonali di questo; la privazione dei sedimenti nell'alveo naturale e la sequestrazione dei sedimenti nel bacino

⁵² ENEL, 2000, Rapporto ambientale 2000

⁵³ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000

⁵⁴ P. Muru, 1999. Gli sbarramenti idrogeologici

artificiale, causano una diminuzione della quantità di sedimenti alla foce. Anche questo fenomeno contribuisce all'erosione costiera;

- sull'andamento dei corsi d'acqua: alterazione sezione e profilo longitudinale; erosione letto del fiume; erosione del bacino; modificazione del flusso;
- sulla flora e la fauna: variazione del paesaggio, intaccamento dell'ecosistema, della flora e della fauna (spec. Ittica);
- sulla qualità dell'acqua: alterazione della qualità dovuta alla stratificazione, nel bacino, di livelli d'acqua con diversa densità con incremento delle concentrazioni di nutrienti, decomposizione della materia organica ed eutrofizzazione;

Vanno anche considerati una serie di impatti derivabili da benefici socio- economici indotti quali incremento del turismo e attività ricreative sui laghi artificiali, riassetto delle strutture di comunicazione, sviluppo pesca sportiva, partecipazione alla limitazione degli incendi (il bacino funge da riserva d'acqua e ostacolo all'incendio)⁷⁵.

3.3.3 Impatti del trasporto di prodotti petroliferi

L'inquinamento da idrocarburi nel Mar Mediterraneo è dovuto in massima parte alle rotte di navigazione, ai porti e agli impianti di esplorazione ed estrazione di gas e greggio. Il catrame che galleggia fino a depositarsi sulle spiagge, ha valori tra 0,6 e 130 g/m² in acqua di mare e tra 0,2 e 4400 g/m² sulle spiagge (dati del 1996). Nonostante il Mediterraneo sia classificato come “area speciale” dalla convenzione MARPOL, che vieta scarichi volontari di olio e suoi prodotti durante la navigazione, le stime di questi composti immessi dolosamente sono dell'ordine di 10⁵ a 10⁶ tonnellate metriche, tra il 1972 e il 1993, in continuo aumento. Gli *oil-spill* da petroliere sono per il 40% dovute a fattori incidentali (incidenti, guasti,

deficienza strutturale, errori umani) per il restante 60% a fattori operativi (scarico acque di zavorra, acque di sentina, lavaggio stive)⁵⁵.

3.4 Le sostanze inquinanti

Le emissioni in atmosfera sono una miscela di inquinanti che possono agire in maniera sinergica con effetti comuni o possono avere effetti singoli e differenziati. Ogni inquinante ha comunque delle caratteristiche specifiche e dei tempi di permanenza in atmosfera diversi. Inoltre in atmosfera possono andare incontro a reazioni chimiche o chimico-fisiche e trasformarsi in composti differenti che impattano diversamente sulle componenti ambientali.

| Tab. 3.4 Origine e tempo di permanenza dei più importanti gas presenti in atmosfera | | | |
|---|--|---|--|
| Gas | Fonte | Emissioni antropogeniche sul totale (10 ⁶ t/a) | Tempo medio di permanenza in atmosfera |
| CO | Uso di combust. fossili; combustione biomasse. | 700/2000 | mesi |
| CO ₂ | Uso di combustibili fossili; deforestazione. | 5500/5500 | 100 anni |
| CH ₄ | Produzione comb. fossili; risaie; allevamenti. | 300-400/550 | 10 anni |
| NO _x | Uso di combustibili fossili. | 20-30/30-50 | giorni |
| N ₂ O | Combustione biomasse; fertilizzazione; deforestazione. | 6/25 | 120 anni |
| SO ₂ | Uso combustibili fossili; fonderie. | 100-130/150-200 | Da giorni a settimane |

Fonte: Provini, Galassi, Marchetti. Ecologia applicata, Citta Studi Ed., 1998 (adattato)

3.4.1 Ossidi di carbonio

Monossido e diossido di carbonio (CO e CO₂) sono i più importanti prodotti derivati dall'uso dei combustibili fossili. Il monossido è il contaminante emesso in quantità maggiore dalla globalità delle sorgenti inquinanti, è prodotto dalla

⁵⁵ ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente [6]

combustione incompleta (in deficit di ossigeno o ad elevate temperature). Anche se la sorgente maggiore è il traffico automobilistico, non sono da trascurare gli impianti fissi di combustione domestica e industriale⁵⁶. Tra gli effetti vi è la diminuzione delle capacità di autodepurazione dell'ambiente. Al contrario del monossido l'anidride carbonica raramente causa problemi di inquinamento locale, più preoccupante è la situazione a livello globale⁵⁷. Questo gas contribuisce per il 60% al riscaldamento dovuto all'effetto serra.

3.4.2 Ossidi di zolfo

Il biossido di zolfo o anidride solforosa (SO_2) è stata usata come tracciante dell'inquinamento da impianti fissi di combustione perché la maggior parte dello zolfo presente nei combustibili si ritrova nei fumi come SO_2 ⁵⁸.

Il biossido di zolfo è un gas tossico per la maggior parte degli organismi animali e vegetali⁵⁹ ed è uno dei più diffusi e aggressivi inquinanti atmosferici, universalmente accertato come una delle maggiori cause di danni all'uomo e all'ambiente⁶⁰. In atmosfera va incontro ad una serie di trasformazioni risultanti nella trasformazione a triossido di zolfo (SO_3). Una parte di SO_2 può anche essere ridepositato come tale. Destino ultimo degli ossidi di zolfo è la rideposizione al suolo, prevalentemente come acido solforico o solfati, per via umida o secca, essi costituiscono la sorgente più significativa d'acidità delle deposizioni. L'acido solforico può restare aerodisperso sotto forma di goccioline, la cui grandezza e quindi respirabilità dipende dal grado di umidità atmosferica. Gli effetti locali possono riguardare diminuzione della visibilità e corrosione⁶¹.

⁵⁶ Barbuti S., Bellelli E., Maria Fara G., Giammanco G., 2002. Igiene, seconda edizione.[27]

⁵⁷ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata [5]

⁵⁸ Barbuti S., Bellelli E., Maria Fara G., Giammanco G., 2002. Igiene, seconda edizione [27]

⁵⁹ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [5]

⁶⁰ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

⁶¹ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [5]

3.4.3 Ossidi d'azoto

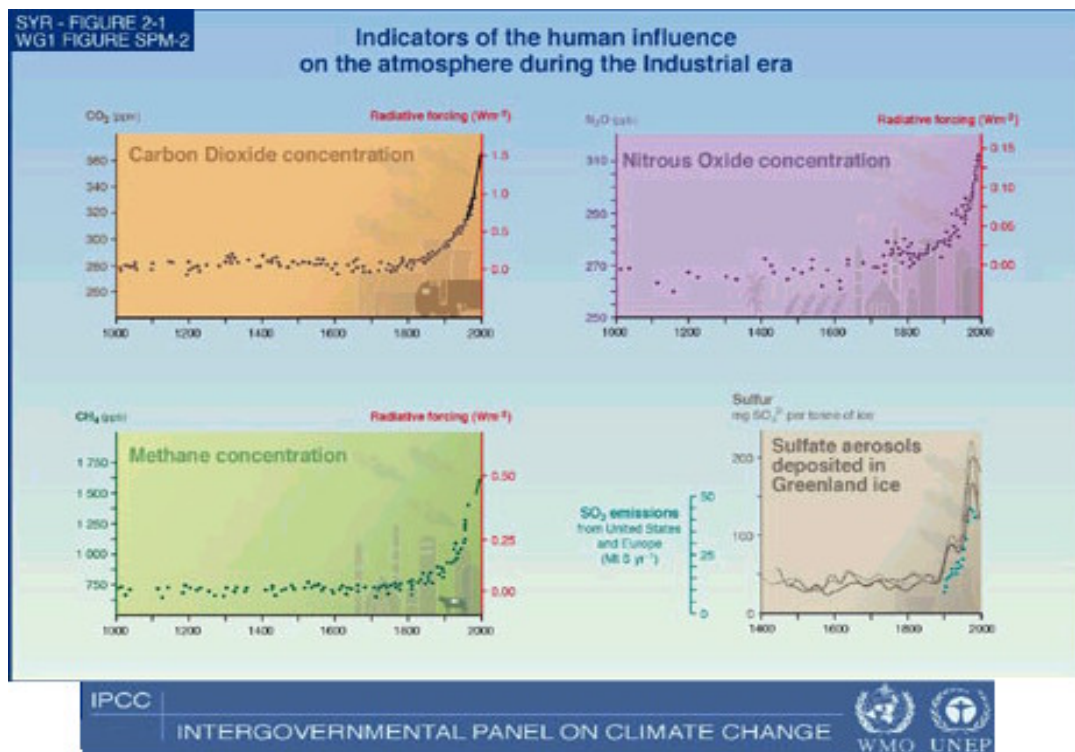
I composti dell'azoto si trasformano spesso gli uni negli altri con processi ossido-riduttivi. I due composti più importanti presenti in atmosfera sono il biossido d'azoto (NO_2) e il monossido d'azoto (NO), denominati complessivamente NO_x .

Il protossido d'azoto (N_2O) spesso è presente in atmosfera in concentrazioni superiori al biossido, e ha un tempo di permanenza in atmosfera notevolmente maggiore (Tab. 3.4). In atmosfera gli ossidi d'azoto subiscono una serie di reazioni che portano alla formazione di acido nitroso e nitrico. Questi si depositano come particolato secco o disciolti nelle deposizioni umide, aumentandone l'acidità.

Gli SO_x e NO_x sono composti multi effetto, importanti cioè sia su scala locale (qualità dell'aria urbana) che a grande scala (piogge acide)⁶².

Effetti locali sono smog fotochimico e diminuzione della visibilità⁶³.

Figura 5 Indicatori dell'influenza umana sull'atmosfera. Fonte IPCC⁶⁴



⁶² ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

⁶³ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [4]

⁶⁴ Fonte: <http://www.ipcc.ch/present/graphics/2001syr/small/02.01.jpg>

3.4.4 Idrocarburi

I COVNM comprendono diverse tipologie d'idrocarburi: etilene, acetilene, pentani ed esani, Idrocarburi Aromatici come benzene, toluene e xilene; Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) policlorobenzodiossine, policlorodibenzofurani⁶⁵. Alcuni (policlorinati) sono altamente resistenti alle degradazioni biologiche, fotolitiche o chimiche. Sono inquinanti primari, cioè prodotti diretti di fenomeni inquinanti.

I policlorobifenili (PCB) e i policloroterpenili (PCT) sono composti in cui compare un numero variabile di atomi di cloro associati a gruppo bifenilico o terpenilico. Hanno una elevata stabilità chimica ed una elevata liposolubilità, il che rende facile l'entrata nella catena trofica e i fenomeni di amplificazione biologica. Questi composti, contribuiscono all'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico e hanno anche ruoli più o meno importanti nelle deposizioni acide⁶⁶. Il loro impatto sulla salute è notevole essendo stato dimostrato il loro effetto cancerogeno con induzione di più tipi di tumori. La loro azione cancerogena è prevalentemente legata alla sede di penetrazione e contatto con coinvolgimento delle vie aeree e intestinali.

Tra gli idrocarburi aromatici il benzolo (benzene) viene comunemente prodotto per distillazione dal carbon fossile e per raffinazione del petrolio, utilizzato nella produzione di composti chimici ed è presente in concentrazioni non trascurabili nelle benzine come antidetonante, da quando sono stati aboliti i composti del piombo. Nel prodotto commerciale si ritrovano in concentrazioni cospicue anche xilolo (xilene) e toluolo (toluene). Si ritrovano concentrazioni di benzolo da 1 a 100 ppb presso strade di grande traffico ed è stato ritrovato anche in acque superficiali e profonde destinate all'uso potabile (soprattutto in prossimità di discariche industriali). Questo composto è rapidamente ed efficacemente assorbito dagli organismi animali, tra i prodotti della trasformazione metabolica il benzolo epossido è il diretto responsabile dell'attività cancerogena del benzolo. L'esposizione in

⁶⁵ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [4]

animali da laboratorio ha dimostrato di aumentare l'incidenza di tumori solidi, oltre ad un effetto leucemogeno.

Gli IPA sono un gruppo di composti molto ampio (naftaline, antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(a)antracene benzo(c)fenantrene, metilcolantrene etc) le cui caratteristiche di tossicità e cancerogenicità variano in maniera considerevole. Il più noto e studiato è il benzo(a)pirene, per la sua diffusione ubiquitaria e le sue attività biologiche.

si formano per combustione in carenza di ossigeno o in generale per processi termici, da due tipi di materiali:

- combustibili fossili (carbone, petrolio), legna o altri materiali organici;
- derivati del petrolio e del carbone quali oli minerali, catrame, pece, bitume, carburanti, carbon black.

Si ritrova anche nei prodotti di combustione degli alimenti naturali e nel fumo di sigaretta. Ha una elevata stabilità chimica, è ritrovato costantemente nell'aria urbana (ng/mc) e saltuariamente anche nell'acqua destinata al consumo umano..

L'assorbimento degli IPA può avvenire per inalazione di polveri, aerosol o vapori, (le particelle ultrafini presenti in ambiente urbano inalate fino a livello alveolare sono i vettori degli IPA nell'organismo assieme ad altri inquinanti tossici presenti in atmosfera), per ingestione di alimenti contaminati o attraverso la cute.

La presenza degli IPA negli alimenti può essere dovuta anche a contaminazione ambientale (inquinamento idrico diretto da scarichi contenenti IPA che si "legano" ai solidi sospesi totali o atmosferico da ricadute al suolo).

Gli studi hanno evidenziato che la cancerogenicità degli IPA avviene attraverso il legame la molecola di IPA si lega all'elica del DNA, modificandone la struttura tridimensionale. Ha un potere oncogeno dimostrato su diverse specie di roditori, con formazione di tumori "da contatto", dello stomaco, della cute ed effetti teratogeni⁶⁷.

⁶⁶ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

⁶⁷ Barbuti S., Bellelli E., Maria Fara G., Giammanco G., 2002. Igiene, seconda edizione [27]

3.4.5 Particolato e metalli pesanti

Il 28% del particolato e degli aerosol presenti in atmosfera deriva da attività antropiche. Le particelle fini derivano per lo più da processi chimici, in particolare reazioni di combustione, e presentano caratteristiche di acidità. Le particelle più grossolane derivano maggiormente da fenomeni naturali. Negli aerosol predominano generalmente le particelle più piccole.

La concentrazione degli aerosol decresce con l'altezza dal suolo ed è proporzionale alla densità di sorgenti. Il particolato presente in atmosfera interviene nei processi chimici che vi si svolgono, in qualità di catalizzatore. La sua tossicità per l'uomo è anche legata alla presenza di particolari componenti trasportati, quali metalli pesanti, gas tossici (NO_x , SO_x) e idrocarburi⁶⁸. Il particolato è indicato con PM (dall'inglese *particulate matter*), in particolare il PM10 e il PM2,5 si riferiscono a particelle con diametro inferiore rispettivamente a 10 e 2,5 micrometri. Tali particelle per le caratteristiche granulometriche sono responsabili degli effetti sulla salute particolarmente per le patologie respiratorie, il loro diametro aerodinamico, soprattutto per il PM 2,5, permette la penetrazione nelle vie aeree inferiori dando luogo ad un processo di infiammazione della mucosa bronchiale.

3.4.5.1 Piombo, Cadmio, Mercurio

Il piombo è un metallo presente in quantità non trascurabili sulla crosta terrestre, specialmente lì dove sono presenti cave di minerali (ad es.: Galena PbS). Contaminazioni ambientali sono presenti in località con attività di raffinazione e lavorazione. Una sorgente importante e diffusa sono stati, fino a tutto il ventesimo secolo, i composti organici del piombo utilizzati come antidetonanti nelle benzine;

⁶⁸ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [5]

dopo la combustione il metallo si ritrova in forma inorganica (ossidi, alogenuri) nei gas di scarico.

Il cadmio ha larghi impieghi industriali, soprattutto per trattamenti anticorrosivi e nella lavorazione delle materie plastiche e nelle vernici. I terreni agricoli lo trattengono in quantità rilevante, e alcuni vegetali, come il tabacco, sono in grado di concentrarlo.

Il mercurio viene utilizzato in molti processi chimici specialmente come catalizzatore nella produzione di materie plastiche, ma anche nella produzione di lampade fluorescenti, pile a secco, interruttori.

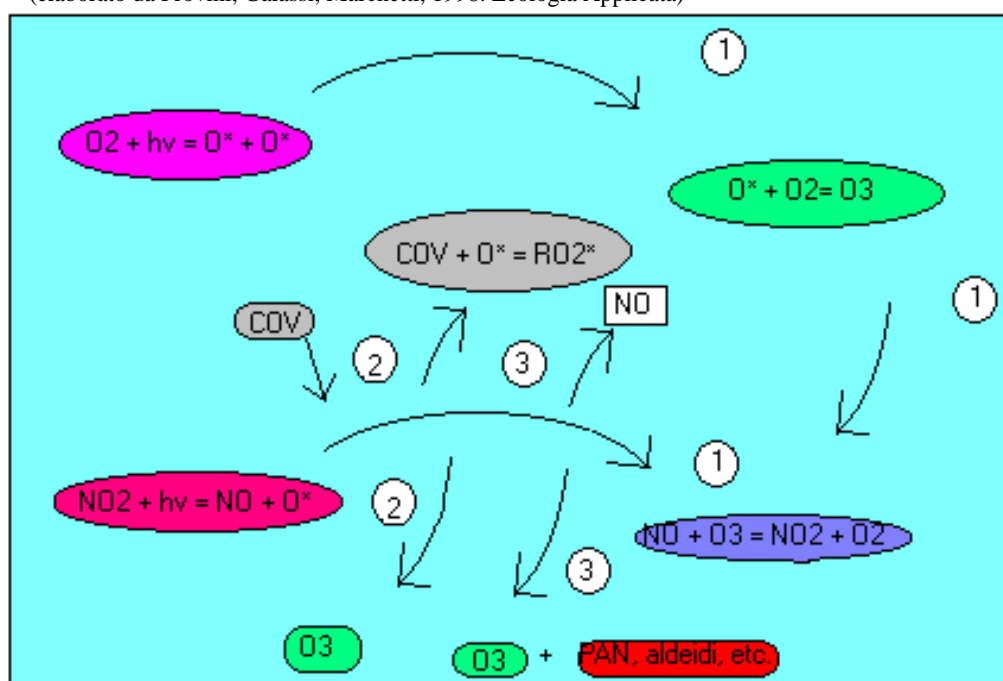
3.4.6 Lo smog fotochimico

Lo smog convenzionale si forma soprattutto all'alba, specie in inverno, ed è costituito prevalentemente da anidride solforosa, composti parzialmente combusti e particolato carbonioso. Lo "smog fotochimico", come quello convenzionale, è una manifestazione a livello locale (ambiente urbano e suburbano) dell'inquinamento atmosferico. Il termine si riferisce ad un miscuglio di inquinanti (ossidi di azoto, ozono, ossido di carbonio, aldeidi, idrocarburi) che si forma nella bassa atmosfera in seguito all'azione dei raggi solari sulle emissioni delle attività antropiche. Lo smog fotochimico ha la massima intensità nelle ore intorno a mezzogiorno e nel periodo estivo, poiché la luce solare fornisce l'energia di attivazione per molte reazioni chimiche coinvolte. Gli effetti riguardano irritazione agli occhi, disturbi all'apparato respiratorio, danni agli alberi e alle coltivazioni. Tali effetti sono dovuti principalmente alla presenza dell'ozono che si forma in seguito a reazioni tra l'ossigeno e atomi radicali di ossigeno (O^* derivate dalla rottura di una molecola di O_2 ad opera delle radiazioni luminose). Il radicale ossigeno è molto reattivo, spesso forma radicali ossidrilici (OH^*) con molecole di acqua presenti in atmosfera. L'andamento di formazione dello smog fotochimico segue l'andamento della concentrazione atmosferica di NO_2 . Questo composto si dissocia ad opera della

radiazione intensa e forma radicali ossigeno. In condizioni di assenza di altri processi la ricombinazione dell' NO con l'O₃ presente dovrebbe riportare una situazione di equilibrio. La presenza però, in ambiente urbano, di elevate concentrazioni di idrocarburi (COV) dà luogo a reazioni che competono col ciclo di formazione/consumo di ozono per cui durante la giornata si arriva a livelli elevati di questo ossidante (durante la notte peraltro i livelli si riducono al minimo). La reazione degli idrocarburi è maggiore con il radicale ossigeno con formazione di radicali perossido (RO₂*) i quali tramite opportune reazioni, portano alla rapida scomparsa dell'NO con aumento dell'O₃, formazione di perossiacetilnitrato (PAN), aldeidi, etc., la cui miscela è detta appunto “smog fotochimico”⁶⁹.

Figura 6 Reazioni in atmosfera che portano alla formazione dei composti presenti nello smog fotochimico.

(elaborato da Provini, Galassi, Marchetti, 1998. Ecologia Applicata)



⁶⁹ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione.[5]

3.5 Il monitoraggio

Per lo studio della qualità delle matrici ambientali (aria, acqua, suolo) e della loro alterazione è necessario procedere ad una fase di monitoraggio delle condizioni ambientali per ottenere una valutazione dello stato dell'ambiente e una stima delle emissioni di inquinanti.

La misura dei livelli di concentrazione si effettua secondo due modalità non abbastanza integrate fra loro:

- partendo dalle emissioni, e quindi valutando i contributi all'inquinamento che vanno dalle sorgenti puntuali al censimento delle emissioni stesse;
- misurando l'esposizione, intesa quasi sempre in senso aggregato e non individuale, attraverso strumenti appropriati per rilevare l'inquinamento⁷⁰.

Le rilevazioni degli strumenti forniscono una raccolta di dati disaggregati (per attività, unità territoriale, unità di tempo, combustibile utilizzato) spesso accompagnate da dati sulla localizzazione degli impianti, la descrizione dei processi produttivi e delle materie prime che generano emissioni, le misure di controllo e abbattimento esistenti. Le rilevazioni per il monitoraggio si basano di frequente sul conteggio di eccedenze al di sopra di una soglia limite. Queste soglie sono fissate su valori riferiti ad conseguenze provate sulla salute e su valori riguardanti effetti stimabili verso altri aspetti ambientali. Spesso le norme sono fissate in base a legami dose-effetto testati in laboratorio e non nel mondo reale, dove l'incertezza è superiore. Tra l'altro al momento le soglie riguardano quasi sempre un solo inquinante la volta, senza considerarne le interazioni⁷¹.

⁷⁰ Cocchi D., 2002. Introduzione al tema del controllo ambientale [14]

⁷¹ De Laurentis R., Liburdi R., La valutazione dell'inquinamento atmosferico del sistema energetico. [11]

3.5.1 Gli inventari di emissioni

Gli inventari delle emissioni sono indicatori di pressione ambientale, consentono di calcolare stime attendibili delle quantità totali, della loro ripartizione sul territorio, per settore economico, e dell'evoluzione temporale, di un certo numero di sostanze inquinanti. Tali stime possono talvolta risentire di una valutazione differente a seconda del fine ultimo per cui si fanno⁷².

Per le emissioni atmosferiche vi sono due metodologie di stima: la *top-down* e la *bottom-up*. La stima di emissioni a partire dal Bilancio Energetico Nazionale e/o Regionale segue l'approccio *top-down*: ne risulta una buona stima dell'ammontare delle emissioni tanto più quanto queste dipendono dalla quantità di combustibile utilizzato, e dalle caratteristiche di questo (per CO₂, SO_x). La metodica seguita da CORINAIR (COordination-INformation-AIR) è del tipo *bottom-up*: i dati sono raccolti a livello puntuale in relazione agli impianti e alle fonti di emissione presenti sul territorio e stimando le restanti emissioni in modo diffuso con campionamenti spaziali e temporali (con un carico di costi, tempo e organizzazione) e utilizzando indicatori di attività di produzione o consumo moltiplicati per fattori d'emissione. Le emissioni sono perciò ripartite per settore, classificati secondo la nomenclatura SNAP: Selected Nomenclatures for Air Pollution. Dalle stime CORINAIR si evidenzia come, mentre le emissioni di SO_x, NO_x e CO₂, sono dovute per più del 90% alla combustione in attività economiche energetiche, per le emissioni di CO tale valore scende al 75% e per i Composti Organici Volatili e il Particolato Sottile Totale scende sotto il 50%. Più della metà di queste sono dovute ad attività produttive ma non di combustione. Queste informazioni possono essere utili nella valutazione di scenari ed eventuali piani di sviluppo energetico regionali⁷³.

⁷² De Laurentis R., Liburdi R., La valutazione dell'inquinamento atmosferico del sistema energetico. [11]

⁷³ De Laurentis R., Liburdi R., La valutazione dell'inquinamento atmosferico del sistema energetico. [11]

3.5.2 Affidabilità delle stime ed incertezze

L'affidabilità delle stime spesso risulta tutt'altro che omogenea. Essa è maggiore per alcuni inquinanti (ad es. biossido di zolfo, noti i tenori di zolfo dei combustibili), minore per altri (COV, NO_x, , microinquinanti). Inoltre quando le emissioni sono stimate con metodo *top-down*, vengono inevitabilmente trascurate o non valutate alcune specificità locali. Ciò può condizionare le stime nazionali. In generale, l'affidabilità delle informazioni è minore passando da dati più aggregati a quelli meno aggregati (dedurre emissioni a scala locale da dati di scala nazionale può portare a distorsioni notevoli)⁷⁴.

La difficoltà nella valutazione delle emissioni (calcolate come prodotto fra un livello di attività e un fattore di emissione), consiste nel non considerare, le tecnologie che vengono impiegate, con livelli di dettaglio adeguati, non è altrettanto vero per le restanti e numerose fonti di emissioni di dimensioni più ridotte, per cui spesso si deve ricorrere a stime quantitative indirette, informazioni su variabili surrogate e valutazioni di esperti⁷⁵.

Altri problema che possono presentarsi nelle rilevazioni e nelle successive elaborazioni dei dati⁷⁶:

- ✓ L'utilizzo statistico di stime effettuate sulle misurazioni con l'aggregazione di dati provenienti da scale diverse (mondiale, regionale, locale) a cui le rilevazioni dei dati, e la preparazione di modelli, sono effettuati;
- ✓ La rilevazione dei dati può essere non continua per mancate rilevazioni dagli strumenti, o per una riparazione non tempestiva degli stessi (es. centraline per l'inquinamento atmosferico) o perché temporaneamente inattivati a causa

⁷⁴ ANPA-Serie Stato dell'Ambiente, 1999, Primo Rapporto ANPA sugli indicatori di pressione e di stato dell'ambiente atmosferico. [15]

⁷⁵ Cocchi D., 2002. Introduzione al tema del controllo ambientale. [14]

⁷⁶ Cocchi D., 2002. Introduzione al tema del controllo ambientale. [14]

delle condizioni ambientali (strumenti per la rilevazione dell'inquinamento delle acque);

- ✓ I dati possono portare un errore di misura dovuto a difetti nello strumento di rilevazione o nella sua taratura, la maggior parte delle misurazioni avviene con strumentazioni automatiche su cui è auspicabile una sorveglianza efficiente .

3.5.3 Le misure di impatto

Contemporaneamente alle misurazioni sull'inquinamento, sono effettuate anche misurazioni sulle conseguenze di questo. Possono essere misure dirette dell'effetto degli inquinanti o misure indirette (o “di impatto”) come ad esempio tassi di morbilità e/o mortalità. Le misurazioni realizzate e adoperate nelle valutazioni frequentemente sono alquanto grossolane rispetto allo scopo primario del controllo dell'ambiente. Le valutazioni finali si ottengono in base a modelli costruiti per misure aggregate di esposizione e valutazioni aggregate su mortalità e ricoveri. Le misurazioni spesso sono obbligatorie per legge, e sono rilevate in certe condizioni non rappresentative (in prossimità di fonti emittenti), quindi sono spesso sovrastimate e quando vengono correlate a mortalità e morbilità, tendono a fornire sottostime degli effetti dell'inquinamento sulla salute. A tal fine, sarebbe opportuno partire, anziché dai valori sintetici di esposizione, dallo studio integrato che va dalle fonti inquinanti agli effetti sull'ambiente o sulla salute⁷⁷.

3.5.4 Gli indicatori

Per sintetizzare le informazioni ottenute dalle indagini ambientali, si utilizzano degli indici o indicatori ambientali. L'incertezza nella valutazione degli indicatori ambientali, quindi sul loro grado di affidabilità, consiste nel fatto che possono

risentire sia della variabilità del campione che dell'errore di misura. Ad esempio, nelle stime prodotte dai censimenti delle fonti di emissione il problema riguarda sia l'integrazione di basi di dati eterogenee quanto il fatto che le attuali pubblicazioni non sono accompagnate da misure del grado di incertezza⁷⁸.

3.5.5 Il biomonitoraggio

Attualmente si sono sviluppate nuove tecniche di biomonitoraggio, ovvero un monitoraggio delle condizioni ambientali utilizzando organismi sensibili, animali o vegetali. Nello studio della qualità dell'aria ad esempio si utilizzano i licheni, poiché particolarmente sensibili agli stress ambientali, soprattutto inquinamento, eutrofizzazione e cambiamenti climatici. I principali vantaggi di questo tipo di monitoraggio riguardano:

- ❖ la possibilità di ottenere, a basso costo e con una elevata densità di punti di campionamento, una stima degli effetti biologici, indotti su organismi sensibili, dell'interazione di più sostanze nocive;
- ❖ l'individuazione rapida di aree con potenziale o reale superamento dei valori soglia per determinati inquinanti primari;
- ❖ la valutazione dell'efficacia di misure adottate per la limitazione delle emissioni di inquinanti su lunghi periodi;
- ❖ la localizzazione di aree potenzialmente a rischio per la conseguente ubicazione delle centraline automatiche di rilevamento;
- ❖ la validazione di modelli di trasporto a lunga distanza e deposizione di inquinanti a diverse scale territoriali.

Accanto ai benefici vi sono anche alcuni svantaggi come:

- difficoltà di applicazione in zone in cui sono infrequenti substrati di crescita idonei;

⁷⁷ Cocchi D., 2002. Introduzione al tema del controllo ambientale. [14]

⁷⁸ Cocchi D., 2002. Introduzione al tema del controllo ambientale. [14]

- difficoltà di stabilire relazioni univoche tra effetti biologici e concentrazioni atmosferiche di specifici inquinanti dati gli effetti sinergici che più sostanze tossiche hanno sulle alcune componenti ecosistemiche;
- drastica diminuzione della sensibilità di alcune tecniche con valori estremi di concentrazione di alcuni inquinanti;
- incapacità di rilevare fenomeni acuti di tossicità perché le reazioni fisiologiche degli organismi necessitano di tempo per essere apprezzabili;
- impossibilità di realizzare un'unica scala di interpretazione dei dati sugli inquinanti a livello nazionale data la variabilità delle condizioni climatiche e geomorfologiche caratterizzanti ⁷⁹.

⁷⁹ ANPA-Manuali e linee guida, 2002, I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica. [22]

CAPITOLO 4

Gli effetti sull'ambiente

4.1 Costi socio-economici, sanitari, ambientali

L'immissione in atmosfera di inquinanti è alla base di molteplici danni alla salute, agli ecosistemi, ma anche alle infrastrutture ed alle attività socio-economiche. La tabella seguente riporta le categorie d'impatto e le esternalità correlate agli effetti potenziali da inquinanti generalmente immessi in atmosfera dal settore energetico⁸⁰.

Tab. 4.1 External Cost Of Energy and Trasport

| Categoria d'impatto | Sostanza emessa | Effetti |
|---------------------------|---|--|
| Salute Umana Mortalità | PM ₁₀ ⁸¹ ; SO ₂ ; NO _x ; O ₃ | Riduzione dell'aspettativa di vita |
| | Benzene; Benzopyrene; 1,3 butadiene particolato da motori diesel | Tumori |
| | Rischi accidentali | Rischio di fatalità sui luoghi di lavoro |
| Salute Umana Morbilità | PM ₁₀ ; SO ₂ ; O ₃ | Aumento ricoveri per problemi respiratori |
| | PM ₁₀ ; O ₃ | Restrizione dei giorni di attività |
| | PM ₁₀ ; O ₃ ; CO | Cardiopatie congestive |
| | Benzene; Benzopyrene; 1,3 butadiene particolato da idrocarburi (diesel) | Rischi di tumori |
| | PM ₁₀ | Aumento ricoveri per malattie cerebro-vascolari |
| | | Casi di bronchiti croniche |
| | | Casi di tosse cronica nei bambini |
| | | Riacutizzazione in asmatici |
| | | Difficoltà respiratorie |
| | O ₃ | Attacchi di asma; Stato di male asmatico |
| | Rumore | Infarto del miocardio |

⁸⁰ European Commission, 2003, External Costs [16]

⁸¹ Particelle con diametro inferiore a 10 micron, include particelle secondarie (aerosol di nitrati e solfati)

| | | |
|--------------------------------------|--|---|
| | | Angina pectoris Ipertensione Disturbi del sonno |
| | Rischi accidentali | Rischio di lesioni per il traffico e sui luoghi di lavoro |
| Materiali/ Infrastrutture | SO ₂ ; Deposizioni acide | Invecchiamento dell'acciaio galvanizzato, del calcare, dell'arenaria, della vernice, zinco e altri materiali da costruzioni |
| | Particolato delle combustioni | Insudiciamento edifici |
| Colture | SO ₂ ; NO _x | Cambiamento di rendita per frumento, orzo, segale, avena, patata, barbabietola di zucchero |
| | O ₃ | Cambiamento di rendita per frumento, orzo, segale, avena, patata, riso, tabacco, semi di girasole |
| | Deposizioni acide | Aumento dell'esigenza di concimazioni |
| Riscaldamento globale | CO ₂ ; CH ₄ ; N ₂ O, N, S | Effetti globali su mortalità, morbidità, agricoltura, richiesta energetica, impatti economici dovuti al cambio di temperatura e all'innalzamento del livello dei mari |
| Benessere | Rumore | Perdita di tranquillità dovuta ad esposizione al rumore |
| Ecosistemi | Deposizioni acide, deposizione di composti azotati | Acidificazione ed eutrofizzazione (costi per la riduzione delle aree dove i carichi critici sono oltrepassati) |

Fonte: European Commission, Directorate Generale for Research, 2003. Adattato

4.1.1 Effetti sulla salute

I potenziali effetti sulla salute associabili all'esposizione di inquinanti prodotti nelle diverse fasi del ciclo dell'energia (estrazione, generazione elettrica, distribuzione) presentano tempi di latenza di breve-medio e lungo periodo.⁸²

Gli effetti, in particolare dovuti all'inquinamento atmosferico che riguardano la salute umana sono osservabili anche in diverse specie animali, soprattutto i mammiferi, poiché molti sono i meccanismi metabolici, fisiologici e quindi tossicologici simili a quelli della specie umana.

Le esperienze epidemiologiche e tossicologiche relative allo studio dell'esposizione acuta o cronica ai composti tossici rilasciati in atmosfera hanno evidenziato

⁸² Third Intergovernmental Preparatory Meeting, 2003. Energy, sustainable development and health.[29]

potenziali effetti su apparato respiratorio e cardiovascolare, sistema nervoso , tessuto epiteliale e mucose, brevemente riassunti di seguito ⁸³:

- ⇒ Bronchite cronica, tosse cronica nei bambini, irritazione vie respiratorie, riacutizzazione asmatica, aumento ospedalizzazioni patologie respiratorie, aumento ospedalizzazioni episodi cerebro-vascolari, angina pectoris (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO_x, O₃)
- ⇒ Immunodepressione, anemia, patologie sistema nervoso, disfunzioni riproduttive (Pb)
- ⇒ Infarto del miocardio, angina pectoris, insufficienza cardiaca, riduzione della percezione visiva, riduzione della vigilanza, riduzione del peso alla nascita (madri non fumatrici) (CO), cefalea, nausea, insufficienza respiratoria (CO₂)
- ⇒ Danni sistema immunitario, disfunzioni tiroidee, morbo di Parkinson, neuropatie, danno epatico, diabete, disfunzioni riproduttive, malattie cardiache, tumori (fegato, cute, polmone, renale, prostata, mammella, pancreas, cervello, linfoma non-Hodgkin) (PCB, PCT), Carcinogenicità (tumori, da contatto cute, stomaco), teratogenicità (IPA), anemia, patologie ematologiche, immunodepressione, Anemia, patologie ematologiche, immunodepressione (Benzene, 1,3-butadiene)
- ⇒ Disturbi del sonno, ipertensione, angina pectoris, ipoacusia (rumore).

Tali effetti oltre ad incidere in primo luogo sul benessere psicofisico presentano anche un costo di sanità pubblica per la loro cura, diagnosi e prevenzione (es. aumento casi di asma, bronchiti, tumori), e del singolo cittadino stesso (farmaci).

In termini monetari si stima che l'effetto sul benessere di tutte le esternalità dovute alla sola generazione elettrica in 15 paesi dell'Unione Europea, nel 1998, è equivalente all'1% del PIL europeo⁸⁴.

⁸³ Barbuti S., Bellelli E., Maria Fara G., Giammanco G., 2002. Igiene, seconda edizione [27]; European Commission, Directorate Generale for Research, 2003; <http://www.hc-sc.gc.ca/english/iyh/environment/index.html> (Health Canada)

⁸⁴ Third Intergovernmental Preparatory Meeting, 2003. Energy, sustainable development and health[29]

Un'altra classe di effetti sono relativi alla povertà energetica (soprattutto in paesi in via di sviluppo): la mancanza di una disponibilità continua nel rifornimento energetico è causa di problemi alla salute. Le famiglie sono portate all'utilizzo di legno o altri combustibili solidi, per il riscaldamento e la cottura e ciò crea inquinamento dell'aria domestica. Usando analisi incrociate tra i decessi infantili e l'uso di combustibili solidi nelle famiglie, l'OMS⁸⁵ ha stimato che nel 2000, in Europa 21.000 casi di morte erano associati all'uso di tali combustibili.

Effetti sulla salute e sul benessere sono dovuti anche ai cambiamenti climatici e all'innalzamento del livello delle acque marine. Nel mondo 150.000 decessi del 2000 sono imputabili al cambiamento del clima. In Europa si è osservato come, sia gli eventi climatici estremi, quanto le ondate di calore possono avere effetti sulla salute. Inoltre i cambiamenti climatici possono modificare la distribuzione spaziale e temporale della distribuzione delle malattie infettive, o direttamente o mediante cambiamenti nell'areale dei vettori-ospiti di tali malattie.⁸⁶

Non è infrequente che diverse fasi del processo di produzione e consumo energetico producano contaminazione delle acque destinate al prelievo per uso pubblico, con potenziali effetti sulla salute, ma anche la contaminazione di acque naturali, e della stessa vegetazione e delle colture, che influiscono sulla salute della fauna con possibilità di bioaccumulo di composti tossici, come idrocarburi e metalli pesanti. Il bioaccumulo può verificarsi così anche in bestiame di allevamento e fauna selvatica destinata all'attività venatoria, interessando indirettamente anche l'uomo attraverso la catena alimentare.

La complessità dei composti chimici e dei meccanismi metabolici implicati nel loro bioaccumulo e smaltimento, rende molto complessa la determinazione analitica e la valutazione del comportamento ecotossicologico⁸⁷. L'effetto tossico di questi

⁸⁵ Organizzazione Mondiale della Sanità

⁸⁶ Third Intergovernmental Preparatory Meeting, 2003. Energy, sustainable development and health[29]

⁸⁷ Provini, Galassi, Marchetti, 1998. Ecologia Applicata. nuova edizione [5]

composti, che si depositano spesso nel tessuto adiposo e osseo, è spesso legato anche a funzioni vitali per la sopravvivenza del singolo ma anche per la sopravvivenza delle popolazioni di diverse specie animali. I PCB, ad esempio, diminuiscono la capacità riproduttiva delle specie⁸⁸; questo per specie vulnerabili o a rischio di estinzione può compromettere irreversibilmente il processo di decremento numerico della specie e portarla alla sua scomparsa.

Il bioaccumulo di tali sostanze può inoltre presentare un effetto di disregolazione ormonale, prevalentemente negli organismi più sensibili (bambini), dando luogo a patologie e disturbi dell'accrescimento.

4.1.2 Effetti sui materiali d'infrastrutture e beni culturali

Gli effetti dei composti inquinanti sui materiali con cui sono costruiti edifici, infrastrutture e monumenti, sono dovuti, in parte, all'annerimento dovuto alle polveri, ma principalmente agli effetti corrosivi di composti (es. SO₂), presenti nelle deposizioni acide, che vanno ad intaccare la composizione del materiale con aumento dei costi di manutenzione e/o sostituzione, a volte provocando un completo disfacimento nelle opere d'arte. Le precipitazioni acide svolgono un'azione di tipo corrosivo associata ad una di tipo meccanico di dilavamento del materiale reso friabile e solubile dagli acidi. Inoltre, qualora un aumento della temperatura favorisca l'evaporazione, i contaminanti vengono a contatto delle superfici ad una concentrazione molto più alta.

Vari effetti, con diminuzione della resa quanti-qualitativa ed economica, sono attribuibili all'effetto delle piogge acide sulle colture e sugli ecosistemi.

⁸⁸ Provini, Galassi, Marchetti, 1998. Ecologia Applicata.nuova edizione [5]

4.2 Effetti diretti dello sfruttamento di risorse energetiche

Lo sfruttamento delle risorse energetiche (rinnovabili o non) implica un utilizzo notevole del territorio (non solo del suolo ma delle diverse matrici ambientali presenti), diverso a seconda della fonte sfruttata, e permanente o comunque di durata ed estensione notevole, che rende spesso deturpato il paesaggio e degradato l'ambiente naturale.

Lo sfruttamento del carbone comporta l'occupazione del territorio per le miniere ed i depositi delle scorie, rischio di cedimenti del terreno, degrado degli habitat e sfruttamento delle aree naturali per le miniere a cielo aperto. Le acque vengono inquinate con l'eliminazione di rifiuti liquidi e per la ricaduta delle polveri. Il trasporto del carbone è causa di disturbo estetico (impianti di stoccaggio del materiale e delle scorie) ma anche acustico dovuto al traffico di mezzi pesanti per il trasporto.

L'impianto di pozzi petroliferi comporta anch'esso una notevole superficie occupata, i terreni vengono utilizzati per le installazioni ma anche per il trasporto del greggio. Il territorio risulta perciò degradato, spesso inquinato da rilasci accidentali, il paesaggio fortemente abbruttito dall'effetto estetico degli impianti e delle condutture. Qualora si tratti di pozzi marini (*off-shore*) l'effetto estetico è minore per la copertura visiva dell'acqua, ma vi è ugualmente il degrado del fondale interessato, effetti tossici del riversamento accidentale di idrocarburi in acqua (par. 5.3.2), disturbo alla fauna marina causato dalle attività di trivellazione e estrazione.

L'estrazione del gas ha effetti simili sullo sfruttamento dei suoli, per l'installazione degli impianti di estrazione. Più contenuti sono gli effetti di perdite accidentali.

Tutti gli impianti di estrazione di combustibili fossili, hanno effetti notevoli sulla viabilità per l'utilizzo mezzi pesanti per il trasporto, con influenza sul traffico locale ma soprattutto sull'utilizzo del territorio, per l'implementazione delle vie di comunicazione terrestre (strade); sulla compattazione degli strati superficiali del

suolo per il passaggio ripetuto di mezzi pesanti; sull'aumento del traffico marittimo con conseguenze sull'ambiente marino (versamenti accidentali, *oil-spill*, disastri ambientali).

La produzione di energia elettrica con impianti termici (combustibili fossili) comporta un'occupazione notevole di superficie per la costruzione dell'impianto, e oltre ai danni causati dall'inquinamento atmosferico, vi sono effetti estetico di disturbo per le torri di raffreddamento e maggiormente per le linee elettriche, che oltre all'ingombro dello spazio aereo (che può essere rilevante per l'occasionale disturbo alla fauna ornitica), hanno possibili effetti (cancerogeni, in particolare sembra siano più probabili nei bambini) sulla salute per la produzione di campi elettromagnetici⁸⁹. L'ingente prelievo delle risorse idriche, per il raffreddamento, comporta un loro inevitabile danno qualitativo.

Lo sfruttamento di combustibili nucleari, per la produzione elettrica presenta potenziali rischi correlati all'utilizzo dei composti radioattivi: produzione di scorie e stoccaggio, la dismissione e smantellamento degli impianti.

Lo sfruttamento di risorse energetiche rinnovabili, ha notevoli vantaggi per la notevole riduzione del rischio d'inquinamento delle matrici ambientali, e per la certezza della durata teoricamente infinita tali fonti (ad eccezione della risorsa idrica terrestre). Gli impianti di sfruttamento comportano comunque degli effetti sul territorio. Gli impianti idroelettrici hanno effetti di disturbo sul ciclo idrogeologico, con variazioni di questo e con effetti erosivi sul terreno. La costruzione delle dighe causa cambiamenti irreversibili nell'assetto morfologico del territorio anche con inondazione permanente di questo. La trasformazione dell'ecosistema nell'area interessata dalla diga, comporta effetti di disturbo notevoli per la flora e la fauna, comportanti necessariamente l'allontanamento delle specie sensibili, e disturbo o esclusione delle specie ittiche migratrici.

⁸⁹ Dichiarazione del comitato Internazionale di Valutazione per l'Indagine sui Rischi Sanitari dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) [30]

L'utilizzo dell'energia geotermica è la causa più rilevante, tra le fonti rinnovabili, di inquinamento atmosferico, e delle risorse idriche, utilizzate per il trivellamento (in quantità rilevanti).

Lo sfruttamento di biomassa produce inquinamento atmosferico soprattutto dovuto al particolato e all'anidride carbonica prodotti dall'incenerimento, altri effetti riguardano la modifica dell'ecosistema in seguito alla coltivazione intensiva ed estensiva, di specie arboree utilizzate come combustibile.

L'utilizzo della luce solare per la produzione elettrica comporta, infine, l'utilizzo di una porzione estesa di suolo per l'installazione dei pannelli solari, che viene perciò esclusa dalla radiazione, fonte vitale per la vegetazione, che viene perciò esclusa da tali aree. Inoltre la degradazione delle celle fotovoltaiche è causa di produzione di inquinanti altamente tossici.⁹⁰

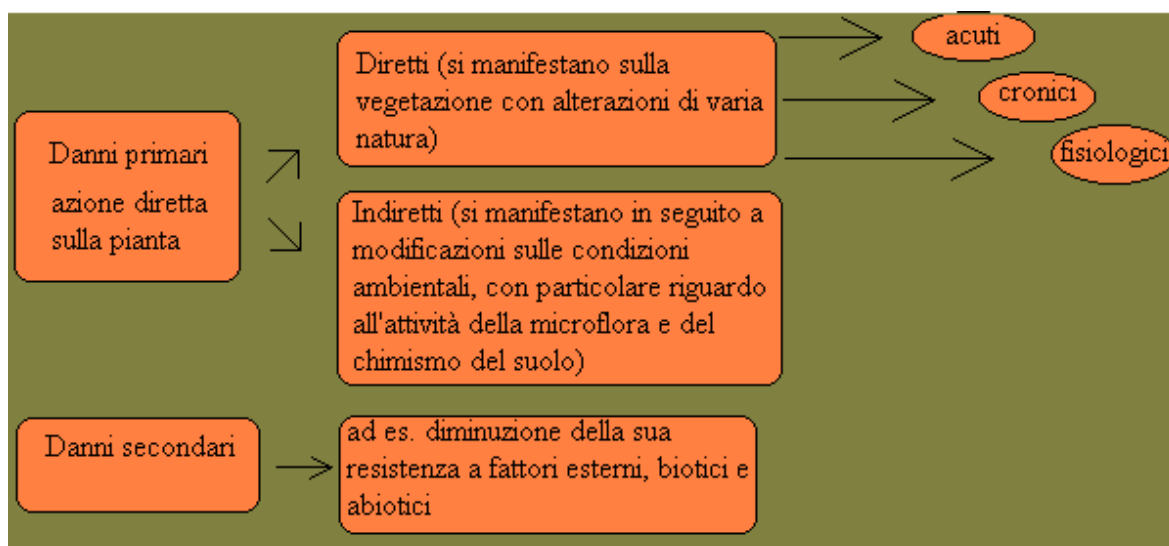
4.3 Effetti delle pressioni sui suoli e sulla vegetazione

L'inquinamento indiretto dei suoli è provocato da contaminanti derivati dagli apporti atmosferici e dalle acque di irrigazione, quest'ultimo è dovuto principalmente alla contaminazione di queste dovuta all'immissione di reflui civili, industriali o zootecnici. Gli apporti atmosferici sono in prevalenza dovuti alle deposizioni umide, che contengono disciolti gli inquinanti presenti in atmosfera. I principali effetti della contaminazione dei suoli sono evidenti nella vegetazione. Tra i fattori contaminanti vi sono le precipitazioni acide, (solo a pH inferiori a 4), gli inquinanti gassosi soprattutto di origine fotochimica, come l'ozono, i radicali liberi, il perossinitrato (HO_2NO_2), il nitrato di perossiacetile ($\text{CH}_3\text{CO}_3\text{NO}_2$); seguono anidride solforosa e ossidi di azoto. I danni subiti dalle piante possono essere suddivisi come indicato in Figura 2⁹¹.

⁹⁰ ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente, "Prospettive di integrazione dei sistemi economici, energetici ed ambientali nel bacino del Mediterraneo." [6]

Figura 7 Danni subiti dalle piante in seguito ad inquinamento

(elaborato da Provini, Galassi, Marchetti, 1998. Ecologia Applicata)



I danni acuti sono provocati dall'esposizione a concentrazioni elevate di sostanze fitotossiche, anche per periodi di tempo limitati. Le foglie sono gli organi più colpiti perché sede degli scambi gassosi, i danni più vistosi e diffusi sono necrosi di aree più o meno estese delle foglie, con tonalità cromatiche differenti in relazione al binomio specie/inquinante.

I danni cronici si manifestano per l'azione prolungata anche se non continuativa a concentrazioni modeste di inquinanti, l'effetto più evidente è la clorosi dei tessuti fogliari, anche con necrosi marginali. L'esposizione per lunghi periodi delle piante a concentrazioni anche modeste di inquinanti, può comportare riduzione nello sviluppo, alterazione delle funzioni riproduttive e senescenza precoce, legate ad alterazioni metaboliche, che riguardano funzioni fondamentali come la fotosintesi e il trasporto e la traslocazione dei prodotti di questa⁹².

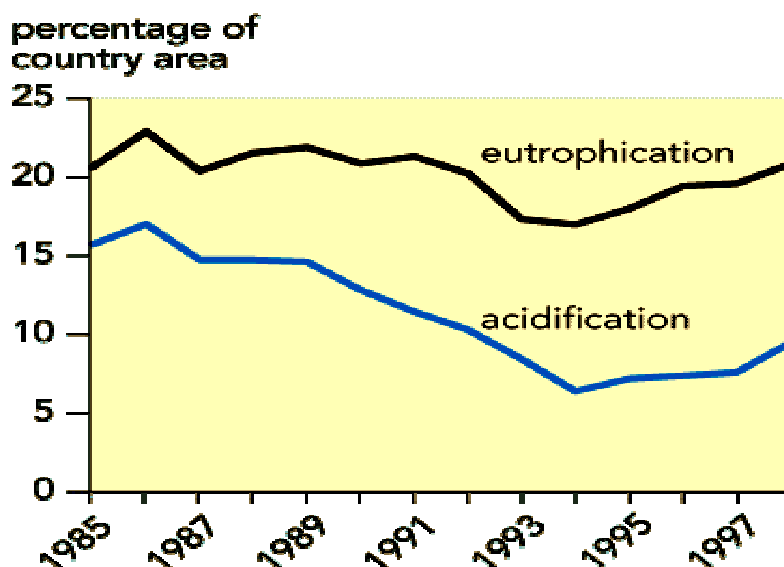
⁹¹ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione[5]

⁹² Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione[5]

4.3.1 Effetti delle piogge acide

Figura 8. Danni ambientali da inquinamento atmosferico.

Fonte: European Environment Agency, 2001



Le piogge apportano un *input* di acidità tanto più forte quanto più acide ed intense sono le precipitazioni. Gli effetti delle precipitazioni acide sul chimismo e la biologia dei suoli sono diversi a secondo del tipo di suolo considerato. Su terreni calcarei possono anche avere un'influenza positiva poiché apportano acidi solforico e nitrico, utilizzati in questi suoli come nutrienti, e abbassano il contenuto in calcare che, in quantità eccessive, provoca fenomeni di clorosi nelle colture. In terreni non calcarei, le piogge acide hanno effetti negativi, più nei suoli naturali (prateria, bosco), che nei suoli agrari in cui i danni sono mitigati dagli interventi normalmente eseguiti dall'uomo. Conseguenze dirette dell'acidificazione sono la carenza di elementi nutritivi nel suolo dovuta, in primo luogo, al dilavamento dei cationi dal suolo perché sostituiti dagli idrogenioni apportati con la pioggia; in secondo luogo il legame insolubile, in ambiente acido, del fosforo con alluminio e ferro, rende questo nutriente indisponibile per l'assimilazione. L'acidità crea le condizioni per l'istaurarsi di fenomeni di fitotossicità da metalli pesanti che in ambiente acido sono

facilmente assimilabili dalle piante. Manifestazioni ne sono l'inibizione parziale o totale dell'attività biologica delle piante.

Da non sottovalutare sono gli effetti che l'inquinamento e le deposizioni acide hanno nei confronti della microflora del suolo⁹³, la cui natura e intensità dipendono dalla durata dell'esposizione, dalla composizione chimica e pH delle deposizioni, dalle caratteristiche del suolo e dall'habitat dei microrganismi lungo il profilo di questo. Gli effetti possono essere ricondotti a tali manifestazioni:

1. riduzione dell'attività di una o più popolazioni non associata a diminuzione del numero di microrganismi;
2. riduzione dell'attività di una o più popolazioni accompagnata da diminuzione del numero di microrganismi;
3. modificazione del rapporto tra le diverse specie microbiche: dopo tempi lunghi solo gli organismi che riescono ad adattarsi sopravvivono e diventano dominanti;
4. alterazioni della struttura e della morfologia delle cellule⁹⁴.

4.3.2 L'effetto sui boschi

Negli anni Settanta si è cominciato a osservare fenomeni generali di deperimento dei boschi temperati. Tale fenomeno comprende sintomi come perdita e ingiallimento del fogliame, riduzione della crescita in diametro e in altezza dei fusti, produzione di rami di forma e lunghezza anomale, eccessiva produzione di gemme avventizie, alterazione della frequenza di fruttificazione.

La causa del deperimento è stata ricercata nell'inquinamento atmosferico e nell'impatto di sostanze come gli ossidanti fotochimici (ozono), anche se non tutti i sintomi hanno un chiaro rapporto causale.

⁹³ Comprende diverse specie di batteri (ammonificanti, cellulolitici, amilolitici, etc.) Funghi microscopici, Attinomiceti e altri microrganismi implicati nella degradazione della sostanza organica, nel corretto funzionamento delle attività biologica nel suolo e nel mantenimento degli equilibri biochimici e ecologici del suolo.

Gli inquinanti atmosferici possono provocare effetti diretti su processi fisiologici, danni morfo-istologici alle superfici fogliari, effetti indiretti dovuti all'acidificazione del suolo. Inoltre l'inquinamento potrebbe indurre stati di stress che acquiscono l'azione di fattori secondari come estremi climatici, micosi, virosi, attacchi di insetti. Una condizione di stress può sfociare in fenomeni di moria del bosco (già verificatisi in aree centro-europee). Inoltre non è da escludere che anche livelli bassi e cronici di inquinamento possano indurre processi selettivi, con modificazioni della struttura genica delle popolazioni arboree; fenomeni di erosione della variabilità genica con una diminuzione del grado di adattabilità delle popolazioni forestali.⁹⁵

4.3.3 Vegetazione e fauna

Le conseguenze del declino arboreo si riversano anche sulle comunità animali che nei boschi vivono, trovano rifugio e cibo¹²³. Danni temporanei o permanenti alla vegetazione naturale comportano conseguenze nelle popolazioni di erbivori. Tali popolazioni possono risentire della scarsità di risorse nutritive, o di risorse non qualitativamente apprezzabili, il che inficia non solo la salute e quindi la resistenza a malattie e pressioni (ad.es: stress termici, predazione), ma soprattutto la capacità riproduttiva dell'individuo e quindi della popolazione. Questa è compromessa anche, e in modo grave, dall'assunzione di contaminanti organici (es.: piombo, POP⁹⁶) attraverso il cibo, e questo problema si ripercuote in misura maggiore nei vari livelli trofici, per bioaccumulo. Le concentrazioni maggiori di sostanze tossiche si riscontrano negli individui dei livelli trofici superiori, in cui vi sono specie chiave per l'omeostasi demografica delle comunità⁹⁷. In generale, il disturbo provocato alla fauna da attività di estrazione-produzione, e dai lavori preparatori (es.: sbancamento, costruzioni di infrastrutture), è causa di allontanamento di questa,

⁹⁴ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione.[5]

⁹⁵ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [5]

⁹⁶ Persistent Organic Pollutants

⁹⁷ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [5]

cambiamenti nella migrazione, nelle attività abituarini (foraggiamento, cova, rifugio), soprattutto per specie poco opportunistiche, timide, vulnerabili. Lo sfruttamento di aree boschive per la produzione di legname da combustibile come pure la costruzione di infrastrutture che comportano una riduzione o una frammentazione di aree naturali può portare la fauna presente a migrare, verso altre aree, o può comportare un disturbo notevole soprattutto nei periodi riproduttivi, con diminuzione delle covate (uccelli) o delle cucciolate (mammiferi) e in conseguenza un decremento numerico delle popolazioni che può diventare irreversibile per specie minacciate⁹⁸.

4.4 Effetti delle pressioni nell'ambiente acquatico

Tra gli effetti nocivi che possono risentirsi in ambiente acquatico in seguito alle pressioni svolte da fonti inquinanti devono considerarsi quelli fisici determinati da scarichi di acque ad alta temperatura e ad elevato contenuto di materiali in sospensione.

4.4.1 Effetti della temperatura

Le acque naturali di zone temperate hanno temperatura variabili tra 0 e 30°C. Quando ci si sposta verso gli estremi di questo ambito gli organismi acquatici subiscono adattamenti fisiologici ad elevato costo energetico. Le possibilità di sopravvivenza in condizioni termiche non ottimali possono ridursi in maniera notevole. Ad elevate temperature, poi, l'accelerazione del metabolismo determina spesso il raggiungimento precoce della maturità sessuale e della deposizione, senza che l'organismo abbia accumulato riserve energetiche sufficienti all'impegno riproduttivo. Le larve (ad es. negli Insetti) possono schiudere anticipatamente, in

⁹⁸ Considerazioni basate su Environmental Impact Checklist, fonte:
<http://www.unece.org/env/eia/documents/eachecklist/consolidatedchecklist.pdf> [34]

periodi non adatti alla crescita e all'accoppiamento. Ciò si ripercuote in varia misura sulla struttura demografica delle popolazioni interessate.

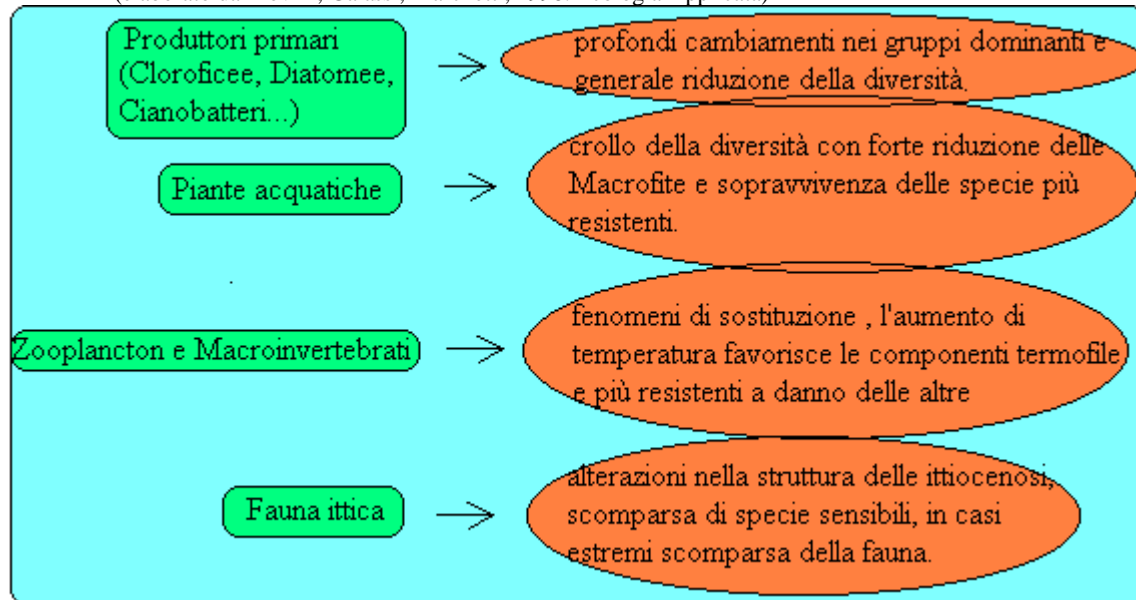
Gli effetti delle variazioni eccessive di temperatura possono essere distinti in diretti e indiretti.

Effetti diretti: sono risentiti dagli organismi a livello del metabolismo, in particolare misura negli eterotermi dov'è fortemente dipendente da questa. A temperature elevate gli organismi muoiono per inattivazione degli enzimi e denaturazione di strutture cellulari vitali.

Effetti indiretti: sono indotti su componenti ambientali che influenzano a loro volta la sopravvivenza dei viventi. I gas disciolti diffondono più velocemente dall'acqua all'atmosfera determinando così un ambiente acquatico a minore contenuto di ossigeno. Gli organismi, a loro volta hanno una maggiore richiesta di ossigeno per via dell'aumentato metabolismo, e ciò comporta in totale una disponibilità ancora minore di questo gas. L'effetto di un ambiente lotico deossigenato sulle comunità di Pesci è tale da provocare profonde alterazioni della struttura delle ittioenosi, dalla sostituzione di specie indicatrici ad alta sensibilità con specie resistenti alla scomparsa di qualsiasi specie. In acque stagnanti (o acque riscaldate in condotta) l'innalzamento della temperatura può provocare, per contro, una supersaturazione con effetti dannosi sugli organismi acquatici superiori (embolia per i Pesci). Gli effetti dell'innalzamento di temperatura sono schematicamente evidenziati in Figura.

Figura 9 Effetti sugli organismi acquatici degli sbalzi termici elevati

(elaborato da Provini, Galassi, Marchetti, 1998. Ecologia Applicata)



Gli effetti nocivi prodotti dai solidi sospesi e dai materiali sedimentabili sono dovuti l'interferimento con la fotosintesi e la crescita di Alghe e piante acquatiche (Macrofite), alterazione delle strutture e funzioni degli organi deputati agli scambi organismo-ambiente, aumento dell'incidenza di malattie e modificazione del comportamento (riproduttivo, migratorio) degli animali⁹⁹.

4.4.2 Effetto degli inquinanti organici

Il petrolio e i composti derivati, versati più o meno accidentalmente, nelle acque causano gravi danni di contaminazione, con una sofferenza generica della fauna e della flora acquatiche, in particolare marine¹⁰⁰. Gli oli minerali possono essere considerati inquinanti ad azione tossica (componenti solubili) e meccanica, "coprente", per le componenti insolubili e quindi galleggianti. Sono la conseguenza di scarichi industriali, incidenti dovuti a petroliere, rotture di oleodotti, di sistemi di estrazione. Gli effetti di tipo fisico sono riconducibili all'impermeabilizzazione delle

⁹⁹ Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [5]

¹⁰⁰ ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente [6]

strutture respiratorie di vari organismi con conseguente morte per soffocamento. L'effetto della deposizione su Uccelli e Mammiferi acquatici è la riduzione della capacità isolante di penne e pelo, aumento della dispersione di calore, aumento del metabolismo per incrementare la temperatura corporea, e in casi gravi, morte per ipotermia. Molte specie vulnerabili sono tra gli uccelli che pagano maggiormente l'inquinamento da petrolio nelle aree di nidificazione e foraggiamento dell'avifauna marina¹⁰¹.

La deposizione di oli sulla superficie appesantisce le Macrofite presenti nella fascia intertidale che vengono facilmente strappate dal moto ondoso. La componente microbica può, in presenza di idrocarburi, andare incontro a profondi mutamenti, si può avere infatti una totale semplificazione della comunità microbica, a vantaggio dei microrganismi capaci di utilizzare tali composti come substrato trofico, con scomparsa delle restanti componenti. Tale semplificazione aiuta solo in parte i processi autodepurativi che vengono limitati dalla mancanza delle funzioni biologiche esercitate da altri componenti della fauna microbica.

Per ciò che riguarda l'aspetto tossico degli inquinanti organici le situazioni più a rischio, per la vita acquatica e gli altri usi, si verificano in prossimità del punto di immissione. Il benzene (utilizzato prevalentemente nelle benzine) ed altri idrocarburi aromatici come toluene e xilene, oltre ad essere presenti in atmosfera sono stati rilevati frequentemente nei corsi d'acqua e nelle falde in cui vengono convogliati dopo percolamento nel suolo delle deposizioni. Il benzene ha una accertata azione cancerogena, tutti hanno comunque diversi livelli di tossicità acuta e cronica per le specie acquatiche¹⁰².

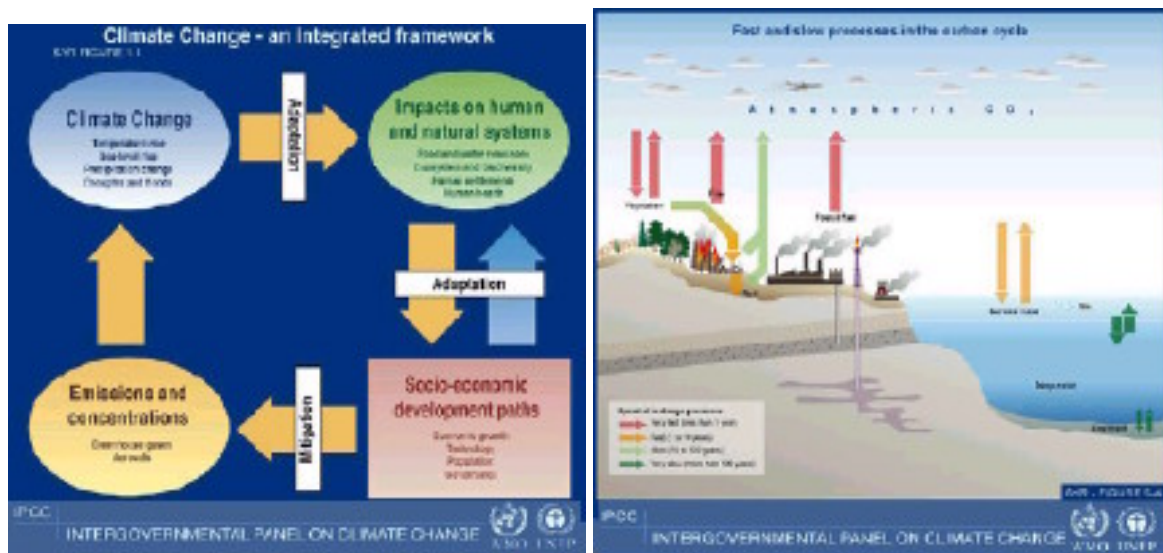
¹⁰¹ Flavin Christopher, Bright Chris Platt McGinn Anne et al ,2003. State of the World '03 [33]

¹⁰² Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione [5]

4.5 Il riscaldamento terrestre e i cambiamenti climatici

L'anidride carbonica rilasciata nell'atmosfera dai processi di combustione dei combustibili fossili è il gas serra che in maggior misura contraddistingue "la base antropogenica del cambiamento del clima" e il riscaldamento della superficie del pianeta. L'IPCC¹⁰³ prevede che il contributo della CO₂ al riscaldamento aumenterà dall'attuale 50% a circa il 75% entro il 2010. Altri importanti gas serra, emessi principalmente dalle attività agricole e industriali, comprendono il metano, il protossido di azoto, l'esfluoruro di zolfo, gli idrofluorocarburi e i perfluorocarburi. Mentre tre quarti delle emissioni antropogeniche di CO₂, degli ultimi 20 anni, sono dovuti ai combustibili fossili, la restante parte si deve alla deforestazione e ad altri cambiamenti di sfruttamento del suolo.

Figura 10. Cambiamenti climatici e processi concorrenti nel ciclo del carbonio. Fonte: IPCC



Esistono prove del fatto che i cambiamenti del clima su scala regionale hanno già interessato una vasta gamma di sistemi fisici e biologici. Questi cambiamenti includono la diminuzione dei ghiacciai, lo scioglimento del *permafrost*, la formazione tardiva o anticipata di ghiaccio sui fiumi e sui laghi, l'allungamento delle stagioni di crescita alle latitudini medie e alte, il cambiamento della

¹⁰³ Intergovernmental Panel on Climate Change

distribuzione geografica di piante e animali e il declino di molte loro popolazioni, e infine la precocità di eventi come la fioritura degli alberi, la comparsa di insetti e la deposizione delle uova da parte degli uccelli (tali cambiamenti possono in vario modo incidere sulla sopravvivenza delle specie direttamente o indirettamente coinvolte). Gli scienziati riconoscono che parecchi sistemi naturali rischiano di essere compromessi in modo irreversibile, in particolare i ghiacciai, le barriere e gli atolli corallini, le foreste a mangrovie, le foreste boreali e le foreste tropicali, gli ecosistemi polari e alpini, le pianure umide e gli altri habitat a prateria. I cambiamenti climatici aumenteranno il rischio di estinzione delle specie vulnerabili, in generale la perdita di biodiversità, con danni proporzionali alla rapidità e all'entità di tali cambiamenti.

Sono in corso indagini sulla fragilità dei sistemi più vicini all'uomo, e soprattutto l'acqua, l'agricoltura, le foreste, le zone costiere, i sistemi marini, gli insediamenti umani, l'energia, l'industria, le assicurazioni e gli altri servizi di tipo finanziario, non in ultimo la stessa salute umana. Sono previsti infatti:

- riduzione delle produzioni agricole in molte regioni tropicali e per l'aumento della temperatura;
 - diminuzione delle disponibilità d'acqua per le popolazioni di molte regioni già parzialmente inaridite, soprattutto nell'area subtropicale;
 - aumento delle persone esposte a malattie trasmesse da vettori e dall'acqua (malaria, colera), e aumento della mortalità da stress termico;
 - diffuso aumento del rischio di alluvioni per decine di milioni di persone, sia per l'aumento delle precipitazioni che per l'innalzamento del livello del mare.
- I mutamenti delle escursioni climatiche: siccità, alluvioni, ondate di caldo, valanghe e trombe d'aria potrebbero avere esiti rilevanti, poiché ne è previsto l'aumento sia in frequenza che in intensità.

I rischi determinati su larga scala dagli impatti irreversibili non sono ancora stati quantificati in modo affidabile. Esempi ne sono un significativo rallentamento del sistema di circolazione oceanica, che trasporta acqua calda verso la regione

settentrionale dell'Atlantico; le rilevanti diminuzioni dei ghiacci della Groenlandia e dell'Antartide occidentale; un accelerato riscaldamento dovuto alle emissioni di carbonio dagli ecosistemi terrestri; rilascio di carbonio dalle regioni in cui è presente il *permafrost*; rilascio di metano dagli idrati dei sedimenti costieri. Se questi cambiamenti dovessero verificarsi, il loro impatto sarebbe esteso e prolungato. L'effetto del rallentamento della circolazione oceanica è di ridurre il riscaldamento di alcune parti dell'Europa. La perdita dello strato di ghiaccio dell'Antartide occidentale e della Groenlandia provocherebbe l'innalzamento del livello globale del mare, di circa 3 metri nei prossimi mille anni, e ciò comporterebbe la scomparsa di molte isole e l'inondazione di vaste zone costiere. Emissioni aggiuntive di carbonio e metano amplificherebbero ulteriormente il processo di riscaldamento.

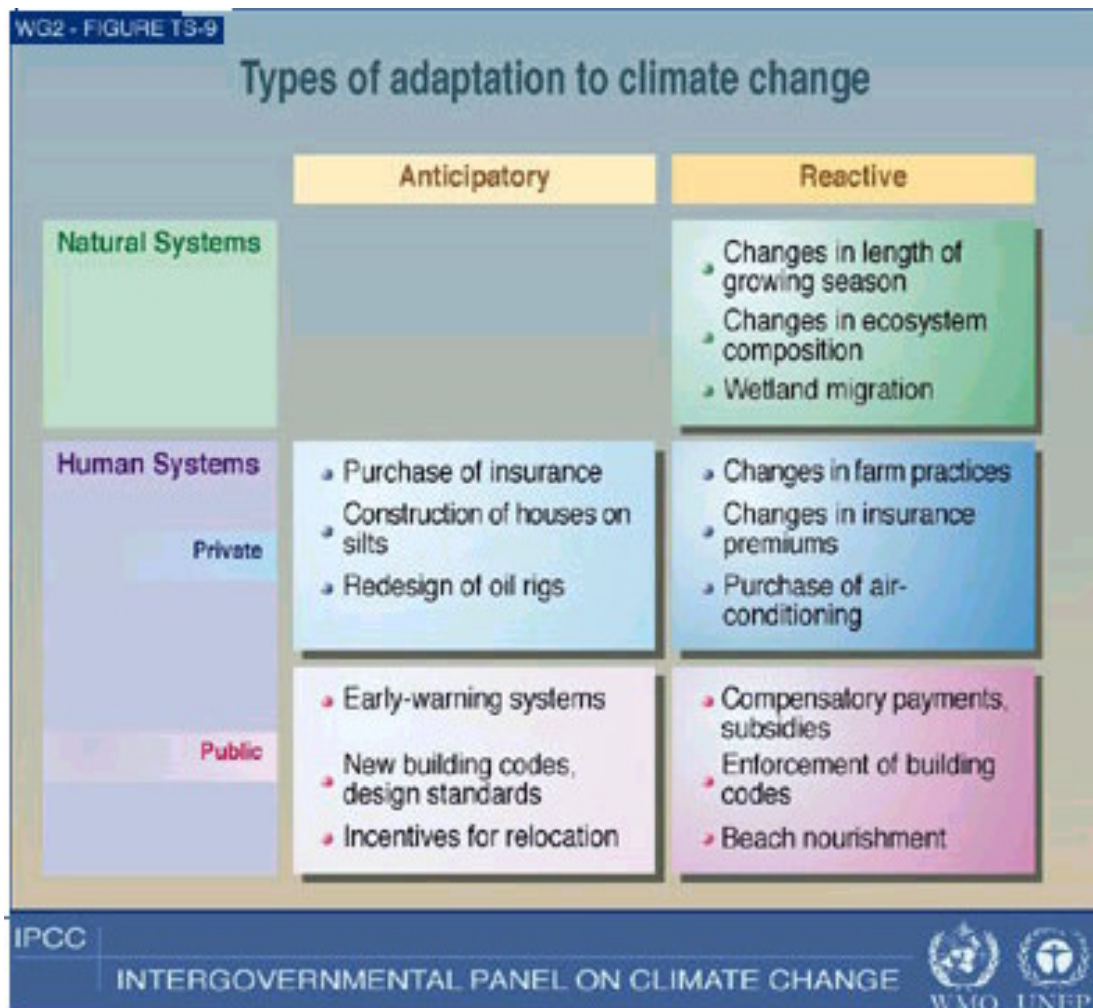
L'adattamento ai cambiamenti climatici, ha cui si da sempre più attenzione costa denaro e i paesi più vulnerabili sono proprio quelli con più scarse risorse economiche e minore capacità di adattamento. L'IPCC ha concluso senza possibilità di appello quanto segue: *"si prevede che l'impatto dei cambiamenti climatici, in termini di perdite di vite umane e di effetti sugli investimenti e sull'economia, sarà maggiore nei paesi in via di sviluppo"*. Indagini condotte su scala regionale mettono in luce la vulnerabilità di tutto il pianeta (secondo uno studio del National Research Council nemmeno gli Stati Uniti verranno risparmiati da impatti significativi), ma i più colpiti saranno coloro che meno hanno contribuito al problema.

L'entità del cambiamento climatico dipenderà dall'aumento delle concentrazioni di CO₂, e a loro volta queste dipenderanno dalle attività che si basano sui combustibili fossili. Per stabilizzare la concentrazione dei gas serra attorno al valore di 450 ppmv¹⁰⁴, ad esempio, è necessario che le emissioni annuali diminuiscano sensibilmente entro i prossimi decenni, per poter arrivare a un miliardo di tonnellate entro il 2100 e poter raggiungere un limite inferiore a 1 miliardo di tonnellate. Ciò

¹⁰⁴ parti per milione (in volume)

implica un taglio delle emissioni globali di carbonio di circa il 70-80%, un obiettivo assai maggiore delle riduzioni di Kyoto attualmente in discussione¹⁰⁵.

Figura 11 Adattamenti dovuti al cambiamento climatico. Fonte: IPCC¹⁰⁶



¹⁰⁵ Flavin Christopher, French Hilary, Gardner Gary et al., 2002. State of the World '02 (Stato del pianeta e sostenibilità. Rapporto annuale), Capitolo 2

¹⁰⁶ Fonte : <http://www.ipcc.ch/present/graphics/2001wg2/small/10.02.jpg>

Conclusioni

Lo sfruttamento delle risorse energetiche della terra parte dalle grandi opere di trivellamento ai piccoli gesti quotidiani, come accendere la luce, avviare il motore della propria auto o scaldare il cibo. Tale sfruttamento, diventato con gli anni una necessità ed un tema centrale e prioritario delle politiche ambientale .

In primis lo sfruttamento delle risorse fossili comporta una perdita irreversibile di queste, e poiché non sono infinite o “riciclabili” tali risorse finiranno nell’arco di un tempo definito in conflitto con i principi cardini dello “sviluppo sostenibile”. Un primo obiettivo è quello di una corretta gestione di tali risorse, la necessità di maturare tecnologie che possano consentire l’utilizzo di risorse rinnovabili, soprattutto la fonte eolica e solare, perché meno inquinanti in assoluto, ma anche della risorsa idrica e delle biomasse.. La riduzione delle fonti di combustione, e il miglioramento delle tecnologie per la riduzione e l’assorbimento delle sostanze presenti nei fumi, sono un passo importante per contenere le emissioni ed i loro effetti ambientali e sanitari diretti ed indiretti.

Un contributo è anche atteso nel destinare particolare attenzione anche all’educazione ambientale di comportamenti e stili di vita .

Altri tipi di impatti sull’ambiente però derivano dallo sfruttamento e dall’utilizzo delle risorse energetiche, in particolare i combustibili fossili. La produzione di energia termo- e idroelettrica è causa di danno per molti ambienti acquatici interni, mentre il trasporto di idrocarburi in mare inquina e altera l’ambiente marino. L’estrazione delle risorse, è fonte di danni ingenti all’assetto geomorfologico e paesaggistico, così come la costruzione di oleodotti o infrastrutture di sostegno alle attività.

Di seguito sono riassunte le attività che comportano gli effetti più rilevanti sulle varie componenti del sistema ambiente nella seguente tabella.

| Principali impatti in base all'attività e alla componente ambientale | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------|----------|-----------------|-----------------------------|---------------|-----------|--------------------|-------|
| | Impatti sulle matrici ambientali | | | | Impatti su altre componenti | | | | |
| Fonti di pressioni | Atmosfera | Idrosfera | Geosfera | | Materiali | Flora e Fauna | Paesaggio | Salute e benessere | Clima |
| | | | Suolo | Risorse fossili | | | | | |
| Estrazione petrolio | I,* | * | * | * | | I,* | * | I,* | |
| Estrazione gas naturale | I,* | | * | * | | I,* | * | | |
| Estrazione carbone | * | I,* | * | * | | I,* | * | I,* | |
| Trasporto petrolio | | * | | | | * | * | I,* | |
| Trasporto gas naturale | * | | | | | | * | | |
| Trasporto carbone | * | | * | | | | * | I,* | |
| Uso dei derivati del greggio per i trasporti | * | I,* | I,* | * | I,* | I,* | | I,* | I,* |
| Produzione termoelettrica | * | * | | | I,* | * | * | * | I,* |
| Produzione idroelettrica | I,* | * | * | | | * | * | | |
| Consumo di energia elettrica | I,* | I,* | I,* | I,* | | I,* | | I,* | |
| Consumo di gas per riscaldamento | * | | I,* | | | | | I,* | |
| Uso di biomasse per la produzione di calore/ elettricità | * | | | | | * | * | * | I,* |
| Sviluppo e utilizzo di infrastrutture per prod./gest. e usi fin. energia | I,* | I,* | * | | I,* | * | * | * | |

Legenda:

* : Presenza di impatto

I: Impatti indiretti derivanti da alterazioni delle matrici (dove gli impatti sono sia indiretti che diretti è omesso).

La Valutazione Ambientale Strategica di Piani e Programmi direttamente ed indirettamente correlati alla produzione e consumo di energia dovrà quindi considerare gli elementi rappresentati nel presente lavoro anche al fine di una consistente valutazione di costo/beneficio delle decisioni programmatiche di merito.

Roma, lì 10 Gennaio 2004

Dr.ssa Tuscano Jessica

Riferimenti bibliografici

- [1] ENEA, 2000, “Rapporto Energia e Ambiente 2000: l’Analisi vol. 1”. ed. ENEA Unità Comunicazione e Informazione Servizio Edizioni e Documentazione, Roma.
- [2] ENEA, 2001, “Rapporto Energia e Ambiente 2001: l’Analisi vol. 1”. ed. ENEA Unità Comunicazione e Informazione Servizio Edizioni e Documentazione, Roma.
- [3] ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente, Roma 25-28 Novembre 1998. “Verso un modello energetico sostenibile. Considerazioni introduttive alla Conferenza”, ed. ENEA Unità Comunicazione e Informazione Servizio Edizioni e Documentazione, Roma.
- [4] Comitato Scientifico ANPA, 2002. Conoscenze scientifiche e priorità ambientali, vol. II, I.G.E.R srl, Roma
- [5] Provini A., Galassi S., Marchetti R., 1998. Ecologia Applicata, nuova edizione. Città Studi Edizioni.
- [6] ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente, Roma 25-28 Novembre 1998. “Prospettive di integrazione dei sistemi economici, energetici ed ambientali nel bacino del Mediterraneo.”, ed. ENEA Unità Comunicazione e Informazione Servizio Edizioni e Documentazione, Roma.
- [7] P. Muru, 1999. Gli sbarramenti idrogeologici. In: ANPA, 2000, La formazione ambientale attraverso stage. Raccolta delle tesi elaborate nelle sessioni 1998-1999, I.G.E.R srl, Roma.
- [8] Fonte: sito web ufficiale del Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale
http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/02_datigenerali.pdf,
http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/06_produzione.pdf,
http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/07_consumi.pdf,
http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/08_confrontiinternazionali.pdf, 09/10/2003
<http://www.grtn.it/ita/fontirinnovabili/certificativerdi.asp>,

<http://www.grtn.it/ita/fontirinnovabili/CertificatiRecs.asp>, 10/10/2003

[9]Fonte: sito web ufficiale International Energy Agency

<http://library.iea.org/renew/eng/TableViewer/Wdsview/dispviewp.asp?ReportId=1>

<http://library.iea.org/renew/eng/TableViewer/Wdsview/dispviewp.asp?ReportId=3>

09/10/2003

[10]International Energy Agency, 2002, Renewable in Global Energy Supply. An IEA fact sheet. Fonte: <http://www.iea.org/leaflet.pdf>, 09/10/2003

[11]De Laurentis R., Liburdi R. La valutazione dell'inquinamento atmosferico del sistema energetico. Fonte: <http://www.sinanet.apat.it/>, 10/10/2003.

[12]Carmen Difiglio, Fridtjof Unander ([IEA](#)) and G. Aslanian, A.M. Khan, H-H. Rogner ([IAEA](#)), Indicators for Sustainable Energy Development. paper presented at [UNCSD-9](#)

Fonte: <http://www.iea.org/envissu/files/csd-9.pdf>, 10/10/2003

[13]ENEL, 2000, Rapporto ambientale 2000. Fonte:

http://www.enel.it/ambiente/leggi_documenti/doc/Rapp.Amb/Ambientale2_it.pdf

15/10/2003.

[14]Cocchi D., 2002. Introduzione al tema del controllo ambientale, in Società Italiana di Statistica "Atti della Riunione Satellite della XLI Riunione scientifica. Il nuovo controllo della qualità: processo produttivo, customer satisfaction, problemi ambientali" Milano 4 Giugno 2002, CLEUP editore, Milano.

[15]ANPA-Serie Stato dell'Ambiente, 1999, Primo Rapporto ANPA sugli indicatori di pressione e di stato dell'ambiente atmosferico., I.G.E.R. Srl, Roma.

[16]European Commission, 2003, External Costs. Research result on socio-environmental damages due to electricity and transport, European Commission, Directorate Generale for Research. Fonte:

http://europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/externe_en.pdf, 26/10/2003

[17] Fonte : <http://www.analistiambientali.org/>, 28/10/2003

<http://www.analistiambientali.org/savia/Strumenti di Governo/agende 21 locali.htm>

http://www.analistiambientali.org/savia/Strumenti_di_Governo/danno_ambientale.htm

http://www.analistiambientali.org/savia/Strumenti_di_Governo/IPPC_1.htm

http://www.analistiambientali.org/savia/Strumenti_di_Governo/emas.htm

[18] ANPA-Manuali e linee guida, 2002, Il danno ambientale ex art.18 L.349/86. Aspetti teorici e operativi della valutazione economica del risarcimento dei danni., Roma.

[19]Fonte:<http://www.energia-online.com/dossier/enamb/emtrading.htm>, 3/11/2003

[20]Fonte:<http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/sistan/ben/index.htm>, 3/11/2003
statistiche del Ministero Industria Commercio e Artigianato.

[21]Fonte : sito ufficiale del Governo Italiano

http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/fonti_rinnovabili/Certificati_verdi.pdf, 04/11/2003

[22]ANPA-Manuali e linee guida, 2002, I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica, I.G.E.R. Srl, Roma.

[23] Fonte: <http://www.iea.org/pubs/newslett/eneeff/table.htm>, 14/11/2003

[24]Fonte :[Banca Dati](#) delle emissioni atmosferiche con accesso guidato all'inventario CORINAIR 1990

<http://www.apat.it/aree/atmosfera/emissioni/bdEMI/default.asp> 27/10/2003

[25] Fonte: <http://www.e-gazette.it/ecologia/rinnovabili/rin2.htm>, 26/11/03

[26]Fonte :<http://library.iea.org/renew/eng/TableViewer/wdsview/dispviewp.asp>, 15/10/2003

[27]Barbuti S., Bellelli E., Maria Fara G., Giammanco G., 2002. Igiene, seconda edizione. Ed. Monduzzi, Bologna.

[28]Fonte: <http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/sistan/ben/2000/indice.htm> 8/01/2004

<http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/sistan/ben/2001/indice.htm> 08/01/2004

[29]Third Intergovernmental Preparatory Meeting,2003. Energy, sustainable development and health. European Environment and Health Committee (EEHC)

Secretariat, World Health Organization- regional Office for Europe, Evora, 27-28 Novembre 2003

[30] Dichiarazione del comitato Internazionale di Valutazione per l'Indagine sui Rischi Sanitari dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM). Fonte:

http://www.apat.it/site/_contentfiles/00038700/38703_Serie_speciale_2002_00.pdf
14/01/2004

[31] ENEL, 2002, Rapporto ambientale 2002.

Fonte: http://www.enel.it/ambiente/leggi_documenti/doc/Rapp.Amb/Rapporto%20Ambientale%202002.pdf 18/12/2003

[32] Flavin Christopher, French Hilary, Gardner Gary et al., 2002. State of the World '02 (Stato del pianeta e sostenibilità. Rapporto annuale), Capitolo 2, Gianfranco Bologna, Worldwatch Institute Copyright Ed. Ambiente 2002

[33] Flavin Christopher, Bright Chris Platt McGinn Anne et al ,2003. State of the World '03 (Stato del pianeta e sostenibilità) Capitolo 2, Gianfranco Bologna, Worldwatch Institute Copyright Edizioni Ambiente 2003

[34] Environmental Impact Checklist (informal study, based on Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context). Fonte:

<http://www.unece.org/env/eia/documents/eachecklist/consolidatedchecklist.pdf>

[35] Fonte : sito web Health Canada

<http://www.hc-sc.gc.ca/english/iyh/environment/index.html> , 10/01/2004.

[36] Fonte : sito ufficiale European Environment Agency

http://themes.eea.eu.int/Sectors_and_activities/transport/indicators/consequences/transport_consumption/index_html , 09/02/2004.

ALLEGATO I

Definizione di fonti energetiche in termini di attività, sfruttamento delle risorse, impatti, possibili effetti significativi.

Le fonti primarie da cui è possibile ricavare energia (elettrica, termica, chimica) si possono suddividere in fonti rinnovabili e non rinnovabili. Quest'ultime sono state prevalentemente usate in passato. Per fonte secondaria si intende comunemente l'energia elettrica, in quanto prodotta necessariamente mediante fonti primarie.

La quantità d'energia, ricavabile da tutte le fonti primarie, è valutata negli studi di bilancio energetico attraverso un unità di misura convenzionale: il tep (tonnellate equivalenti di petrolio). Un tep equivale a 107 Kcal ovvero a 41,86 GJ, inoltre è equivalente a 11.700KWh. I suoi multipli: il Mtep (milioni di tep) e il Gtep (=1000 Mtep) sono molto utilizzati nei bilanci energetici di grandi dimensioni.

Nel bilancio energetico vengono presi in considerazione:

- Il *consumo interno lordo d'energia* dato dalla somma dei quantitativi di energia provenienti da fonti primarie prodotte, da fonti primarie e secondarie importate e dalla variazione delle scorte di queste fonti presso produttori e importatori, diminuita delle esportazioni di queste¹⁰⁷.
- Il *consumo finale di energia* che è dato dal consumo interno lordo diminuito del consumo del settore energetico, che include le relative variazioni delle scorte¹.

¹⁰⁷ Fonte: http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/02_datigenerali.pdf [8]

I.1 Le fonti primarie non rinnovabili

Per fonti energetiche non rinnovabili s'intendono i combustibili fossili e l'energia nucleare. Dei primi fanno parte: carbone e altri combustibili solidi, gas naturale, prodotti petroliferi: olio, gasolio, distillati leggeri, coke di petrolio e gas residui di raffineria.

Le riserve di combustibili fossili (quantità di combustibili presenti in giacimenti noti ed estraibili a costi convenienti) sono comprese, in generale, delle risorse di combustibili terrestri in cui si annoverano anche: le quantità di combustibili note ma estraibili a costi troppo elevati, quelle valutate in zone studiate ma non note in dettaglio e quelle ipotizzate su base probabilistica in zone non ancora studiate.

Fin'ora i ritrovamenti di nuovi giacimenti, e la rivalutazione di quelli esistenti, che permettono l'estrazione e il recupero (a costi accettabili) della maggior parte del combustibile, sono stati superiori

Tab. A Produzione mondiale di combustibili fossili (Mtep)

| Fonte | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Carbone | 1809 | 2026 | 2193 | 2182 |
| Petrolio | 3155 | 2865 | 3230 | 3335 |
| Gas naturale | 1243 | 1434 | 1704 | 1761 |
| TOTALE | 6207 | 6325 | 7127 | 7278 |

Fonte: EC-DGXVII-Energy in Europe, 1997-Annual Energy Review

alle quantità estratte nello stesso periodo. I dati riguardanti la produzione (estrazione) mondiale di combustibili fossili (Tab. A) mostrano un aumento tra il 1980 e il 1995: del 20,6% quella del carbone, del 5,7% del petrolio, del 41,7% del gas naturale¹⁰⁸.

Il petrolio

La domanda mondiale di petrolio ha raggiunto nel 2000 i 75,4 milioni di barili al giorno con un ritmo di espansione dell'8%.

¹⁰⁸ ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente [3]

Nel 2000 il petrolio ha rappresentato il 42,4% dei consumi finali mondiali d'energia (il 39,4% in Europa).

In Italia il petrolio raggiunge il 48,4% dei consumi finali d'energia. Nel corso del 2000, le riserve nazionali disponibili sono diminuite rispetto al 1999 del 4,4%, raggiungendo i 113 milioni di tonnellate. Dei 4,55 milioni di tonnellate estratte sul territorio nazionale, il 68% proviene da pozzi in terraferma, il resto da pozzi *off-shore*. Ad una diminuzione della produzione interna è seguito un aumento delle importazioni (83,7 milioni di tonnellate di greggio, nel 2000). Una scarsa disponibilità di altre fonti fanno sì che il grado d'autosufficienza, del nostro Paese, sia solo del 18%. La dipendenza dalle importazioni in Italia è pari al 95% dei prodotti petroliferi consumati, in confronto al valore medio europeo del 72%.

Nel 2000 si è registrato il valore più alto dei prezzi del petrolio, dopo l'aumento storico del 1979, con una quotazione annua media di 28 \$/barile (7,3-7,6 \$/t).

Nel bilancio nazionale il saldo delle due voci petrolio e gas del 2000 è stato di 36,2 mila miliardi di lire, raddoppiato, rispetto l'anno precedente, in cui la voce "petrolio" era stimata in 18,7 mila miliardi di lire¹⁰⁹.

L'innovazione tecnologica è decisiva nelle operazioni esplorative ed estrattive per valorizzare il potenziale fisico delle risorse. Le modificazioni di maggior interesse sul versante tecnologico hanno determinato, con nuove specialità di prospettiva geofisica, processi di perforazione ed estrazione ad alta intensità tecnologica, l'accesso produttivo ad accumuli d'idrocarburi prima non valorizzabili per ragioni economiche o a causa di limiti strutturali delle formazioni geologiche¹¹⁰.

¹⁰⁹ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

¹¹⁰ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

⁵ Fonte: http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/02_datigenerali.pdf [7]

Il gas naturale

Le riserve mondiali accertate di gas naturale sono 158.305 miliardi di m³. L'Europa contribuisce con 64.120 miliardi di m³. In Italia ammontano a 208 miliardi di m³.

Il gas naturale rappresenta il 15,4% dei consumi mondiali finali d'energia. In Europa questo valore sale al 23,3%, in Italia al 29,4%. L'andamento della domanda di gas in tutta Europa è crescente.

La produzione nazionale di gas ha coperto nel 2000 il 23,6% dei consumi interni (70,4 miliardi di m³ nel 2000). Il settore d'utenza che ha maggiormente contribuito all'aumento di domanda è stato quello della produzione termoelettrica.

Il 73% dell'offerta complessiva, aumentata rispetto ai precedenti anni anche per la diminuzione della produzione nazionale, proviene da importazioni. Il prezzo del gas, al netto delle imposte, in Italia si aggira sulle 120/130 lire al m³ (fine 2000-inizio 2001), ma al lordo delle imposte ha un prezzo medio di circa 1160-1200 lire/m³¹¹¹. A livello nazionale l'*up-stream* (estrazione, trasporto, e distribuzione) del gas naturale contribuisce, al complesso delle attività energetiche, per quasi il 20% in termini di produzione, valore aggiunto, occupazione¹¹².

La produzione d'energia elettrica si avvale di nuovi impianti a gas, a ciclo combinato, che hanno numerosi vantaggi rispetto ai tradizionali impianti a ciclo convenzionale a vapore, che possono essere costruiti con un risparmio di tempi e costi del 50% e sono caratterizzati da efficienze più elevate.

¹¹¹ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

¹¹² ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

Il carbone

Il carbone rappresenta il 9,4 % dei consumi mondiali d'energia, il 7,3% in Europa e il 3,4% in Italia¹¹³.

L'unica risorsa italiana è nel bacino del Sulcis Inglesiente (Sardegna sud-occidentale). L'attuale area di interesse minerario-estrattivo ricopre una parte limitata del bacino (29Km²), contiene più di 57 milioni di tonnellate di carbone mercantile (la riserva è di 128 milioni di tonnellate) con potere calorifico maggiore di 5000 kcal/kg ed elevato contenuto di polveri e zolfo. Il territorio è stato dichiarato nel DPCM 30.1.90 "area ad elevato rischio di crisi ambientale" per l'elevata concentrazione d'impianti industriali ed energetici, ed è stato approvato un piano di disinquinamento e risanamento (DPCM 23.4.93 attuato con DPR 28.1.94).¹¹⁴

Per soddisfare il fabbisogno energetico del Paese, nel 2000, si è consumato carbone per 14,6 milioni di tep, in prevalenza destinato alla produzione d'energia elettrica (38,6%) e a quella di coke.

La produzione nazionale del 2000 (0,4Mtep), è solo l'1% del fabbisogno nazionale: l'Italia importa via mare il 99% del totale fabbisogno di carbone.

Il costo medio del carbone importato nel dicembre 2000 (106.844 lire/tonnellata) è aumentato di oltre 16euro/tonnellata con un incremento di quasi il 42% rispetto all'anno precedente. Il carbone Sulcis, è riconosciuto ad un prezzo pressoché doppio.

¹¹³ Fonte: http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/02_datigenerali.pdf [7]

¹¹⁴ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

Impatto dei prezzi sui costi di generazione di energia elettrica:

- Il carbone presenta un costo notevolmente inferiore, e più stabile nel tempo, rispetto alla produzione con gli altri impianti .
- In impianti nuovi, il margine competitivo del carbone si annulla con un aggravio di costi del 10% rispetto agli impianti a gas a ciclo combinato, dovuto principalmente ai costi di impianto che incidono per il 45% sui costi totali di generazione rispetto al 20% degli impianti a gas¹¹⁵.

Tab. B Costo variabile per impianti funzionanti a carbone, ad olio combustibile e a metano (lire/KWh)

| Periodo | Carbone | Olio | Metano |
|-----------------------|---------|--------|--------|
| Gennaio-Febbraio 1999 | 33,34 | 39,28 | 43,11 |
| Gennaio-Febbraio 2000 | 36,35 | 65,28 | 70,04 |
| Gennaio-Febbraio 2001 | 42,13 | 106,78 | 122,77 |

Fonte: Autorità per l'energia elettrica e il gas, Assocarboni

Per aumentare la compatibilità ambientale e l'efficienza delle varie fasi del ciclo del carbone sono state avviate da tempo numerose iniziative di ricerca sulle cosiddette "tecnologie pulite del carbone", che riguardano soprattutto la combustione e che vengono brevemente riassunte di seguito:

- Polverizzazione del carbone (PF): la tecnica più diffusa, efficienza superiore al 99%, non c'è riverso di combustibile in atmosfera, ulteriore sviluppo nei bruciatori a basse emissioni di NO_x.
- Tecnologia ultrasupercritica (USC): evoluzione della tradizionale PF, affermata nei paesi scandinavi dove esiste una legge di controllo della CO₂.
- Gassificazione del carbone (IGCC): alternativa al sistema attuale di combustione, rendimento dal 50% ma con recupero dello zolfo in forma commerciale, e ceneri convertite in scorie vetrificate inerti dal punto di vista ambientale.
- Combustione a letto fluido (FBC): le efficienze attese sono del 42-45%, le prestazioni ambientali sono promettenti: consentono di ridurre gli NO_x, per le basse temperature di combustione.

¹¹⁵ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

- Cicli combinati a combustione esterna (EFCC): impianti in cui un ciclo combinato convenzionale può essere alimentato da fumi provenienti dalla combustione esterna di biomasse, rifiuti e carbone. Si prospettano rendimenti del 45-50%, ma il loro stadio di maturazione è situato non prima del 2010¹¹⁶.

La fonte nucleare

L'utilizzo energetico da fonti nucleari, prevalentemente Uranio, contribuisce per il 6% circa al contributo energetico mondiale. In particolare ha contribuito, nel 2001, al 17% della produzione elettrica mondiale¹¹⁷. Nei paesi OCSE*, l'energia nucleare rappresenta quasi un quarto della fornitura (*supply*) di elettricità. Nel 2002 in questi paesi si sono registrati 362 impianti nucleari esistenti di cui 162 in Europa. La produzione netta di elettricità è stata di 2.167,1 TWh¹¹⁸ il 23,8% della *supply* elettrica totale. L'Europa ha contribuito con ben 921,9 TWh,¹¹⁹.

I.2 Le fonti primarie rinnovabili

Le fonti energetiche rinnovabili (FER), a differenza dei combustibili fossili e nucleari destinati ad esaurirsi in un tempo finito, possono considerarsi virtualmente inesauribili.

¹¹⁶ ENEA, 2000, Rapporto Energia e Ambiente 2000 [1]

¹¹⁷ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

* I trenta Paesi OCSE (Organizzazione di cooperazione e sviluppo economico) sono: Australia, Austria, Belgio, Canada, Corea, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Ungheria, Islanda, Irlanda, Italia, Giappone, Lussemburgo, Messico, Norvegia, Nuova Zelanda, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Slovacca, Repubblica Ceca, Spagna, Stati Uniti, Svizzera, Svezia, Turchia.

¹¹⁸ 1 TWh= 1000 milioni di KWh

¹¹⁹ Fonte: <http://library.iea.org/renew/eng/TableViewer/Wdsview/dispviewp.asp?ReportId=1> [9]

Si possono considerare tali¹²⁰:

- L'energia solare che investe la Terra: le radiazioni sono utilizzabili per la produzione di acqua calda sanitaria e la generazione di energia elettrica.
- L'energia idraulica: l'energia potenziale e cinetica dell'acqua sono sfruttabili per produzione elettrica.
- L'energia eolica: l'energia cinetica del vento è utilizzabile nelle turbine per la produzione di energia elettrica.
- L'energia di onde, correnti e maree: l'energia meccanica di queste è utilizzabile per la produzione di elettricità.
- L'energia geotermica: presente in alcuni sistemi profondi nella crosta terrestre usualmente sotto forma d'acqua calda o vapore, è sfruttabile per la produzione di elettricità o direttamente come fonte di calore (vapore).
- L'energia ricavabile da combustibili rinnovabili e rifiuti:
 - Biomassa solida e prodotti animali: usate direttamente come combustibile o convertite in altre forme prima della combustione. Include legno, resti vegetali, rifiuti e materiale animale, altra biomassa solida, "sulphite lyes" (solfito alcalino o "black liquor"), e il carbone prodotto da biomassa solida.
 - Gas e liquidi provenienti da biomasse: i biogas sono derivati principalmente da fermentazione anaerobica di biomassa e rifiuti, bruciati producono calore e/o energia.
 - Rifiuti Solidi Urbani*: sono combustibili direttamente per produrre calore e/o energia, comprende rifiuti domestici, commerciali, di servizi pubblici e ospedalieri.
 - Rifiuti industriali*: prodotti solidi e liquidi, possono essere combustibili direttamente, in impianti speciali, per produrre calore e/o energia.

¹²⁰ IEA Energy Statistic, 2003, Renewable in Global Energy Supply [10]

* Parte di questi, (i rifiuti non biodegradabili) non sono considerati come fonte rinnovabile.

¹²¹ IEA Energy Statistic, 2003, Renewable in Global Energy Supply [9]

Il 13,8% della offerta di energia primaria mondiale, del 2000, è attribuibile a fonti rinnovabili di cui l'11% a combustibili rinnovabili (biomassa) e rifiuti, il 2,3% alla fonte idrica e lo 0,5% alle altre fonti (per lo più energia geotermica).

Queste fonti energetiche rinnovabili hanno registrato a livello mondiale, nei passati trent'anni, un aumento annuale del 2% (combustibili rinnovabili e fonte idrica) e del 4% le cosiddette rinnovabili "nuove" (geotermica, solare, eolica, onde)¹⁷.

I combustibili rinnovabili e i rifiuti sono utilizzati in maggior misura in Asia (32,3%), in Africa (23,0%) e in Cina (19,6%), i Paesi OCSE li consumano solo per il 16,5%. La risorsa idrica, invece, è fortemente sfruttata (50%) da questi Paesi, e in secondo luogo dai Paesi dell'America Latina (21%). Le "nuove" fonti rinnovabili sono sfruttate quasi esclusivamente dai Paesi OCSE (69,8%) e dall'Asia per il 24,5%¹²².

Il settore che, a livello mondiale, utilizza maggiormente (58%) le FER è quello residenziale, commerciale e pubblico, la generazione di energia elettrica le utilizza per il 21%, l'industria e altri settori occupano la rimanente percentuale. Nella produzione di energia elettrica mondiale, sempre nel 2000, sono state utilizzate per il 19% le risorse rinnovabili di cui però il 17% è produzione idroelettrica¹⁸. (vedi anche Allegato II)¹²³

La capacità netta generante delle fonti energetiche rinnovabili per il totale paesi OCSE è stata nel 2001 di 475.113 MW (milioni di Watt) di cui 419.113 MW da fonte idrica¹²⁴ (vedi anche allegato II).

In Italia le FER hanno avuto un aumento del contributo al bilancio energetico del 32% dal 1990 al 2000 e l'energia prodotta da FER non tradizionali, nello stesso periodo è aumentata del 72%¹²⁵.

¹²² IEA Energy Statistic, 2003, Renewable in Global Energy Supply [10]

¹²³ Fonte: <http://library.iaea.org/renew/eng/TableViewer/wdsview/disviewwp.asp>

¹²⁴ IEA Energy Statistic, 2003, Renewable in Global Energy Supply [9]

¹²⁵ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [1b]

Tab. C Energia primaria equivalente prodotta da fonti energetiche rinnovabili in Italia (Ktep)

| | 1990 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000* |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Idroelettrica¹ | 6.958 | 8.312 | 9.248 | 9.152 | 9.067 | 9.979 | 9.816 |
| Legna e assimilati | 6.378 | 6.461 | 6.438 | 6.454 | 6.487 | 4.696 | 4.696 |
| Geotermia | 909 | 969 | 1.041 | 1.072 | 1.140 | 1.182 | 1.248 |
| RSU | 191 | 124 | 134 | 172 | 267 | 382 | 520 |
| Biogas | 9 | 19 | 59 | 95 | 142 | 167 | 200 |
| Eolica | 0 | 2 | 7 | 26 | 51 | 89 | 98 |
| Biocombustibili | 0 | 65 | 45 | 0 | 80 | 80 | 80 |
| Solare | 6 | 10 | 10 | 10 | 13 | 13 | 15 |
| Totale | 14.452 | 15.962 | 16.983 | 16.982 | 17.247 | 16.587 | 16.673 |

Fonte: Elaborazione ENEA su dati di origine diversa
 * Dati provvisori
¹ solo energia elettrica da apporti naturali (escluso energia per i pompaggi)

La risorsa idroelettrica rappresenta sicuramente la più importante delle risorse energetiche nazionali. Il potenziale idroelettrico del nostro Paese però è già sfruttato per più del 70%. Il contributo percentuale alla produzione di elettricità, si è attestato attualmente al 20%¹²⁶.

Opportune tecnologie consentono di convertire le fonti rinnovabili in energia secondaria (termica, elettrica). Purtroppo il costo di queste tecnologie, (in particolare di quella fotovoltaica), in termini di costruzione degli impianti, di esercizio e manutenzione, è ancora piuttosto elevato e poco competitivo rispetto alle tecnologie che non utilizzano le FER. In teoria questi costi potrebbero essere ridotti qualora si verificasse una opportuna combinazione di miglioramenti tecnologici e di ottimizzazione dei cicli di produzione. Recenti stime sembrano evidenziare che :

- queste tecnologie mostrano una riduzione dei costi di produzione all'aumentare della potenza installata;
- mentre tecnologie come la mini-idraulica sono già usualmente utilizzate, altre come la fotovoltaica sono ancora a stadi di sviluppo iniziale;

¹²⁶ IEA Energy Statistic, 2003, Renewable in Global Energy Supply [10]

- tutte le tecnologie, ad eccezione della fotovoltaica, seguono un trend che vede per ogni raddoppio della capacità cumulata una diminuzione del 20% dei costi¹²⁷.

Gli impianti fotovoltaici sono attualmente quelli con i più alti costi di costruzione: da notizie pubblicate nel sito ufficiale dell'ENEL, si è appreso che una società tedesca ha previsto un investimento di 380 milioni di euro per la realizzazione di un impianto fotovoltaico in Spagna (624 collettori di energia solare e 200.000 specchi) che occuperà una superficie di 1,1 milioni di metri quadrati. La costruzione delle due sezioni dell'impianto necessiterà della manodopera di 1.200 addetti: l'entrata in funzione dell'impianto è prevista per il 2006 e creerà 100 posti di lavoro.

Gli scenari futuri

Stime dell'IEA (International Energy Agency) riportano che se si perseguisse nelle attuali politiche governative, e senza nuove innovazioni tecnologiche, la percentuale mondiale di energia ricavata da fonti rinnovabili declinerà dal 13,8% del 2000 al 12,5% nel 2030. Questo sarebbe dovuto:

- ❖ alla rapida crescita dei consumi di combustibili non rinnovabili da parte dei paesi in via di sviluppo che abbandoneranno la tradizionale biomassa;
- ❖ riduzione della crescita dell'energia idroelettrica;
- ❖ una crescita dell'utilizzo delle nuove rinnovabili che però partono da una base percentuale troppo bassa per avere una parte rilevante nello scenario energetico.

In un secondo ipotetico scenario, se le politiche ambientali, adesso in fase di considerazione dai Paesi OCSE, dovessero prevalere, si potrebbe ottenere una crescita di circa il 4% annuo delle rinnovabili ad eccezione della fonte idrica, tra il 2000 e il 2030, rispetto al 2,7% dello scenario precedente. Ci sarebbero cioè quasi 166Mtep di energia primaria rinnovabile, il 40% in più rispetto alle stime per lo

¹²⁷ ENEA, 2001, Rapporto Energia e Ambiente 2001 [2]

scenario precedente. La percentuale di energia da fonti rinnovabili, inclusa la fonte idrica, crescerebbe dal 14,7% del 2000 al 25,4% del 2030¹²⁸.

Benefici connessi allo sviluppo delle fonti rinnovabili

I benefici ricavabili da un appropriato sviluppo e utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili possono essere riassunti come segue:

- ⇒ Benefici energetici: le FER a breve e medio termine possono contribuire ad aumentare la diversificazione dell'offerta energetica, a lungo termine saranno necessarie per la sostituzione delle energie fossili;
- ⇒ Benefici economici e sociali: lo sviluppo delle risorse rinnovabili coincide con lo sviluppo dell'industria, produzione, diffusione, e manutenzione di queste tecnologie, con incremento dell'occupazione;
- ⇒ Benefici ambientali: l'utilizzo delle FER è una delle soluzioni che consentono la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra e altri inquinanti¹²⁹.

I.3 L'energia elettrica

L'energia elettrica, prodotta mediante le fonti energetiche primarie non rinnovabili e in parte mediante le rinnovabili, è la fonte secondaria d'energia più versatile e utilizzata.

La frazione della domanda mondiale d'energia coperta da elettricità è aumentata del 36% tra il 1980 e il 1995, è fortemente correlata al grado di benessere e sviluppo di un Paese¹³⁰.

A livello mondiale è predominante la produzione termica dell'energia elettrica: nel 2000 su una produzione lorda¹³¹ totale di 15.318,8 TWh, il 64,87% sono dovuti a impianti termici (Tab. D).

¹²⁸ IEA, 2002, Renewables In Global Energy Supply, An IEA Fact Sheet.

<http://www.iea.org/leaflet.pdf>,

¹²⁹ ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente

Tab. D Bilanci Energia Elettrica anno 2000 (TWh)

| | Mondo | Europa | Italia |
|---|------------------|----------------|---------------|
| Produzione lorda | 15.318,80 | 4,660,9 | 276,7 |
| Produzione netta | 14,508,2 | 4,379,9 | 254,2 |
| Richiesta finale | 14.508,2 | 4372,2 | 298,5 |
| Consumo totale | 13.102,3 | 3947,8 | 279,3 |
| Popolazione (milioni di ab.) | 6.053,0 | 867,0 | 57,8 |
| Intensità energetica ppa (Ktep/\$ PIL 1995) | 0,26 | 0,24 | 0,14 |
| Consumo procapite (TWh/ab) | 2.397,0 | 5043,0 | 5168,0 |
| Fonte: Enel, 2000 modificato | | | |

L'Europa ha contribuito, nel 2000, per il 30,4% alla produzione lorda totale mondiale, il 55,90% è proveniente da produzione termica e solo il 18,64% da fonti rinnovabili. Nonostante rappresenti solo il 14,3% della popolazione mondiale, il consumo procapite europeo è più del doppio di quello mondiale (5.043 KWh/ab) (il valore più alto si riscontra

Tab. E Bilancio dell'energia elettrica in Italia (TWh)

| Flussi | 2000 | 2001 | Variaz.% |
|--------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Produzione termica lorda | 220.454,9 | 219.978,9 | -0,5 |
| Produzione idrica lorda | 50.899,6 | 53.925,7 | 5,9 |
| Produzione geotermica lorda | 4.705,2 | 4.506,6 | -4,2 |
| Produzione fotovoltaica lorda | 6,3 | 4,8 | -23 |
| Produzione eolica lorda | 563,1 | 1.178,6 | 109,3 |
| Totale produzione lorda | 276.629,1 | 278.994,5 | 0,09 |
| Energia per servizi ausiliari | 13.364,4 | 13.029,3 | -2,3 |
| Totale produzione netta | 263.292,7 | 265.965,2 | 1 |
| Destinata ai pompaggi ¹³² | 9.129,5 | 9.511,0 | 4,2 |
| Ricevuta da fornitori esteri | 44.831,0 | 48.926,6 | 9,1 |
| Ceduta a clienti esteri | -484,0 | -594,3 | -13,5 |
| Richiesta totale | 298.510,2 | 304.831,5 | 2,3 |
| Consumi totali | 279.319,6 | 285.491,9 | 2,2 |
| Industria | 148.192,4 | 150.973,4 | 1,9 |
| Terziario | 65.108,8 | 67.802,7 | 4,1 |
| Usi domestici | 61.111,7 | 61.553,2 | 0,7 |
| Agricoltura | 4.906,6 | 5.162,6 | 5,2 |
| Fonte: GRTN ¹³³ | | | |

però nell'America del Nord che col 5,1% della popolazione mondiale ha un consumo procapite di 14.249 KWh/ab)¹³⁴.

¹³⁰ ENEA, 1999, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente [2]

¹³¹ la somma delle quantità d'energia elettrica prodotte, misurate ai morsetti dei generatori elettrici

¹³² L'energia elettrica destinata ai pompaggi è la quota impiegata per il sollevamento di acqua, a mezzo pompe, allo scopo di essere utilizzata successivamente per la produzione di altra energia elettrica.

¹³³ Gestore Rete di Trasmissione Nazionale

¹³⁴ Fonte: http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/08_confrontiinternazionali.pdf, [7]

L'Italia ha avuto un consumo totale lordo¹³⁵ di energia, nel 2001, pari a 188 milioni di tep, di questa il 36,1% è impiegato nelle centrali elettriche. Il consumo interno lordo di energia elettrica stimato nel 2001, è cresciuto del 2% rispetto all'anno precedente. In crescita sono la produzione d'elettricità mediante alcune fonti rinnovabili: eolica (+109,3%) e idrica (+5,9%)(Tab. D)²².

Nel 2000, nella produzione termoelettrica, più di 97 mila GWh provenivano dal metano, quasi 86 mila GWh dai prodotti petroliferi, 26 mila dal carbone e all'incirca 10 mila da altre fonti. Nel 2001 la produzione termoelettrica con prodotti petroliferi ha evidenziato un calo del 13%, il gas naturale dell'1,7%. La produzione con carbone è aumentata del 17%. Gli altri combustibili (*orimulsion*¹³⁶, gas d'alto forno, gas residui di raffinazione, gas di cokeria ecc.) hanno coperto la restante produzione con un aumento globale del 62%.

La produzione di energia elettrica avveniva in passato (ancora adesso in alcuni impianti) nei vecchi impianti con tecnologie a vapore a condensazione, e con quelle a turbogas. Gli impianti più recenti utilizzano le nuove tecnologie a ciclo combinato. Con i vecchi impianti l'efficienza energetica raggiungeva il 39%. Il lento rinnovo degli impianti e l'utilizzo delle nuove tecnologie hanno permesso di innalzare il tasso di efficienza. Lo sviluppo delle turbine a gas, applicate in ciclo combinato con impianti a vapore a recupero a permesso di innalzare l'efficienza al 55%, e in futuro forse fino al 60%. Attualmente questi impianti sono i più economici da costruire¹³⁷.

La produzione da fonti rinnovabili

In Italia la produzione lorda degli impianti da fonti rinnovabili, nel 2001 è stata stimata nell'ordine dei 55 mila GWh con una prevalenza quasi assoluta della

¹³⁵ Il consumo interno lordo di energia elettrica è uguale alla produzione lorda di energia elettrica, più il saldo scambi con l'estero

¹³⁶ Emulsione di bitume in acqua proveniente dal bacino dell'Orinoco (Venezuela)

¹³⁷ Fonte: http://www.grtn.it/ita/statistiche/documenti/annuario01/06_produzione.pdf,

produzione idrica (quasi 47 mila GWh), peraltro in aumento. Nel confronto con gli anni precedenti si denota l'incremento d'utilizzo di biomasse e rifiuti negli impianti a cogenerazione, dove il calore residuo che di norma viene disperso, è recuperato in una forma sfruttabile da utilizzatori civili o industriali, così l'energia totale fornita (elettricità più calore) è maggiore a parità di combustibile consumato, rispetto a un impianto senza cogenerazione. In aumento anche la produzione eolica. In diminuzione la produzione fotovoltaica i cui impianti hanno elevati prezzi di costruzione. (Tab. E).

Tab. E Produzione lorda degli impianti da fonti rinnovabili in Italia.

| GWh | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Idrica | 41.213,6 | 45.358,0 | 44.204,9 | 46.810,3 |
| Eolica | 231,7 | 402,5 | 563,1 | 1.178,6 |
| Fotovoltaica | 5,6 | 6,3 | 6,3 | 4,8 |
| Geotermica | 4.213,7 | 4.402,7 | 4.705,2 | 4.506,6 |
| Biomasse e rifiuti | 1.228,8 | 1.822,3 | 1.906,2 | 2.587,3 |
| solo prod.di en.elettrica | 770,6 | 995,4 | 933,5 | 1.060,1 |
| <i>solidi</i> | 317,8 | 454,2 | 409,4 | 465,0 |
| <i>biogas</i> | 452,8 | 541,2 | 524,1 | 595,0 |
| cogenerazione | 458,2 | 826,9 | 972,8 | 1.527,3 |
| <i>solidi</i> | 417,0 | 785,4 | 930,7 | 1.437,8 |
| <i>biogas</i> | 41,2 | 41,5 | 42,0 | 89,4 |
| TOTALE | 46.893,4 | 51.991,8 | 51.385,7 | 55.087,6 |

Fonte: GRTN

Lo sfruttamento di fonti rinnovabili è sicuramente auspicabile per la produzione di energia con "risparmio" delle risorse terrestri e ridotto impatto ambientale.

Un esempio ne sono le emissioni di CO₂ evitate grazie alla produzione di energia elettrica mediante fonti rinnovabili, anziché con combustibili fossili. Le emissioni evitate sono stimate moltiplicando la quantità di energia elettrica prodotta mediante FER per un fattore d'emissione (la quantità di gas che sarebbe emessa da produzione termoelettrica per quantità di energia elettrica prodotta). Le emissioni di CO₂ evitate possono esemplificare i benefici ambientali conseguenti all'utilizzo di un mix di fonti energetiche (Tab. F).

| Tab. F Emissioni di CO ₂ evitate (migliaia di t) | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| per produzione geotermoelettrica (al netto delle proprie) | 927 | 1.043 | 1.050 | 1.124 | 1.200 |
| per produzione idroelettrica da apporti naturali | 21.916 | 20.806 | 20.468 | 22.150 | 21.218 |
| per produzione da fonte eolica e solare | 6 | 11 | 15 | 18 | 17 |
| Totale | 22.849 | 21.860 | 21.533 | 23.292 | 22.435 |
| Fonte: Rapporto ambientale ENEL-2000 | | | | | |

Il 24 novembre 2003 è stata inaugurata nel Regno Unito la prima centrale eolica off-shore, ancorata ad otto chilometri dalla costa nord del Galles, che ha una capacità produttiva di 60MW, dopo otto mesi per la realizzazione del progetto, questa centrale porterà energia pulita a 50.000 case e compenserà il rilascio in atmosfera di 160.000 tonnellate di anidride carbonica¹³⁸.

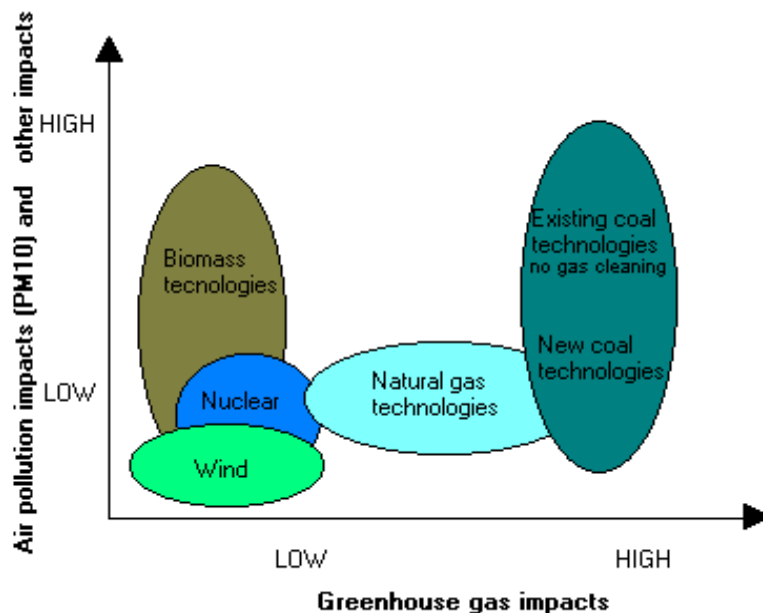


Figura I: Comparazione dei costi ambientali (damage costs) per KWh per tecnologie di produzione elettrica da carbone, gas, nucleare e eolica, attraverso la stima dei relativi impatti. Fonte: riproposto da European Commission, 2003, External Costs. Research result on socio-environmental damages due to electricity and transport.

¹³⁸ Fonte: <http://www.e.gazzette.it/ecologia/rinnovabili/rin2.htm>, 26/11/03

Allegato II (a)

Net Generating Capacity of Renewable and Waste Products (MW)

| COUNTRY | YEAR | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|----------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| COUNTRY | PRODUCT | | | | | |
| OECD Total | Total Capacity (MW) | 444,153.00 | 446,394.00 | 456,549.00 | 465,299.00 | 475,113.00 |
| | Hydro | 409,371.00 | 409,903.00 | 413,520.00 | 416,887.00 | 419,166.00 |
| | Geothermal | 5,098.00 | 5,255.00 | 5,432.00 | 5,448.00 | 5,443.00 |
| | Solar Photovoltaics | .. | .. | 560.00 | 764.00 | 1,034.00 |
| | Solar Thermal | 350.00 | 375.00 | 425.00 | 397.00 | 397.00 |
| | Tide/Wave | 260.00 | 260.00 | 260.00 | 260.00 | 260.00 |
| | Wind | 6,230.00 | 8,006.00 | 11,405.00 | 15,471.00 | 21,630.00 |
| | Municipal Waste | .. | .. | 5,790.00 | 6,505.00 | 6,696.00 |
| | Solid Biomass | .. | .. | 13,641.00 | 13,066.00 | 13,874.00 |
| | Gas from Biomass | .. | .. | 1,616.00 | 2,547.00 | 2,770.00 |
| OECD Europe | Total Capacity (MW) | 186,164.00 | 188,628.00 | 194,980.00 | 202,439.00 | 208,862.00 |
| | Hydro | 173,446.00 | 173,522.00 | 175,697.00 | 178,630.00 | 179,969.00 |
| | Geothermal | 637.00 | 717.00 | 785.00 | 794.00 | 807.00 |
| | Solar Photovoltaics | 99.00 | 120.00 | 147.00 | 205.00 | 307.00 |
| | Solar Thermal | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Tide/Wave | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 240.00 |
| | Wind | 4,614.00 | 6,223.00 | 8,943.00 | 12,853.00 | 17,193.00 |
| | Municipal Waste | 1,985.00 | 2,156.00 | 2,361.00 | 2,556.00 | 2,566.00 |
| | Solid Biomass | 3,635.00 | 3,894.00 | 4,490.00 | 4,622.00 | 5,191.00 |
| | Gas from Biomass | 622.00 | 712.00 | 965.00 | 1,178.00 | 1,396.00 |
| IEA Total | Total Capacity (MW) | 427,918.00 | 430,033.00 | 440,064.00 | 448,639.00 | 457,874.00 |
| | Hydro | 393,968.00 | 394,653.00 | 398,273.00 | 401,586.00 | 403,325.00 |
| | Geothermal | 4,268.00 | 4,365.00 | 4,510.00 | 4,421.00 | 4,403.00 |
| | Solar Photovoltaics | .. | .. | 547.00 | 751.00 | 1,020.00 |
| | Solar Thermal | 350.00 | 375.00 | 425.00 | 397.00 | 397.00 |
| | Tide/Wave | 260.00 | 260.00 | 260.00 | 260.00 | 260.00 |
| | Wind | 6,228.00 | 8,001.00 | 11,399.00 | 15,464.00 | 21,608.00 |
| | Municipal Waste | .. | .. | 5,790.00 | 6,505.00 | 6,696.00 |
| | Solid Biomass | .. | .. | 13,361.00 | 12,774.00 | 13,582.00 |
| | Gas from Biomass | .. | .. | 1,601.00 | 2,530.00 | 2,749.00 |
| IEA Europe | Total Capacity (MW) | 180,715.00 | 182,934.00 | 189,182.00 | 196,584.00 | 202,414.00 |
| | Hydro | 168,077.00 | 167,975.00 | 170,083.00 | 172,963.00 | 173,764.00 |
| | Geothermal | 557.00 | 577.00 | 613.00 | 622.00 | 605.00 |
| | Solar Photovoltaics | 99.00 | 120.00 | 147.00 | 205.00 | 307.00 |
| | Solar Thermal | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Tide/Wave | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 240.00 |
| | Wind | 4,614.00 | 6,221.00 | 8,940.00 | 12,849.00 | 17,174.00 |
| | Municipal Waste | 1,985.00 | 2,156.00 | 2,361.00 | 2,556.00 | 2,566.00 |
| | Solid Biomass | 3,635.00 | 3,894.00 | 4,490.00 | 4,622.00 | 5,191.00 |
| | Gas from Biomass | 622.00 | 707.00 | 958.00 | 1,169.00 | 1,383.00 |
| European Union | Total Capacity (MW) | 128,202.00 | 130,445.00 | 135,663.00 | 141,302.00 | 146,580.00 |
| | Hydro | 115,979.00 | 115,962.00 | 117,162.00 | 118,288.00 | 118,543.00 |
| | Geothermal | 539.00 | 559.00 | 595.00 | 604.00 | 587.00 |
| | Solar Photovoltaics | 84.00 | 103.00 | 128.00 | 184.00 | 284.00 |

| | | | | | | |
|-------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Solar Thermal | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Tide/Wave | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 240.00 |
| | Wind | 4,608.00 | 6,205.00 | 8,909.00 | 12,813.00 | 17,136.00 |
| | Municipal Waste | 1,760.00 | 1,888.00 | 2,077.00 | 2,270.00 | 2,280.00 |
| | Solid Biomass | 3,635.00 | 3,894.00 | 4,387.00 | 4,514.00 | 5,083.00 |
| | Gas from Biomass | 613.00 | 697.00 | 945.00 | 1,156.00 | 1,370.00 |
| Italy | Total Capacity (MW) | 20,886.00 | 21,232.00 | 21,944.00 | 22,183.00 | 22,611.00 |
| | Hydro | 19,946.00 | 20,058.00 | 20,444.00 | 20,346.00 | 20,434.00 |
| | Geothermal | 529.00 | 547.00 | 585.00 | 590.00 | 573.00 |
| | Solar Photovoltaics | 17.00 | 18.00 | 18.00 | 19.00 | 20.00 |
| | Solar Thermal | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Tide/Wave | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Wind | 120.00 | 164.00 | 229.00 | 363.00 | 664.00 |
| | Municipal Waste | 89.00 | 167.00 | 168.00 | 219.00 | 222.00 |
| | Solid Biomass | 90.00 | 154.00 | 180.00 | 180.00 | 180.00 |
| | Gas from Biomass | 95.00 | 124.00 | 141.00 | 179.00 | 198.00 |

Allegato II(b)

Energy Supply, GDP, and Population

| YEAR | | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|-------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| COUNTRY | FLOW | | | | | | Estimate |
| OECD Total | TPES (Total Primary Energy Supply) (Mtoe) | 5,091.02 | 5,117.20 | 5,213.80 | 5,316.33 | 5,332.81 | 5,321.00 |
| | Renewables' Share in TPES (%) | 5.98 | 6.02 | 6.03 | 5.87 | 5.70 | 5.61 |
| | Gross Domestic Product (1995 bil. US\$) | 25,396.38 | 25,992.60 | 26,762.25 | 27,702.28 | 27,880.92 | 28,240.34 |
| | TPES/GDP | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 |
| | Population (millions) | 1,101.26 | 1,108.49 | 1,115.88 | 1,122.51 | 1,138.52 | 1,143.57 |
| | Total Electricity Output (TWh) | 8,851.04 | 9,070.13 | 9,285.77 | 9,597.30 | 9,490.49 | 9,657.71 |
| | Renewables' Share in Total Electricity Output (%) | 17.21 | 16.47 | 16.08 | 15.69 | 15.01 | 14.64 |
| OECD Europe | TPES (Total Primary Energy Supply) (Mtoe) | 1,734.60 | 1,755.13 | 1,752.49 | 1,767.74 | 1,801.51 | 1,789.06 |
| | Renewables' Share in TPES (%) | 6.29 | 6.43 | 6.52 | 6.68 | 6.68 | 6.54 |
| | Gross Domestic Product (1995 bil. US\$) | 9,925.67 | 10,213.94 | 10,480.48 | 10,846.97 | 10,987.81 | 11,092.84 |
| | TPES/GDP | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.16 |
| | Population (millions) | 514.74 | 516.61 | 518.64 | 521.90 | 524.54 | 525.41 |
| | Total Electricity Output (TWh) | 2,960.54 | 3,036.26 | 3,091.36 | 3,194.50 | 3,257.72 | 3,276.38 |
| | Renewables' Share in Total Electricity Output (%) | 18.13 | 18.46 | 18.42 | 19.02 | 18.89 | 17.73 |
| IEA Total | TPES (Total Primary Energy Supply) (Mtoe) | 4,825.69 | 4,851.76 | 4,949.89 | 5,054.95 | 5,067.89 | 5,059.38 |
| | Renewables' Share in TPES (%) | 5.87 | 5.91 | 5.90 | 5.73 | 5.55 | 5.48 |

| | | | | | | | |
|---------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Gross Domestic Product (1995 bil. US\$) | 24,902.18 | 25,473.97 | 26,224.72 | 27,134.25 | 27,311.31 | 27,662.40 |
| | TPES/GDP | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.18 |
| | Population (millions) | 963.02 | 968.48 | 973.97 | 980.80 | 995.10 | 998.42 |
| | Total Electricity Output (TWh) | 8,504.84 | 8,716.12 | 8,918.87 | 9,211.74 | 9,097.26 | 9,259.80 |
| | Renewables' Share in Total Electricity Output (%) | 17.40 | 16.64 | 16.15 | 15.76 | 15.10 | 14.76 |
| IEA Europe | TPES (Total Primary Energy Supply) (Mtoe) | 1,610.78 | 1,637.64 | 1,638.49 | 1,656.98 | 1,688.86 | 1,679.23 |
| | Renewables' Share in TPES (%) | 6.40 | 6.51 | 6.58 | 6.73 | 6.70 | 6.54 |
| | Gross Domestic Product (1995 bil. US\$) | 9,752.76 | 10,032.77 | 10,292.62 | 10,651.83 | 10,790.06 | 10,892.20 |
| | TPES/GDP | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.15 |
| | Population (millions) | 470.44 | 472.27 | 474.32 | 477.57 | 480.24 | 481.13 |
| | Total Electricity Output (TWh) | 2,789.49 | 2,864.04 | 2,916.74 | 3,013.31 | 3,074.11 | 3,093.62 |
| | Renewables' Share in Total Electricity Output (%) | 18.82 | 19.11 | 19.04 | 19.68 | 19.50 | 18.24 |
| Europ. Union | TPES (Total Primary Energy Supply) (Mtoe) | 1,420.91 | 1,446.82 | 1,450.49 | 1,461.91 | 1,495.04 | 1,483.44 |
| | Renewables' Share in TPES (%) | 5.37 | 5.46 | 5.49 | 5.68 | 5.77 | 5.55 |
| | Gross Domestic Product (1995 bil. US\$) | 8,979.36 | 9,239.92 | 9,498.42 | 9,824.70 | 9,968.73 | 10,058.40 |
| | TPES/GDP | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| | Population (millions) | 374.61 | 375.38 | 376.37 | 377.95 | 379.44 | 379.72 |
| | Total Electricity Output (TWh) | 2,414.22 | 2,473.38 | 2,507.49 | 2,574.73 | 2,648.91 | 2,656.68 |
| | Renewables' Share in Total Electricity Output (%) | 13.97 | 14.26 | 14.16 | 14.85 | 15.46 | 13.71 |
| Italy | TPES (Total Primary Energy Supply) (Mtoe) | 162.77 | 167.40 | 170.51 | 171.70 | 172.00 | 169.10 |
| | Renewables' Share in TPES (%) | 5.48 | 5.60 | 5.96 | 5.39 | 5.74 | 5.57 |
| | Gross Domestic Product (1995 bil. US\$) | 1,131.68 | 1,151.98 | 1,170.33 | 1,203.89 | 1,225.27 | 1,229.80 |
| | TPES/GDP | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.14 |
| | Population (millions) | 57.51 | 57.59 | 57.65 | 57.76 | 57.93 | 57.99 |
| | Total Electricity Output (TWh) | 246.56 | 253.65 | 259.26 | 269.95 | 271.89 | 276.05 |
| | Renewables' Share in Total Electricity Output (%) | 18.81 | 18.41 | 19.92 | 18.92 | 20.13 | 17.74 |

Fonte: IEA-OCSE

<http://library.iea.org/renew/eng/TableViewer/Wdsview/disviewp.asp?ReportId=3> (All.I a)

<http://library.iea.org/renew/eng/TableViewer/Wdsview/disviewp.asp?ReportId=1> (All.I b)

Allegato III (a)

BILANCIO ENERGETICO ITALIANO

Anno 2001

(cifre espresse in quantità)

| BILANCIO | FONTI PRIMARIE | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|---------|------------------------|-----------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------|----------|--------------------------|
| | Carbon fossile Cokerie | Carbone da vapore | Carbone altri usi | Lignite | Sottopro- dotti (a) | Gas naturale | Petrolio greggio | Semi- lavorati | Energia idraulica (e) | Energia geotermica | Eolico + Fotovoltaico | Rifiuti | Biomasse | TOTALE FONTI PRIMARIE |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Unita' di misura | kt | kt | kt | kt | | Mmc | kt | kt | GWh | GWh | GWh | kt | kt | |
| 1. PRODUZIONI (b) | | 139 | | | 1.574 | 15.242 | 4.097 | 2.613 | 46.810 | 4.507 | 1.183 | 1.231 | 5.664 | 83.060 |
| 2. IMPORTAZIONI | 6.758 | 12.650 | 110 | 11 | | 54.775 | 82.829 | 8.412 | | | | | 1.985 | 167.530 |
| 3. Esportazioni | | | | | | 62 | | 604 | | | | | 5 | 671 |
| 4. VARIAZIONE SCORTE | 334 | -105 | 3 | | | -984 | -376 | 150 | | | | | | -978 |
| 5. CONSUMO INTERNO LORDO | 6.424 | 12.894 | 107 | 11 | 1.574 | 70.939 | 87.302 | 10.271 | 46.810 | 4.507 | 1.183 | 1.231 | 7.644 | 250.897 |
| 6.Trasformazioni (All.1) | 6.357 | 11.219 | | 3 | 1.574 | 21.869 | 97.573 | | 46.810 | 4.507 | 1.183 | 1.231 | 1.737 | 194.063 |
| 7. Consumi e Perdite (All.2) | 67 | 21 | | | | 544 | | | | | | | | 632 |
| 8.Consumi Finali (All.3) | | 1.654 | 107 | 8 | | 48.526 | | | | | | | 5.907 | 56.202 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| a) Agricoltura | | | | | | 149 | | | | | | | 559 | 708 |
| b) Industria | | 1.654 | 104 | 8 | | 20.333 | | | | | | | 897 | 22.996 |
| c) Servizi | | | | | | 449 | | | | | | | | 449 |
| d) Usi domestici e civili | | | 3 | | | 26.382 | | | | | | | 4.451 | 30.836 |
| Totale (a+b+c+d) | | 1.654 | 107 | 8 | | 47.313 | | | | | | | 5.907 | 54.989 |
| e) Usi non energetici | | | | | | 1.213 | | | | | | | | 1.213 |
| TOTALE CONSUMI | | | | | | | | | | | | | | |
| ENERGETICI (7+8) | 67 | 1.675 | 107 | 8 | | 49.070 | | | | | | | 5.907 | 56.834 |
| 9.Consumi finali non energetici | | | | | | | | | | | | | | |
| 10. Bunkeraggi | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. TOTALE IMPIEGHI | 6.424 | 12.894 | 107 | 11 | 1.574 | 70.939 | 97.573 | | 46.810 | 4.507 | 1.183 | 1.231 | 7.644 | 250.897 |

(a) - Sono compresi i bassi prodotti, il calore di recupero, il gas da acciaierie ad ossigeno

e l'espansione di gas compresso all'equivalente termico di 2200 kcal/kWh, impiegati per la produzione di energia elettrica.

(b) - Per i prodotti petroliferi sono incluse le restituzioni da industria petrolchimica, alcune riclassificazioni di rese e la rigenerazione degli olii usati. Per il settore idroelettrico la produzione è al netto degli apporti da pompaggio.

Fonte: Ministero delle Attività Produttive, <http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/sistan/ben/2001/indice.htm>

Allegato III (b)

BILANCIO ENERGETICO ITALIANO

Segue: 2001

(cifre espresse in quantita')

| BILANCIO | FONTI SECONDARIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|----------|----------------------------|--------------------|---------|-------------|----------|---------|------------|-------------|------------------|---------------------------------|----------------------|
| | Energia elettrica (e) | Carbone di legna | Coke da cokeria | Gas di cokeria | Gas di altofor. | Prodotti da carb. non ener. | Gas di officina | G. P. L. | Gas (f) residui di raffin. | Distillati leggeri | Benzine | Carbo-turbo | Petrolio | Gasolio | O.C. ATZ | O.C. B.T.Z. | Coke di petrolio | Prodotti petrolif. non ener.(d) | TOTALE FONTI SECOND. |
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 20 | 21 | 19 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| Unita' di misura | GWh | kt | kt | Mmc | Mmc | kt | Mmc | kt | kt | kt | | kt | kt | kt | kt | | kt | kt | |
| 1. PRODUZIONI c) | 271.879 | 82 | 4.829 | 739 | 8.597 | 217 | | 2.745 | 2.703 | 2.729 | 20.845 | 3.747 | 250 | 37.765 | (g) 10.740 | 7.677 | 1.713 | 5.993 | 96.907 |
| 2. IMPORTAZIONI | 48.927 | 41 | 597 | | | | | 1.843 | | 2.115 | 615 | 52 | 286 | 748 | (h) 4.173 | 5.076 | 1.875 | 450 | 17.233 |
| 3. Esportazioni | 549 | | 81 | | | 5 | | 525 | | 1.069 | 4.379 | 502 | 136 | 9.981 | 3.411 | 105 | 54 | 2.082 | 22.244 |
| 4. VARIAZIONE SCORTE | | | 81 | | | | | 72 | | 59 | 22 | -127 | -99 | -518 | 253 | -853 | -43 | 4 | -1.230 |
| 5. CONSUMO INTERNO LORDO | 320.257 | 123 | 5.264 | 739 | 8.597 | 212 | | 3.991 | 2.703 | 3.716 | 17.059 | 3.424 | 499 | 29.050 | 11.249 | 13.501 | 3.577 | 4.357 | 93.126 |
| 6. Trasformazioni (All.1) | | | 1.105 | 659 | (c) 7.878 | | | | 344 | 19 | | | | 446 | 8.159 | 8.411 | 281 | | |
| 7. Consumi e Perdite (All.2) | 42.607 | | 53 | 58 | 318 | | | 49 | 1.891 | 280 | 14 | 5 | 55 | 235 | 879 | 1.167 | 925 | 13 | |
| 8. Consumi Finali (All.3) | 277.650 | 123 | 4.106 | 22 | 401 | 212 | | 3.942 | 468 | 3.417 | 17.045 | 3.419 | 444 | 27.647 | 524 | 3.490 | 2.371 | 145 | |
| a) Agricoltura | 5.163 | | | | | | | 67 | | | 42 | | | 2.477 | | | | | |
| b) Industria | 137.529 | 30 | 4.002 | 22 | 401 | | | 461 | 44 | | 372 | 18 | 10 | 435 | 524 | 3.040 | 2.371 | 145 | |
| c) Servizi | 36.035 | | | | | | | 1.392 | | | 16.490 | 3.401 | | 18.921 | | | | | |
| d) Usi domestici e civili | 98.923 | 93 | 104 | | | | | 1.960 | | | | | 52 | 4.341 | | 350 | | | |
| Totale (a+b+c+d) | 277.650 | 123 | 4.106 | 22 | 401 | | | 3.880 | 44 | | 16.904 | 3.419 | 62 | 26.174 | 524 | 3.390 | 2.371 | 145 | |
| e) Usi non energetici | | | | | | 212 | | 62 | 424 | 3.417 | 141 | | 382 | 1.473 | | 100 | | 4.141 | |
| TOTALE CONSUMI ENERGETICI (7+8) | 320.257 | 123 | 4.159 | 80 | 719 | 212 | | 3.991 | 2.359 | 3.697 | 17.059 | 3.424 | 499 | 27.882 | 1.403 | 4.657 | 3.296 | 158 | |
| 9. Consumi finali non energetici | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4.141 | |
| 10. Bunkeraggi | | | | | | | | | | | | | | 722 | 1.687 | 433 | | 58 | |
| 12. TOTALE IMPIEGHI | 320.257 | 123 | 5.264 | 739 | 8.597 | 212 | | 3.991 | 2.703 | 3.716 | 17.059 | 3.424 | 499 | 29.050 | 11.249 | 13.501 | 3.577 | 4.357 | |

(c) - Il volume effettivo di gas d'altoforno andato in trasformazione è di 8780 Mmc a p.c.i. di 809 kcal/mc.

(d) - Vedi allegato 4

(e) Al netto degli apporti da pompaggio

(f) Sono compresi i gas residui di processi chimici

(g) comprende la produzione di semilavorati pesanti destinati alla produzione di TAR

(h) comprende l'importazione di Orimulsion, pari a 2.315.000 tonnellare, valutata al P.C.I. dell'O.C.

NOTA 2: I consumi propri del settore elettrico sono compresi nella voce "Consumi e perdite di trasporto e distribuzione" (V. all.to 2 punto 3).

Allegato IV

BILANCIO DI SINTESI DELL'ENERGIA IN ITALIA
(milioni di tonnellate equivalenti di petrolio)

| Disponibilità e Impieghi | ANNO 2001 | | | | | | ANNO 2000 | | | | | | Variazione percentuale | | | | | |
|---|-----------|--------------|----------|-----------------|-------------------|---------|-----------|--------------|----------|-------------|-------------------|---------|------------------------|--------------|----------|-------------|-------------------|--------|
| | Solidi | Gas naturale | Petrolio | Rinnovabili (a) | Energia elettrica | Totale | Solidi | Gas naturale | Petrolio | Rinnovabili | Energia elettrica | Totale | Solidi | Gas naturale | Petrolio | Rinnovabili | Energia elettrica | Totale |
| 1. Produzione | 0,482 | 12,575 | 4,097 | 13,274 | | 30,428 | 0,341 | 13,722 | 4,585 | 12,389 | 0 | 31,037 | 41,3% | -8,4% | -10,6% | 7,1% | | -2,0% |
| 2. Importazione | 13,536 | 45,189 | 108,125 | 0,527 | 10,764 | 178,141 | 13,203 | 47,394 | 109,886 | 0,517 | 9,863 | 180,863 | 2,5% | -4,7% | -1,6% | 1,9% | 9,1% | -1,5% |
| 3. Esportazione | 0,060 | 0,051 | 22,517 | 0,001 | 0,121 | 22,750 | 0,090 | 0,041 | 21,360 | 0,002 | 0,106 | 21,599 | -33,3% | 24,4% | 5,4% | -50,0% | 14,2% | 5,3% |
| 4. Variaz. scorte | 0,239 | -0,812 | -1,446 | 0,000 | | -2,019 | 0,572 | 2,710 | 1,815 | 0,000 | 0,000 | 5,097 | | | | | | |
| 5. Consumo interno lordo (1+2-3-4) | 13,719 | 58,525 | 91,151 | 13,800 | 10,643 | 187,838 | 12,882 | 58,365 | 91,296 | 12,904 | 9,757 | 185,204 | 6,5% | 0,3% | -0,2% | 6,9% | 9,1% | 1,4% |
| 6. Consumi e perdite del settore energ. | -1,002 | -0,449 | -6,430 | -0,070 | -42,828 | -50,779 | -1,423 | -0,663 | -5,808 | -0,066 | -43,088 | -51,048 | -29,6% | -32,3% | 10,7% | 6,1% | -0,6% | |
| 7. Trasformazioni in energia elettr. | -8,508 | -18,042 | -17,360 | -12,153 | 56,063 | 0,000 | -7,232 | -18,826 | -19,426 | -11,316 | 56,800 | 0,000 | 17,6% | -4,2% | -10,6% | 7,4% | -1,3% | |
| 8. Totale impieghi finali (5+6+7) | 4,209 | 40,034 | 67,361 | 1,577 | 23,878 | 137,059 | 4,227 | 38,876 | 66,061 | 1,522 | 23,469 | 134,155 | -0,4% | 3,0% | 2,0% | 3,6% | 1,7% | 2,2% |
| - industria | 3,976 | 16,775 | 6,974 | 0,247 | 11,828 | 39,800 | 3,999 | 16,747 | 6,783 | 0,228 | 11,726 | 39,483 | -0,6% | 0,2% | 2,8% | 8,3% | 0,9% | 0,8% |
| - trasporti | - | 0,370 | 41,330 | | 0,737 | 42,437 | - | 0,329 | 40,446 | 0,000 | 0,732 | 41,507 | | 12,5% | 2,2% | | 0,7% | 2,2% |
| - Civile | 0,075 | 21,765 | 7,333 | 1,189 | 10,870 | 41,232 | 0,065 | 20,698 | 7,188 | 1,160 | 10,589 | 39,700 | 15,4% | 5,2% | 2,0% | 2,5% | 2,7% | 3,9% |
| - Agricoltura | | 0,123 | 2,644 | 0,140 | 0,444 | 3,351 | | 0,118 | 2,552 | 0,134 | 0,422 | 3,226 | | 4,2% | 3,6% | | 5,2% | 3,9% |
| - usi non energetici | 0,157 | 1,001 | 6,230 | 0,000 | - | 7,388 | 0,163 | 0,984 | 6,353 | 0,000 | - | 7,500 | -3,7% | 1,7% | -1,9% | | | -1,5% |
| - bunkeraggi | - | - | 2,850 | | - | 2,850 | - | - | 2,739 | 0,000 | - | 2,739 | | | 4,1% | | | 4,1% |

(a) Al netto degli apporti da pompaggio.

Fonte: Ministero delle Attività Produttive, <http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/sistan/ben/2001/indice.htm>