

ENERGIA, AMBIENTE E INNOVAZIONE

ANNO 51 MARZO-APRILE 2005

Il contenuto degli articoli pubblicati è di esclusiva responsabilità degli autori.
La riproduzione di articoli o parte di essi deve essere autorizzata dall'ENEA.

Finito di stampare nel mese di aprile 2005

Direttore responsabile Sergio Ferrari

Comitato di redazione Maria Antonietta Biancifiori, Fausto Borrelli,
Vincenzo Di Majo, Marco Martini, Antonio Nobili, Vito Pignatelli,
Emilio Santoro, Franco Vivoli

Redattore capo Alida La Croce

Redazione Giuliano Ghisu

Collaboratori Daniela Bertuzzi, Gabriella Martini, Paolo Monaci, Elisabetta Pasta

Responsabile editoriale Diana Savelli

Redazione ENEA

Lungotevere Thaon di Revel 76, 00196 Roma, Tel. 06-36272401, Fax 06-36272720
E-mail/lacroced@sede.enea.it, Sito web/www.enea.it

Progetto grafico Bruno Giovannetti

Ada Cerrato, Nicoletta Troncon

In copertina Leonardo da Vinci, Tavola XXXII del "De divina proportione" di L. Pacioli

Stampa Tipografia Primaprint, Via dell'Industria n. 71, 01100 Viterbo

Registrazione Tribunale Civile di Roma

Numero 6047 del 2 dicembre 1957 del Registro Stampa. Modifiche in corso

Pubblicità Primaprint di S. Badini e M. Greto s.n.c.

Abbonamento annuale Italia € 21,00, Estero € 21,00; una copia € 4,20

C.C.P. n. 59829580 intestato a Primaprint di S. Badini e M. Greto s.n.c.

Via dell'Industria, 71 - 01100 Viterbo - Tel. 0761-353676 - Fax 0761-270097

e-mail: info@primaprint.it

www.enea.it

The ENEA logo consists of the word "ENEA" in a bold, sans-serif font. The letters are white with a black outline. The logo is positioned on the left side of the page, below the main title area.

2

**IL PIANO DI AZIONE SULLA COMPETITIVITÀ
AN ACTION PLAN FOR COMPETITIVENESS**

Consiglio dei Ministri

Conferire nuovo slancio e maggiore competitività al Paese. E' l'obiettivo del provvedimento governativo che fa riferimento agli indirizzi del Piano d'Azione Europeo per una crescita coerente dell'Unione

Italy's Council of Ministers has approved an action plan for the nation's economic, social and territorial development. The plan is set out in two separate measures, a law-decree and a bill, that contain provisions of various kinds aimed at giving the country new impetus and raising its competitiveness. The two measures reflect those suggested in the European action plan, which aim to give the Member States homogeneous approaches to assure growth consistent with the EU context

10

**WORLD ENERGY OUTLOOK 2004
WORLD ENERGY OUTLOOK 2004**

International Energy Agency

Lo studio dell'IEA treccia un quadro severo dell'evoluzione del sistema energetico mondiale da oggi al 2030. Ma sono possibili nuove politiche energetiche in grado di condurre ad uno scenario alternativo più sostenibile, efficiente e rispettoso dell'ambiente. Pubblichiamo un'ampia sintesi del rapporto

The IEA report paints a bleak picture of the likely evolution of the world energy system from today to 2030, though new energy policies might lead to a more sustainable, efficient and environment-friendly scenario. We publish an extensive summary of the report.

18

**LA CERTIFICAZIONE DEI CENTRI DI RICERCA:
IL PROGETTO SIAMESI PER TRISAIA
CERTIFICATION OF RESEARCH CENTRES:
THE SIAMESI PROJECT AT TRISAIA**

Maria Litido, Rosamaria Adamoli, Michele Galatola

Il progetto SIAMESI è l' esempio di una sperimentazione riuscita e della decisione strategica di investire risorse, attenzione e sforzi in una razionalizzazione dei propri processi e nel miglioramento delle performances nei confronti delle Parti interessate (stakeholder), secondo un trend ormai abbastanza consolidato e diffuso per un numero sempre crescente di Istituzioni del settore della ricerca scientifica

The SIAMESI project described in this article, which was developed for ENEA's Trisaia Research Centre, is the successful result of a strategic decision to invest resources, care and effort in rationalizing the organization's processes and improving its performance for the benefit of stakeholders, in accordance with a trend that is gaining strength and spreading day by day to a growing number of scientific research institutions. After outlining the birth, diffusion and features of management systems, the article describes the reasons for implementing the SIAMESI system, the work done, the results achieved and the advantages obtained.

30

**L'ENEA AL SERVIZIO DELLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE PER LO SVILUPPO
SOSTENIBILE
ENEA AT THE SERVICE OF THE PUBLIC ADMINISTRATION TO ENCOURAGE SUSTAINABLE
DEVELOPMENT**

Emilio Manilia, Giuseppe Ferrari

L'Ente svolge da tempo un'attività di supporto alla Pubblica Amministrazione mediante l'erogazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica. L'esperienza maturata indica l'importanza di creare a livello territoriale una cultura energetica e ambientale che si traduca in strutture organizzate con le necessarie competenze tecniche, amministrative e gestionali

For many years ENEA has provided support to the public administration by delivering advanced services in the fields of energy, environment and new technology. The experience gained makes clear how important it is to create at the local level an energy- and environment-wise culture that translates into structures organized with the necessary technical, administrative and managerial know-how

48 PIANI ENERGETICI REGIONALI. INDIRIZZI E CONTENUTI

REGIONAL ENERGY PLANS. DIRECTIONS AND CONTENTS

Emidio D'Angelo, Antonio Colangelo

L'analisi degli obiettivi e programmi che emergono dai Piani Energetico-Ambientali Regionali mostra che l'irreversibile processo di decentramento è a buon punto e che si è tenuto conto degli impegni di carattere nazionale assunti con i Protocolli di Kyoto e di Torino

An analysis of the goals and programs incorporated in Regional Energy/Environment Plans shows that the irreversible process of decentralization is moving along and that the Regions take account of Italy's commitments under the Kyoto and Turin Protocols

SCIENZA, TECNICA, STORIA & SOCIETÀ

74 IL TUFFATORE E LA BALLERINA: BREVE STORIA DEL MOMENTO ANGOLARE

THE DIVER AND THE DANCER: A BRIEF HISTORY OF ANGULAR MOMENTUM

Fabrizio Cleri

Una sintesi storico-scientifica dello sviluppo della moderna teoria del momento angolare e delle sue implicazioni per lo sviluppo della meccanica quantistica. La formalizzazione di questa teoria è stata opera di due grandi scienziati, Giulio Racah e Eugene Wigner

An historic-scientific account of the development of the modern theory of angular momentum, and of its implications for the development of quantum mechanics. The formalization of this theory was carried out by two great scientists, Giulio Racah and Eugene Wigner

NOTE TECNICHE

88 SULL'ESISTENZA DI UNA RELAZIONE DIRETTA FRA LA COSTANTE DI STRUTTURA FINE E LE DUE COSTANTI DI FEIGENBAUM

ON THE EXISTENCE OF A DIRECT RELATIONSHIP BETWEEN THE FINE STRUCTURE CONSTANT AND THE TWO FEIGENBAUM CONSTANTS

Emilio Santoro

90 NEL C.R. ENEA DI PORTICI IN FUNZIONE IL PRIMO SISTEMA FOTOVOLTAICO A MEDIA CONCENTRAZIONE

INSTALLED IN PORTICI RESEARCH CENTRE THE FIRST CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN ITALY

Angelo Sarno

CRONACHE

91 NOTIZIE DAL MONDO, DALL'UNIONE EUROPEA, DALL'ITALIA, DALL'ENEA. INCONTRI E LETTURE

NEWS FROM THE WORLD, THE EUROPEAN UNION, ITALY AND ENEA. INFORMATION ABOUT MEETINGS AND RECENTLY PUBLISHED WORKS

- dal Mondo
 - Nuovo rapporto IPCC **91**
 - Germania: incentivi alle rinnovabili **91**
 - Il programma energetico USA **91**
- dall'Unione Europea
 - Il progetto comunitario Heliosat 3 **92**
 - Completato il più grande magnete del mondo **92**
 - Sistemi di raffreddamento per componenti spaziali **92**
- dall'Italia
 - L'AIRI per le nanotecnologie **93**
 - Progetto SPINTA: la ricerca si fa impresa **93**
 - La scienza intorno al faro **93**
- dall'ENEA
 - Primo inverno in Antartide **94**
 - Valutazione dell'ambiente urbano **94**
 - Idrogeno Expo 2005 **94**
- Incontri
 - Tecnologie per la cultura **95**
 - Ambiente e progettazione **95**
 - Salvaguardia e recupero del territorio **95**
- Letture
 - Dalla caverna alla casa ecologica **96**
 - Scenari energetici italiani **96**
 - ArtEnergy **96**

il Piano di azione sulla competitività

Consiglio dei Ministri

Conferire nuovo slancio e maggiore competitività al Paese. È l'obiettivo del provvedimento governativo che fa riferimento agli indirizzi del Piano di azione europeo per una crescita coerente dell'Unione

primo piano

An **action plan** for **competitiveness**

Italy's Council of Ministers has approved an action plan for the nation's economic, social and territorial development. The plan is set out in two separate measures, a law-decree and a bill, that contain provisions of various kinds aimed at giving the country new impetus and raising its competitiveness. The two measures reflect those suggested in the European action plan, which aim to give the Member States homogeneous approaches to assure growth consistent with the EU context

Il Consiglio dei Ministri, nella riunione dell'11 marzo scorso, ha approvato il Piano d'azione per lo sviluppo economico, sociale e territoriale. Si tratta di due distinti provvedimenti, un decreto-legge ed un disegno di legge, contenenti disposizioni di varia natura per conferire nuovo slancio e maggiore competitività al Paese. I due provvedimenti si collocano nell'ambito delle determinazioni, contenute nel Piano di azione europeo, tese a fornire agli Stati membri indirizzi omogenei per assicurare la crescita interna in coerenza con il contesto dell'Unione.

Mentre il disegno di legge segue il suo iter parlamentare, pubblichiamo, con riferimento ai temi di nostro interesse, ampi stralci del decreto-legge 14 marzo 2005 n. 35 inserito nella Gazzetta Ufficiale n. 62 del 16 marzo 2005.

SVILUPPO DEL MERCATO INTERNO E APERTURA DEI MERCATI

Sostegno all'internazionalizzazione del sistema produttivo

Il limite massimo di intervento della Simest SpA, come previsto dalla legge n. 100/1990, è elevato al 49 per cento per gli investimenti all'estero che riguardano attività aggiuntive delle imprese, derivanti da acquisizioni di imprese, "joint-venture" o altro e che garantiscano il mantenimento delle capacità produttive interne. Resta ferma la facoltà del CIPE di variare, con proprio provvedimento, la percentuale della predetta partecipazione.

I benefici e le agevolazioni previsti dalle leggi 100/1990, 143/1998, e 273/2002, non si applicano ai progetti delle imprese che, investendo all'estero, non prevedano il mantenimento sul territorio nazionale delle attività di ricerca, sviluppo, direzione commerciale, nonché di una parte sostanziale dell'attività produttive.

Le imprese italiane che hanno trasferito la propria attività all'estero in data antecedente alla data di entrata in vigore del presente decreto e che intendono reinvestire sul territorio nazionale, possono accedere alle agevolazioni e agli incentivi concessi alle imprese estere sulla base delle previsioni in materia di contratti di localizzazione, di cui alle delibere CIPE n. 130/02 e n. 16/03.

Allo scopo di favorire l'attività di ricerca e innovazione delle imprese italiane ed al fine di migliorarne l'efficienza nei processi di internazionalizzazione, le partecipazioni acquisite dalla Simest SpA ai sensi della legge n. 100/1990, possono superare la quota del 25 per cento del capitale o fondo sociale della società nel caso in cui le imprese italiane intendano effettuare investimenti in ricerca e innovazione nel periodo di durata del contratto.

***mantenimento
sul territorio
nazionale
delle attività
di ricerca
e sviluppo***

POTENZIAMENTO DELLA RETE INFRASTRUTTURALE

Interventi per lo sviluppo infrastrutturale

Il CIPE destina una quota del Fondo per le aree sottoutilizzate legge n. 289/2002, al finanziamento di interventi che, in coerenza con le priorità strategiche e i criteri di selezione previsti dalla programmazione comunitaria per le aree urbane, consentano di riqualificare e migliorare la dotazione di infrastrutture materiali e immateriali delle città e delle aree metropolitane in grado di accrescerne le potenzialità competitive.

L'individuazione degli interventi strategici, da inserire in apposito programma regionale, è effettuata, valorizzando la capacità propositiva dei Comuni, sulla base dei criteri e delle intese raggiunte dai ministeri dell'Economia e delle finanze e delle Infrastrutture e dei trasporti, da tutte le Regioni interessate, da rappresentanti dei Comuni e dal partenariato istituzionale ed economico-sociale a livello nazionale, come previsto dalla delibera CIPE n.20/04.

Per la realizzazione di infrastrutture con modalità di *project financing* possono essere destinate anche le risorse costituenti investimenti immobiliari degli enti previdenziali pubblici.

AUMENTO E RAZIONALIZZAZIONE DEGLI INVESTIMENTI IN RICERCA E SVILUPPO

Destinazione di quota parte del Fondo rotativo per investimenti in ricerca svolti congiuntamente da imprese e università o enti pubblici di ricerca e per altre finalità di pubblico interesse

Al fine di favorire la crescita del sistema produttivo nazionale e di rafforzare le azioni dirette a promuovere un'economia basata sulla conoscenza, una quota pari ad almeno il trenta per cento del Fondo rotativo per il sostegno alle imprese, legge n. 311/2004, è destinata al sostegno di attività, programmi e progetti strategici di ricerca e sviluppo delle imprese da realizzare anche congiuntamente a soggetti della ricerca pubblica, ivi compresi l'Istituto superiore di sanità, l'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro e gli Istituti di ricovero e cura a carattere scientifico (IRCCS) pubblici e privati, nonché gli IRCCS trasformati in fondazioni dal decreto legislativo n. 288/2003,

Gli obiettivi specifici di tale quota sono parte della proposta di Programma nazionale della ricerca e dei suoi aggiornamenti che il CIPE approva annualmente su proposta dei ministri dell'Istruzione, dell'università e della ricerca e delle Attività produttive, nei limiti delle finalità del decreto legislativo n. 204/1998.

Ai fini dell'individuazione degli interventi ammessi al finanziamento sono considerati prioritariamente i seguenti progetti di investimento:

- a) interventi finalizzati ad innovazioni, attraverso le tecnologie digitali, di prodotti, servizi e processi aziendali, su proposta dei ministri dell'Innovazione e le tecnologie e delle Attività produttive;
- b) programmi di innovazione ecocompatibile finalizzati al risparmio energetico secondo le specifiche previste dalla disciplina comunitaria degli aiuti di Stato per la tutela ambientale (Comunicazione CE 2001/c 37/03) su proposta dei ministri dell'Ambiente e della tutela del territorio e delle Attività produttive;
- c) realizzazione dei corridoi multimodali transeuropei nn. 5, 8 e 10 e connesse bretelle di collegamento, nonché delle reti infrastrutturali marittime, logistiche ed energetiche comunque ad essi collegate.

Le risorse finanziarie sono destinate prioritariamente ai seguenti obiettivi:

- a) favorire la realizzazione di programmi strategici di ricerca, che coinvolgano prioritariamente imprese, università ed enti pubblici di ricerca, a sostegno sia della produttività dei settori industriali a maggiore capacità di esportazione o ad alto contenuto tecnologico, sia della attrazione di investimenti dall'estero e che comprendano attività di formazione per almeno il dieci per cento delle risorse;
- b) favorire la realizzazione o il potenziamento di distretti tecnologici, da sostenere congiuntamente con le regioni e gli altri enti nazionali e territoriali;
- c) stimolare gli investimenti in ricerca delle imprese, con particolare riferimento alle imprese di piccola e media dimensione, per il sostegno di progetti di ricerca industriale e sviluppo precompetitivo proposti dalle imprese stesse.

Il CIPE, su proposta dei ministri dell'Istruzione, dell'università e della ricerca e delle Attività produttive, può riservare una quota delle risorse del fondo della legge n. 289/2002 al finanziamento per l'avvio di nuove iniziative imprenditoriali ad elevato contenuto tecnologico nell'ambito dei distretti tecnologici. Nella medesima delibera il CIPE definisce le caratteristiche delle iniziative beneficiarie dell'intervento e i requisiti soggettivi dei soci dell'impresa proponenti, anche al fine di promuovere interscambi tra mondo della ricerca e impre-

*promuovere
una economia
basata sulla
conoscenza*

se, nonché le modalità di accesso preferenziale ai benefici del decreto legislativo n. 297/1999. Al fine di garantire la massima efficacia a questi interventi, le convenzioni stipulate dal Ministero dell'Istruzione, dell'università e della ricerca con gli istituti bancari per la gestione degli interventi (decreto legislativo n. 297/1999) possono essere prorogate, dalla data di scadenza delle convenzioni stesse, per un periodo di tempo non superiore all'originaria durata contrattuale, a condizione che sia convenuta una riduzione del corrispettivo pari ad almeno il venti per cento. Il fondo della legge n. 350/2003, finalizzato alla costituzione di garanzie sul rimborso dei prestiti fiduciari, nonché alla corresponsione agli studenti meritevoli e privi di mezzi di contributi in conto interessi sui prestiti stessi, è ripartito tra le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano con decreto del Ministro dell'Istruzione, dell'università e della ricerca sulla base dei criteri ed indirizzi definiti d'intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato e le Regioni e Province autonome di Trento e di Bolzano.

Al fine di promuovere e coordinare gli interventi per rafforzare l'innovazione e la produttività dei distretti e dei settori produttivi, il CIPE, senza nuovi e maggiori oneri per il bilancio dello Stato, si costituisce in Comitato per lo sviluppo che si avvale delle strutture del CIPE medesimo. Il Presidente del Consiglio dei Ministri stabilisce, con proprio decreto, le modalità semplificate di funzionamento del Comitato, anche in deroga al vigente regolamento interno del CIPE (delibera n. 63/1998).

Il predetto Comitato, sulla base di una diagnosi delle tendenze e delle prospettive dei diversi settori produttivi anche a livello territoriale, individua, previa consultazione delle parti sociali, su proposta dei ministri delle Attività produttive, delle Politiche agricole e forestali, dell'Istruzione, dell'università e della ricerca, per l'Innovazione e le tecnologie, dell'Economia e delle finanze, dell'Ambiente e della tutela del territorio e delle Comunicazioni, le priorità e la tempistica degli interventi settoriali, indirizza e coordina tali interventi, sia attraverso gli incentivi esistenti, il loro eventuale riordino e la proposta di eventuali nuovi incentivi, sia attraverso interventi in infrastrutture materiali e immateriali, o altre forme, anche facendo ricorso alle modalità previste dalla legge n. 662/1996.

Il Comitato, inoltre, al fine di promuovere il trasferimento tecnologico e di rafforzare l'innovazione e la produttività delle imprese che si associano con università, centri di ricerca, e istituti di istruzione e formazione promuove, d'intesa con le Regioni interessate, la predisposizione e l'attuazione di progetti di sviluppo innovativo dei distretti produttivi e tecnologici, facendo ricorso alle modalità previste dalla legge n. 662/1996.

Al fine di dare attuazione a tutto questo, il Comitato orienta e coordina strumenti e risorse finanziarie iscritte in bilancio a legislazione vigente e per i quali sussiste apposito stanziamento di bilancio e fa ricorso alle risorse del Fondo aree sottoutilizzate (legge n. 289/2002) e del Fondo rotativo (legge n. 311/2004).

Al fine di coordinare e sviluppare le iniziative per accrescere l'attrazione di investimenti e persone di alta qualifica nel Paese, con particolare attenzione alle aree sottoutilizzate, il CIPE si costituisce in Comitato per l'attrazione delle risorse in Italia senza oneri aggiuntivi per la finanza pubblica, avvalendosi delle proprie strutture. Il Presidente del Consiglio dei Ministri stabilisce con proprio decreto le modalità semplificate di funzionamento del Comitato, anche in deroga al vigente regolamento interno del CIPE, approvato con delibera n. 63/1998.

Per l'attrazione degli investimenti, il predetto Comitato definisce la strategia e fissa gli obiettivi generali che saranno attuati da Sviluppo Italia SpA che svolge le funzioni di agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa, facendo in particolare ricorso al contratto di localizzazione, di cui alle delibere CIPE n. 130/02 e n. 16/03.

Il CIPE stabilisce annualmente le risorse del Fondo aree sottoutilizzate destinate al finan-

*rafforzare
l'innovazione
e la produttività
dei distretti
e dei settori
produttivi*

ziamento del contratto di localizzazione e in generale dell'intervento di Sviluppo Italia per l'attrazione degli investimenti.

Rafforzamento della base produttiva

Dimensione europea per la piccola impresa e premio di concentrazione

Alle imprese rientranti nella definizione comunitaria di piccole e medie imprese (raccomandazione n. 2003/361/CE) che prendono parte a processi di concentrazione è attribuito, nel rispetto delle condizioni previste nel regolamento CE n. 70/2001, un contributo nella forma di credito di imposta pari al cinquanta per cento delle spese sostenute per studi e consulenze, inerenti all'operazione di concentrazione e comunque in caso di effettiva realizzazione dell'operazione, secondo le condizioni che seguono:

- a) il processo di concentrazione deve essere ultimato, avuto riguardo agli effetti civili, durante i successivi ventiquattro mesi dalla data di entrata in vigore del presente decreto;
- b) l'impresa risultante dal processo di concentrazione, comunque operata, deve rientrare nella definizione di piccola e media impresa;
- c) tutte le imprese che partecipano al processo di concentrazione devono aver esercitato l'attività nell'anno precedente alla data in cui è ultimato il processo di concentrazione o aggregazione ed essere residenti in Stati membri dell'Unione europea ovvero dello Spazio economico europeo.

*un contributo
al processo di
concentrazione
e di piccole e
medie imprese*

Sostegno e garanzia dell'attività produttiva

Il Fondo rotativo nazionale per gli interventi nel capitale di rischio (legge n. 350/2003) è incrementato per l'anno 2005 di un importo pari a 100 milioni di euro.

Sviluppo Italia SpA è autorizzata ad utilizzare le risorse di tale Fondo per sottoscrivere ed acquistare, esclusivamente a condizioni di mercato, quote di capitale di imprese produttive che presentino nuovi programmi di investimento finalizzati ad introdurre innovazioni di processi, di prodotti o di servizi con tecnologie digitali, ovvero quote di minoranza di fondi mobiliari chiusi che investono in tali imprese, secondo le modalità indicate dal CIPE, nel rispetto e nei limiti della legge n. 350/2003. È istituito il Fondo per il finanziamento degli interventi consentiti dagli Orientamenti UE sugli aiuti di Stato per il salvataggio e la ristrutturazione delle imprese in difficoltà con una dotazione finanziaria pari a 35 milioni di euro per l'anno 2005.

Le attività di coordinamento e monitoraggio degli interventi sono svolte da un apposito Comitato tecnico nominato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri. Le amministrazioni competenti si avvalgono di Sviluppo Italia SpA per la valutazione ed attuazione dei citati interventi senza oneri aggiuntivi per il bilancio dello Stato.

Al fine di consentire lo sviluppo e la ristrutturazione produttiva delle imprese interessate, l'applicazione di condizioni tariffarie favorevoli per le forniture di energia elettrica (decreto-legge n. 25/2003 convertito, con modificazioni, dalla legge n. 83/2003) viene prorogata a tutto l'anno 2010 alle condizioni tariffarie di cui al 31 dicembre 2004.

Le condizioni tariffarie, di cui al decreto del Ministro dell'Industria, del commercio e dell'artigianato pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 39/1996, sono estese con provvedimento dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas, alle forniture di energia elettrica destinata alle produzioni e lavorazioni dell'alluminio, piombo, argento e zinco e al ciclo cloro-soda, con riferimento ai prezzi praticati per forniture analoghe sui mercati europei nei limiti degli impianti esistenti alla data di entrata in vigore del presente decreto, situati nel territorio della Regione Sardegna e caratterizzati da

alimentazione in alta tensione. Le condizioni tariffarie di cui al presente comma vengono riconosciute a fronte della definizione di un protocollo d'intesa contenente impegni per il lungo periodo sottoscritto dalle parti con l'amministrazione della Regione Sardegna ed i Ministeri interessati.

Le predette condizioni tariffarie si applicano a decorrere dalla data di entrata in vigore del presente decreto e vengono aggiornate dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas che incrementa su base annuale i valori nominali delle tariffe del quattro per cento, ovvero, qualora quest'ultimo valore risulti più elevato, dell'incremento percentuale del prezzo medio dell'energia elettrica all'ingrosso registrato nelle principali borse dell'Europa centrale.

Allo scopo di ridurre i costi di fornitura dell'energia elettrica alle imprese e in generale ai clienti finali sfruttando risorse del bacino carbonifero del Sulcis, nel rispetto della normativa comunitaria, nazionale ed ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 24 gennaio 1994, la Regione Sardegna, dopo l'approvazione del piano energetico regionale, assegna una concessione integrata per la gestione della miniera di carbone del Sulcis e la produzione di energia elettrica. La Regione Sardegna assicura la disponibilità delle aree e delle infrastrutture necessarie e assegna la concessione mediante procedure di gara entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto. Gli elementi da prendere in considerazione per la valutazione delle offerte, ai fini dell'assegnazione della concessione sono:

- a) massimizzazione del rendimento energetico complessivo degli impianti;
- b) minimizzazione delle emissioni con utilizzo di tecnologia idonea al contenimento degli inquinanti delle polveri e gassosi, in forma di gassificazione, ciclo supercritico o altro equivalente;
- c) contenimento dei tempi di esecuzione dei lavori;
- d) presentazione di un piano industriale per lo sfruttamento della miniera e la realizzazione e l'esercizio della centrale di produzione di energia elettrica, che preveda ricadute atte a promuovere lo sviluppo economico dell'area del Sulcis Iglesiente, avvalendosi della disponibilità di energia elettrica a costo ridotto per le imprese localizzate nell'Isola;
- e) definizione e promozione di un programma di attività finalizzato alle tecnologie di impiego del carbone ad emissione zero ai sensi della legge n. 351/1985.

*massimizzazione
del rendimento
energetico,
minimizzazione
delle emissioni*

World Energy Outlook 2004

INTERNATIONAL ENERGY
AGENCY

spazio aperto

Lo studio dell'IEA traccia un quadro severo dell'evoluzione del sistema energetico mondiale da oggi al 2030. Ma sono possibili nuove politiche energetiche in grado di condurre ad uno scenario alternativo più sostenibile, efficiente e rispettoso dell'ambiente. Pubblichiamo un'ampia sintesi del rapporto

World Energy Outlook 2004

The IEA report paints a bleak picture of the likely evolution of the world energy system from today to 2030, though new energy policies might lead to a more sustainable, efficient and environment-friendly scenario. We publish an extensive summary of the report

Le risorse energetiche del pianeta sono più che sufficienti per soddisfare la domanda fino al 2030, e anche ben oltre tale data. Meno certe sono, invece, le previsioni concernenti i costi della loro estrazione e consegna agli utenti finali. Le risorse di combustibili fossili non sono, ovviamente, infinite, ma siamo lungi dall'esaurirle. Il mondo non è ancora a corto di petrolio. La maggior parte delle stime sono concordi nel valutare un livello di riserve accertate sufficientemente elevato da soddisfare la domanda cumulativa prevista per i prossimi 30 anni. Le riserve accertate di gas e di carbone sono ancora più abbondanti di quelle petrolifere; vi è, inoltre, un'alta probabilità di scoprire in futuro nuove riserve di tutti questi combustibili.

La sicurezza energetica

Le tendenze del mercato fanno sorgere, tuttavia, serie preoccupazioni per la sicurezza energetica. La vulnerabilità del mondo di fronte alle interruzioni dell'approvvigionamento di energia crescerà con l'espandersi degli scambi internazionali. Le emissioni di anidrite carbonica, dannose per il clima, continueranno ad aumentare, mettendo in pericolo la sostenibilità dell'attuale sistema energetico. Sarà necessario finanziare un numero elevato di nuove infrastrutture per l'approvvigionamento energetico. Molte delle popolazioni più povere del mondo saranno ancora prive di moderni servizi energetici. Tutte queste sfide esigono un'azione urgente e decisa da parte dei governi di tutti i paesi del mondo.

I recenti sviluppi geopolitici e l'aumento dei prezzi dell'energia hanno reso drammaticamente attuali i rischi di breve termine legati alla sicurezza energetica. I principali Paesi importatori di petrolio e di gas – che includono la maggior parte dei Paesi dell'OCSE, la Cina e l'India – diventeranno sempre più dipendenti dalle importazioni da regioni lontane e spesso politicamente instabili. La flessibilità della domanda e dell'offerta del petrolio diminuirà e, in assenza di sostituti rapidamente disponibili, l'utilizzo di questo combustibile si concentrerà sempre di più nel settore dei trasporti. L'aumento della domanda di petrolio dovrà essere soddisfatto da un numero esiguo di paesi con riserve abbondanti, principalmente i Paesi del Medio Oriente membri dell'OPEC e la Russia. La rapida crescita degli scambi rafforzerà la dipendenza reciproca fra Paesi esportatori e importatori, ma accentuerà anche i rischi di chiusura di pozzi ed oleodotti e di blocco delle navi cisterna provocati da atti di pirateria, attacchi terroristici o incidenti. Il forte aumento mondiale del consumo e del commercio di gas naturale alimenterà preoccupazioni simili.

Nel 2030 con le attuali politiche governative, le emissioni di anidrite carbonica legate all'energia, supereranno di più del 60% il loro livello attuale e il contenuto medio di carbonio dell'energia, diminuito in modo notevole negli ultimi trenta anni, rimarrà praticamente invariato. Ben oltre due terzi dell'aumento previsto delle emissioni avverrà nei paesi in via di sviluppo, che resteranno grandi utilizzatori di carbone, il combustibile a più alta intensità di carbonio. La maggior parte dell'aumento delle emissioni sarà riconducibile alle centrali elettriche e al trasporto su ruota.

La conversione delle risorse mondiali in approvvigionamenti disponibili richiederà ingenti investimenti. In alcuni casi, il finanziamento delle nuove infrastrutture sarà difficilmente reperibile. Il settore elettrico assorbirà la maggior parte di questo investimento. I Paesi in via di sviluppo, che vedranno il maggior aumento della produzione e della domanda d'energia, avranno bisogno di circa la metà dell'investimento energetico mondiale. Per questi Paesi sarà ancora più difficile reperire i fondi necessari, sia perché i loro fabbisogni sono maggiori in rapporto alla dimensione delle loro economie, sia perché i rischi di investimento sono più alti.

Ridurre la povertà energetica è una necessità urgente. Il numero totale di persone che non avrà accesso all'elettricità sarà solo leggermente ridotto, mentre aumenterà il numero di coloro che utilizzeranno combustibili tradizionali in modo non sostenibile ed inefficiente per cucinare e riscaldare.

*serie
preoccupazioni
per la sicurezza
energetica*

dare. È poco probabile che, nei Paesi in via di sviluppo, i redditi e il tenore di vita possano aumentare senza un'utilizzazione moderna delle forme di energia.

Un'azione più decisa da parte dei governi potrebbe orientare il mondo verso un percorso energetico molto diverso.

Ma per la realizzazione di un sistema energetico effettivamente sostenibile, occorreranno anche progressi tecnologici tali da modificare profondamente il modo di produrre e di usare l'energia. Le tecnologie di cattura e di stoccaggio del carbonio offrono l'allettante prospettiva di poter utilizzare i combustibili fossili senza rilascio di anidrite carbonica nell'atmosfera. Innovazioni radicali nel nucleare o nelle tecnologie rinnovabili potrebbero un giorno liberarci dalla dipendenza dai combustibili fossili. Questo avverrà difficilmente nei prossimi 25 anni. La velocità dello sviluppo e della diffusione di queste nuove tecnologie è essenziale per far sì che il sistema energetico diventi più sostenibile, nel lungo periodo, dal punto di vista economico, sociale ed ambientale. I consumatori, tuttavia, dovranno essere disponibili a pagare l'intero costo dell'energia – inclusi i costi ambientali – affinché queste tecnologie possano diventare competitive. I governi devono impegnarsi fin da oggi ad accelerare tale processo.

modificare il modo di produrre e di usare l'energia

I fabbisogni energetici

Secondo le previsioni, la domanda mondiale di energia primaria crescerà, tra il 2002 e il 2030, di circa il 60%. Il tasso annuale di crescita della domanda, previsto all'1,7%, è tuttavia inferiore alla media degli ultimi trenta anni, attestata al 2%. L'intensità energetica – la quantità di energia necessaria per produrre un dollaro di PIL – continuerà a diminuire grazie al miglioramento dell'efficienza energetica e alla minor incidenza dell'industria pesante sull'economia mondiale.

I combustibili fossili rimarranno preponderanti nel consumo mondiale di energia, coprendo circa l'85% dell'aumento della domanda primaria mondiale. Nel mix delle energie primarie, il petrolio continuerà ad essere il principale combustibile, anche se in termini percentuali la sua quota diminuirà lievemente. Tra i combustibili fossili, la domanda di gas naturale sarà quella che registrerà la crescita più rapida, soprattutto a causa della forte domanda del settore elettrico. Sebbene la sua quota diminuirà leggermente, il carbone rimarrà il principale combustibile per la produzione di energia elettrica. La quota di energia nucleare diminuirà nel periodo considerato.

I Paesi in via di sviluppo contribuiranno a due terzi dell'aumento della domanda mondiale di energia. Nel 2030, questi Paesi rappresenteranno quasi la metà della domanda totale, in linea con la loro più rapida crescita economica e demografica. Un numero maggiore di famiglie vivrà nelle città di medie e grandi dimensioni e sarà quindi in posizione migliore per accedere ai servizi energetici. La quota dei Paesi in via di sviluppo nella domanda globale aumenterà per ogni fonte di energia primaria, ad eccezione delle energie rinnovabili non idroelettriche. La percentuale che salirà più rapidamente sarà quella relativa alla produzione di energia nucleare, grazie alla forte crescita della Cina e di altre regioni dell'Asia. Anche la quota di consumo di carbone aumenterà sensibilmente, soprattutto a causa dell'espansione della domanda in Cina e in India.

La struttura dell' approvvigionamento petrolifero

La domanda mondiale di petrolio dovrebbe crescere dell'1,6% annuo, fino a raggiungere 121 milioni di barili al giorno nel 2030. La crescita più rapida si registrerà nei Paesi in via di sviluppo. La maggior parte dell'aumento del fabbisogno mondiale di petrolio verrà dal settore dei trasporti; il petrolio, in effetti, subirà poca concorrenza da parte degli altri combustibili per i trasporti stradali, marittimi e aerei. I Paesi dell'OPEC, principalmente quelli del Medio Oriente, soddisferanno la maggior parte dell'aumento della domanda mondiale. Entro il 2030 l'OPEC fornirà più della metà dei fabbisogni mondiali di petrolio, una quota ancora più grande di quella

degli anni settanta. Gli scambi internazionali di petrolio aumenteranno di più del doppio, fino a superare 65 milioni di barili al giorno nel 2030, poco più della metà della produzione totale. Gli investimenti necessari per i giacimenti petroliferi, per le cisterne, per gli oleodotti e per le raffinerie saranno considerevoli e ammonteranno a 3 mila miliardi di dollari dal 2003 al 2030. La maggior parte dell'investimento in *upstream* servirà a bilanciare, di fatto, i cali di produzione dei giacimenti già in attività. Una delle sfide maggiori sarà rappresentata dal finanziamento di tali investimenti.

L'Agenzia Internazionale dell'Energia invita tutte le parti a concertare per mettere a punto un sistema di raccolta dati sulle riserve di petrolio e di gas universalmente riconosciuto, trasparente, coerente e completo. L'affidabilità dei dati sulle riserve forniti dalle compagnie petrolifere è stata messa in discussione e tali dubbi potrebbero compromettere la fiducia degli investitori e rallentare gli investimenti. I governi dovrebbero preoccuparsi dei problemi concernenti tali dati, poiché la sicurezza dell'approvvigionamento energetico nel lungo periodo dipende da uno sviluppo tempestivo delle riserve di petrolio e di gas. La disponibilità futura di idrocarburi e la fattibilità commerciale della loro estrazione influiscono sulle nuove politiche e sulle misure che i governi dovrebbero adottare sin da oggi per sviluppare fonti alternative di energia e favorire il risparmio energetico.

Con l'espansione del commercio internazionale aumenteranno i rischi di interruzioni degli approvvigionamenti nei punti strategici di passaggio dei flussi di petrolio. Attualmente, un totale di 26 milioni di barili transita ogni giorno dagli stretti di Hormuz nel Golfo Persico e di Malacca in Asia. Il traffico, in questi e in altri punti di importanza vitale, aumenterà di più del doppio nel periodo esaminato. Un'interruzione dell'approvvigionamento in uno qualsiasi di questi punti potrebbe provocare grosse ripercussioni sui mercati petroliferi. Sarà sempre necessario, quindi, mantenere la sicurezza delle rotte di navigazione e degli oleodotti internazionali.

L'andamento futuro del prezzo del petrolio è uno dei principali motivi di incertezza. I prezzi del greggio e dei prodotti raffinati, in forte crescita dal 1999, hanno raggiunto livelli senza precedenti in termini nominali durante la metà del 2004. In una semplice analisi che si basa su prezzi del petrolio costantemente alti, (una media di 35 dollari al barile, in dollari dell'anno 2000), la domanda mondiale di petrolio calerebbe, nel 2030, del 15%, ossia di 19 milioni di barili al giorno, una quantità quasi equivalente al consumo totale attuale di petrolio degli Stati Uniti. E questo avrebbe serie ripercussioni sulle entrate dei paesi produttori e di conseguenza sul prezzo del petrolio.

*sviluppare
fonti
alternative
e favorire il
risparmio
energetico*

La domanda di gas naturale e di carbone

Il consumo mondiale di gas naturale raddoppierà nel 2030, superando quello del carbone entro il prossimo decennio. Secondo le previsioni, la domanda di gas crescerà più rapidamente in Africa, in America Latina e nei Paesi asiatici in via di sviluppo. Ciò nonostante, l'aumento della domanda sarà maggiore nei mercati dei Paesi nordamericani ed europei dell'area OCSE e nelle economie in transizione, dove l'uso pro capite di gas è più alto. La maggior parte dell'aumento della domanda di gas verrà dalle centrali elettriche. Spesso, infatti, il gas è preferito al carbone nei nuovi impianti termici per i suoi vantaggi ambientali, i costi di investimento inferiori e la flessibilità operativa. Gli impianti di liquefazione del gas emergeranno come un nuovo mercato per il gas naturale, utilizzando riserve situate lontano dai mercati tradizionali e rispondendo alla domanda crescente di prodotti petroliferi più puliti.

Le riserve di gas sono ampiamente sufficienti per rispondere all'aumento della domanda mondiale previsto: l'aumento delle riserve accertate ha superato ampiamente il livello della produzione dagli anni 70 ad oggi. La produzione salirà soprattutto in Russia e nel Medio Oriente, regioni che detengono, insieme, la maggior parte delle riserve di gas accertate del mondo. La mag-

gior parte della produzione addizionale di queste regioni sarà esportata verso il Nord America, l'Europa e l'Asia, dando nuovo impulso agli scambi internazionali di energia. Tutte le regioni che sono attualmente importatrici nette di gas registreranno un aumento delle loro importazioni, e un numero crescente di paesi e regioni lo diventerà per la prima volta. Il gas naturale liquefatto (GNL), che sarà principalmente utilizzato nelle centrali elettriche, rappresenterà la maggior parte dell'aumento degli scambi di gas. Gli scambi internazionali di gas liquefatto, infatti, passeranno dal 30% odierno a più del 50% nel 2030. I Paesi dell'OPEC continueranno a dominare il mercato dell'approvvigionamento di GNL. Gli investimenti necessari per le infrastrutture di approvvigionamento di gas, da qui al 2030, ammonteranno a 2.700 miliardi di dollari, pari a circa 100 miliardi di dollari all'anno. Più della metà di tale investimento sarà destinato all'esplorazione e allo sviluppo di giacimenti di gas.

Anche se la quota del carbone nel mercato energetico mondiale diminuirà lievemente, questo combustibile continuerà, comunque, a svolgere un ruolo essenziale nel mix energetico. Nel 2030, il carbone coprirà il 22% del fabbisogno energetico totale, percentuale praticamente uguale a quella attuale. Quasi tutto l'aumento del consumo di carbone sarà utilizzato nelle centrali elettriche e, malgrado una diminuzione della sua quota di mercato in favore del gas naturale, il carbone continuerà ad essere il combustibile più usato in questo settore. La domanda di carbone aumenterà soprattutto nei Paesi asiatici in via di sviluppo. Cina e India insieme saranno responsabili per il 68% dell'aumento della domanda mondiale, per il periodo 2002/2030. La crescita della domanda nei Paesi dell'OCSE sarà invece molto limitata.

la domanda di
carbone
aumenterà
soprattutto
nei PVS

Il nucleare e le fonti rinnovabili

La domanda mondiale di elettricità raddoppierà tra oggi e il 2030, crescendo principalmente nei Paesi in via di sviluppo. Entro il 2030, quasi la metà del consumo mondiale di gas naturale sarà destinato alla produzione di energia elettrica. Sempre entro tale data, il settore elettrico assorbirà più del 60% degli investimenti totali nelle infrastrutture per l'approvvigionamento di energia. A livello mondiale, la potenza installata delle centrali elettriche aumenterà di circa 4800 GW, sia per rispondere all'aumento previsto della domanda sia per sostituire gli impianti obsoleti. Complessivamente, l'investimento nel settore elettrico sarà di circa 10 mila miliardi di dollari, dei quali più di 5 mila per i soli Paesi in via di sviluppo. Per molti di questi, inoltre, sarà necessario un aumento sostanziale degli investimenti. L'industria elettrica deve proseguire sulla strada delle ristrutturazioni e delle riforme della regolamentazione. Nei paesi dell'OCSE le riforme hanno dato risultati positivi, ma molte sfide devono ancora essere affrontate. I *blackout* del 2003 e del 2004 hanno messo in luce, infatti, l'importanza di adeguati margini di riserva, di una migliore flessibilità delle reti e di una regolamentazione che incentivi gli investitori.

La capacità totale delle centrali nucleari aumenterà leggermente a livello mondiale, ma la percentuale del nucleare impiegato nella produzione di energia elettrica diminuirà. La potenza installata crescerà sostanzialmente, ma l'aumento verrà bilanciato dalla dimissione di reattori nucleari esistenti. Tre quarti delle centrali esistenti nei Paesi europei dell'OCSE saranno dismesse entro il 2030, perché i reattori saranno diventati obsoleti, o per politiche che prevedono l'abbandono definitivo dell'energia nucleare. La produzione di energia nucleare aumenterà invece in numerosi Paesi asiatici, in particolare in Cina, nella Corea del Sud, in Giappone e in India.

Le fonti di energia rinnovabile, nel loro insieme, aumenteranno la loro quota di produzione di energia elettrica. La percentuale di energia idroelettrica calerà, ma quella delle altre fonti rinnovabili utilizzate per la produzione di elettricità triplicherà passando dal 2% nel 2002 al 6% nel 2030. L'aumento maggiore si registrerà per l'eolico e la biomassa. Nel 2030, l'ener-

gia eolica sarà la seconda fonte di energia rinnovabile più importante per la produzione di energia elettrica, dopo l' idroelettrica. In alcune zone sta diventando sempre più difficile trovare siti adatti per gli impianti eolici terrestri. L'aumento dell'uso di fonti rinnovabili più rilevante si registrerà nei Paesi europei dell'OCSE, dove esse sono fortemente sostenute da politiche governative.

Il petrolio e il gas russi

La Russia, nel periodo considerato, giocherà un ruolo di primo piano nell'approvvigionamento e nel commercio estero di energia, con importanti conseguenze per la sicurezza del settore energetico. Recentemente, il settore energetico russo ha subito una profonda trasformazione. Dalla fine degli anni novanta è stato il principale motore per la ripresa economica del paese. La dipendenza dell'economia russa dai settori del gas e del petrolio è cresciuta negli ultimi anni. Le prospettive economiche a lungo termine della Russia dipendono da una migliore competitività e diversificazione degli altri settori manifatturieri e delle attività di commercio internazionale.

Le prospettive della produzione petrolifera della Russia sono molto incerte. Gli ultimi anni hanno visto l'aumento della produzione di petrolio, principalmente grazie al ripristino dei pozzi esistenti e al miglioramento delle tecniche di estrazione. La produzione continuerà a crescere, anche se con un ritmo più lento di quello degli ultimi anni. Nel breve e nel medio termine, la maggior parte della produzione eccedente sarà esportata ma la quota delle esportazioni russe nel commercio mondiale calerà dopo il 2010 con la stabilizzazione della produzione in Russia, l'aumento della domanda interna e la crescita della produzione in Medio Oriente.

Le ingenti risorse di gas della Russia sosterranno il continuo aumento della produzione. La maggior produzione non solo farà fronte all'aumento della domanda interna, ma assicurerà anche maggiori esportazioni verso l'Europa e verso nuovi mercati asiatici. Nel 2030, la Russia sarà ancora il maggior esportatore mondiale di gas ma la produzione del paese, proveniente da giacimenti giganti e maturi, è in calo e per sostituirli saranno necessari importanti investimenti in nuovi progetti. Le prospettive per i produttori indipendenti di fornire una quantità maggiore di gas – e consentire così alla Russia di aumentare le esportazioni – dipenderanno dall'effettiva apertura della rete di Gazprom.

Lo sviluppo delle notevoli risorse energetiche della Russia, la modernizzazione delle infrastrutture esistenti e il miglioramento dell'efficienza richiederanno ingenti investimenti. Le condizioni necessarie per il finanziamento di questi investimenti sono un clima commerciale stabile e affidabile e le riforme del mercato. Ritardare le riforme nel settore del gas, aumenterebbe le preoccupazioni per la sicurezza degli approvvigionamenti futuri. È poco probabile che imponenti capitali stranieri siano disponibili per finanziare dei progetti nel settore energetico che non siano destinati all'export.

L'energia per i Paesi poveri

L'energia è fondamentale per lo sviluppo economico. Il benessere portato dallo sviluppo economico stimola a sua volta la domanda per una maggiore quantità e migliore qualità dei servizi energetici. Questi servizi aiutano anche a soddisfare i bisogni umani più elementari, come l'alimentazione e l'alloggio. Essi contribuiscono allo svi-

*in aumento le
fonti
rinnovabili
nella
produzione di
energia
elettrica*

luppo sociale migliorando l'istruzione e la salute pubblica. L'energia elettrica svolge un ruolo particolarmente importante per lo sviluppo umano. La maggior parte dei paesi più avanzati ha creato un circolo virtuoso di miglioramenti delle infrastrutture energetiche e crescita economica. Nei Paesi più poveri del mondo, tuttavia, questo processo è appena agli inizi.

I tassi di elettrificazione aumenteranno durante il periodo considerato, ma il numero totale di persone ancora senza elettricità diminuirà solo lievemente, da 1,6 miliardi nel 2002 a poco meno di 1,4 miliardi nel 2030. La maggior parte di questo calo avverrà solo dopo il 2015. Il numero di persone senza elettricità diminuirà in Asia, ma continuerà ad aumentare in Africa. L'accesso all'elettricità sarà più facile nelle aree urbane, ma il numero assoluto di persone senza elettricità aumenterà leggermente nelle città di medie e grandi dimensioni, mentre calerà nelle campagne. Il numero di individui che usa in modo non sostenibile solo la biomassa tradizionale per cucinare e riscaldarsi continuerà a crescere, da poco meno di 2,4 miliardi nel 2002 a più di 2,6 miliardi nel 2030.

Tutte le regioni in via di sviluppo possono attendersi un aumento dell'uso pro capite di energia e un miglior accesso ai moderni servizi energetici, inclusa l'elettricità. Nel 2030, solo pochi paesi del Medio Oriente e dell'America Latina avranno raggiunto un livello di sviluppo energetico equivalente a quello raggiunto dai Paesi dell'OCSE nel 1971, mentre l'Africa e i Paesi dell'Asia meridionale rimarranno arretrati.

Gli obiettivi di sviluppo del millennio delle Nazioni Unite mirano a ridurre del 50%, fra il 2000 e il 2015, il numero di persone che vive con meno di un dollaro al giorno. Si stima che tale obiettivo sarà raggiunto solo se l'accesso all'elettricità sarà fornito a più di mezzo miliardo di persone che ne saranno ancora prive nel 2015. Per realizzare tale cambiamento occorrerebbe un investimento supplementare di 200 miliardi di dollari nel settore elettrico.

I governi devono agire in maniera decisa per accelerare la transizione verso l'utilizzo di combustibili moderni e per spezzare il circolo vizioso della povertà energetica e del sottosviluppo nei Paesi più poveri del mondo. Quest'azione richiederà un aumento dell'offerta di energia commerciale a prezzi accessibili, in particolare nelle zone rurali. Un adeguato sistema di controllo del settore dell'energia sarà fondamentale per migliorare la quantità e la qualità dei servizi energetici. I Paesi industrializzati hanno un chiaro interesse, sul piano economico e in materia di sicurezza, ad aiutare i Paesi in via di sviluppo, lungo il percorso dello sviluppo energetico.

Un sistema energetico più sostenibile

È possibile presentare uno Scenario Alternativo a quello fin qui considerato che descriva un quadro dell'energia più efficiente e più rispettoso dell'ambiente. Esso analizza l'evoluzione dei consumi mondiali di energia qualora venissero applicate un insieme di politiche e di misure che sono attualmente in esame o che potrebbero essere ragionevolmente adottate dai vari paesi. Queste politiche favorirebbero una rapida diffusione di tecnologie più efficienti e pulite. In questo scenario, la domanda mondiale di energia primaria sarebbe, nel 2030, inferiore di circa il 10% di quella attualmente prevista. La riduzione della domanda di combustibili fossili sarebbe ancora più marcata, soprattutto grazie a politiche volte a promuovere le energie rinnovabili.

La domanda di petrolio sarebbe nettamente inferiore. Infatti nel 2030 si abbasserebbe di 12,8 milioni di barili al giorno, ossia dell'11% - una quantità equivalente all'at-

*accelerare la
transizione
verso l'utilizzo
di combustibili
moderni*

tuale produzione combinata di Arabia Saudita, Emirati Arabi Uniti e Nigeria. Misure più stringenti per diminuire il consumo di carburante nei paesi dell'OCSE e una crescente diffusione di veicoli più efficienti nei paesi non OCSE, contribuirebbero ad ottenere circa i due terzi di questa riduzione. Di conseguenza, la dipendenza dei paesi OCSE e della Cina dalle importazioni di petrolio diminuirebbe. La domanda di carbone calerebbe ancora di più in percentuale – del 24% nel 2030. Questa riduzione è quasi equivalente all'attuale consumo di carbone di Cina e India insieme. La domanda mondiale di gas naturale diminuirebbe del 10% rispetto alle attuali previsioni. Gli import di gas sarebbero inferiori del 40% nel Nord America e del 13% nei paesi europei dell'OCSE. Le importazioni di gas della Cina aumenterebbero, a seguito di una sostituzione parziale del carbone con il gas.

E, sempre nel 2030, le emissioni di anidride carbonica di origine energetica diminuirebbero del 16%, volume più o meno equivalente alla somma delle attuali emissioni di Stati Uniti e Canada.

Quasi il 60% della riduzione totale di emissioni di CO₂ avrebbe luogo nei Paesi non OCSE. Di fatto, le emissioni dei paesi dell'OCSE si stabilizzerebbero verso il 2020 e dopo tale data inizierebbero a diminuire. Più della metà della riduzione delle emissioni sarebbe attribuibile ad un uso più efficiente dell'energia nei veicoli, nelle apparecchiature elettriche, nell'illuminazione e nell'industria.

La maggior parte della restante riduzione sarebbe dovuta al cambiamento del mix energetico per la produzione di energia elettrica in favore delle energie rinnovabili e del nucleare.

Nello Scenario Alternativo, la struttura degli investimenti necessari per l'approvvigionamento di energia e le apparecchiature per il consumo finale è sostanzialmente diversa rispetto allo scenario secondo le attuali previsioni. L'importo totale di capitale richiesto nel periodo considerato non differisce molto da uno scenario all'altro. I capitali aggiuntivi necessari sul fronte della domanda saranno interamente controbilanciati dai fabbisogni d'investimento più bassi sul fronte dell'offerta – nonostante l'intensità di capitale nel settore elettrico aumenti del 14% nello Scenario Alternativo. I prezzi dell'elettricità aumenterebbero, ad esempio del 12%, nell'Unione Europea.

Non è certo che gli investimenti previsti nello Scenario Alternativo possano essere interamente finanziati, in particolare nei Paesi in via di sviluppo. Questo è principalmente dovuto al fatto che gli utenti finali, che dovrebbero investire di più, incontrerebbero maggiori difficoltà a reperire i fondi necessari che non i produttori e fornitori di energia, che dovrebbero investire di meno.

*è possibile
uno scenario
più efficiente
e più
rispettoso
dell'ambiente*

La certificazione dei Centri di Ricerca: il Progetto **SIAMESI** per Trisaia

**MARIA LITIDO¹,
ROSAMARIA ADAMOLI¹,
MICHELE GALATOLA¹,
PAOLO CARLO VIGNONI²**

ENEA¹

UTS Protezione e Sviluppo
dell'Ambiente e del Territorio
Tecnologie Ambientali

²GEST. P.A.S. SNC



studi & ricerche

Il progetto SIAMESI è l'esempio di una sperimentazione riuscita e della decisione strategica di investire risorse, attenzione e sforzi in una razionalizzazione dei propri processi e nel miglioramento delle *performances* nei confronti delle Parti interessate (*stakeholder*), secondo un *trend* ormai abbastanza consolidato e diffuso per un numero sempre crescente di Istituzioni del settore della ricerca scientifica

Certification of Research Centres: the **SIAMESI** project at Trisaia

Abstract

Traditional approaches to management have always focused on economics. In the '90s, however, new aspects such as occupational health and safety, quality and environmental protection gained importance and became central pillars of sustainable development strategies. ISO 9001, ISO 14001, EMAS and OHSAS 18001 are the most widely used international standards for independent certification of management systems. They were recently revised, and there is now more room for effective integration of the various aspects of management.

This article presents the results of the SIAMESI project carried out at ENEA's Trisaia Research Centre, in the Basilicata region. Its aim was to define and implement an integrated (environment/health/safety) management tool tailored for Trisaia. The system should enable the Centre to improve its performance through better control of its research and management activities. In the authors' opinion, the SIAMESI-Trisaia model can be applied by any research organization whose activities, products and processes have similar features and problems

La Certificazione volontaria delle organizzazioni

Negli anni immediatamente successivi alla seconda guerra mondiale le realtà tecnologicamente più avanzate (nucleare, militare, aerospaziale) intuiscono che occorre superare il concetto limitativo delle prove e collaudi, per garantire un'alta affidabilità dei prodotti; la "garanzia di qualità", inizialmente limitata a poche attività di produzione, assume la connotazione di strumento strategico per l'organizzazione.

Partendo da un ambito altamente specifico, nel giro di pochi anni il concetto di standard per i sistemi qualità diventa appannaggio dell'industria avanzata. All'iniziale imposizione di standard da parte delle maggiori aziende occidentali generatasi, gli stati industrializzati reagiscono maturando l'esigenza di introdurre standard a livello nazionale a tutela degli utenti industriali. In realtà, l'uso strumentale di tali standard finisce per produrre in certi casi vere e proprie "barriere protezionistiche" alle importazioni, e anche per abbatterle, a partire dal 1987 l'ISO (International Organization for Standardization) emette il set di norme ISO 9000, frutto di un lavoro di armonizzazione dei preesistenti standard di assicurazione qualità. Nasce così la certificazione di conformità come atto mediante il quale una terza parte indipendente (Organismo o Ente di certificazione) dichiara che, con ragionevole attendibilità, il Sistema di Gestione per la Qualità (SGQ) o un prodotto o un servizio di una organizzazione sono conformi a una specifica norma o ad un altro documento normativo.

L'attività degli Enti di certificazione consiste, dunque, nel valutare la conformità ad una Norma di riferimento e sorvegliare il mantenimento di tale conformità per la durata del certificato, di solito triennale; questi, a loro volta, vengono "accreditati" nello svolgimento delle loro attività da un Organismo nazionale - in Italia il SINCERT - secondo norme e regolamenti, che ne disciplinano le atti-

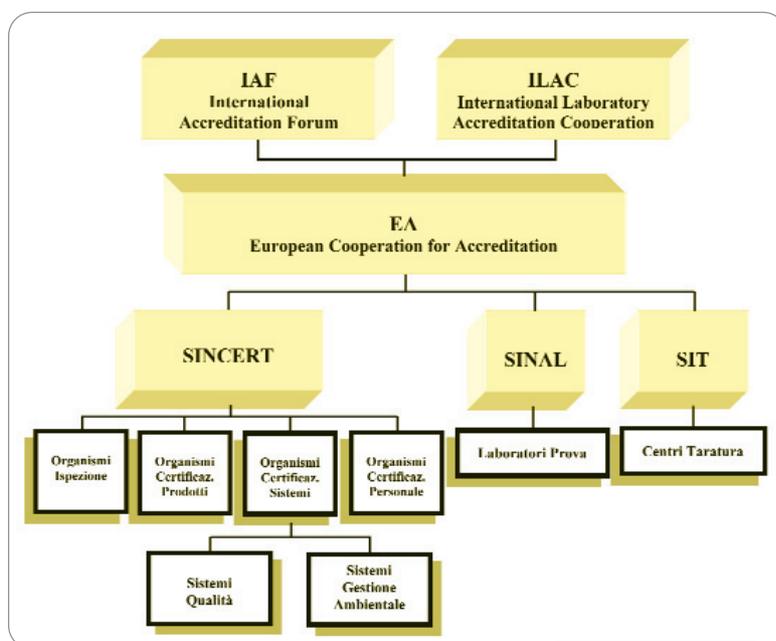


Figura 1
Il sistema di accreditamento e certificazione in Italia, in Europa e nel mondo (www.sincert.it)

vità ed il comportamento. La figura 1 schematizza il ruolo e il rapporto tra i diversi "attori" dell'iter di certificazione.

Il fenomeno della certificazione volontaria dei sistemi di gestione per la qualità si è imposto definitivamente e in misura macroscopica negli anni 90, anche in conseguenza della progressiva globalizzazione dei mercati, come strumento operativo di supporto per fronteggiare l'adeguamento all'incessante progresso tecnologico e sostenere la concorrenza di produttori dei paesi a più basso costo del lavoro.

Contemporaneamente, accanto alla domanda di qualità economica, "si è andata affermando una domanda più generale di forme di qualità, intese come soddisfazione di una variegata gamma di bisogni etico-sociali espressi da un contesto più ampio di Parti Interessate (*stakeholder*)".

Infatti, all'inizio degli anni 90 la diffusione dei principi dello "Sviluppo sostenibile" (nato con il Rapporto Brundtland del 1987) e la Conferenza di Rio (1992), nonché le linee guida in materia di sviluppo economico promosse dalla UE, favoriscono la nascita degli strumenti volontari di certificazione ambientale, con l'obiettivo di introdurre la variabile ambientale in chiave preventiva e gestionale all'interno delle organizzazioni, stimo-

lando tali soggetti ad assumere un comportamento “pro-attivo” nei confronti della sostenibilità ambientale e a cogliere le opportunità che la tutela ambientale offre anche in termini di competizione di mercato. L’istituzione del Regolamento Comunitario CEE n. 1836 EMAS (Environmental Management and Audit Scheme.), la cui prima versione risale al 1993, così come la successiva norma ISO 14001:1996, hanno l’intento di:

- superare la logica tradizionale del “command and control” basata sull’impiego di limiti e divieti, dimostratasi efficace ma insufficiente, in favore di un comportamento pro-attivo nei confronti dell’ambiente;
- superare la contrapposizione ambiente – impresa, nella quale l’ambiente è percepito come un vincolo esterno;
- promuovere l’impiego di strumenti attraverso i quali l’ambiente – non più costo – ma opportunità – diventi per l’organizzazione un investimento in grado di accrescere l’efficienza e ridurre i costi.

Fino al 2001, le organizzazioni europee che decidevano di implementare un Sistema di Gestione Ambientale e di garantirne l’efficacia e attestarne l’adeguatezza attraverso il riconoscimento di un Organismo indipendente, dovevano scegliere tra la Registrazione EMAS e la certificazione di conformità secondo la norma ISO 14001:1996. Con l’attuale

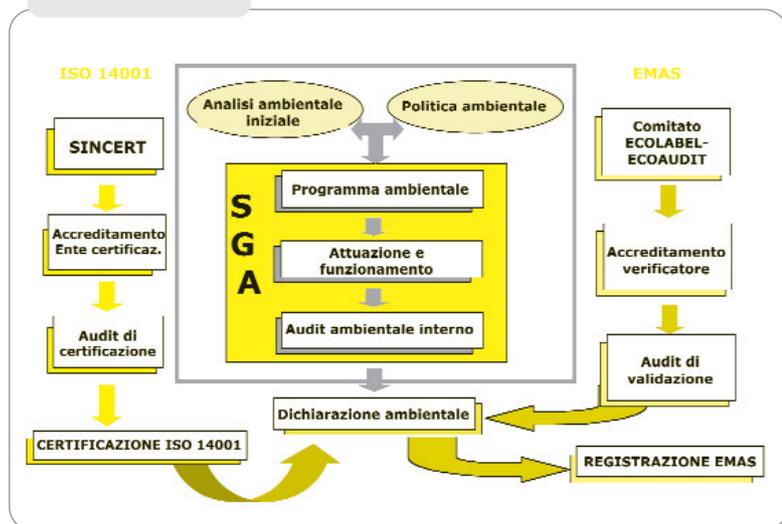
versione del Regolamento EMAS, (CE) N. 761/2001 ed ancor più con la recentissima ISO 14001:2004, le iniziali differenze tra i due schemi di certificazione volontaria delle organizzazioni sono più “sfumate” ed oggi l’EMAS richiede esplicitamente che il Sistema di Gestione Ambientale (SGA) sia realizzato in conformità con i requisiti espressi nella norma ISO 14001.

La figura 2 descrive i due iter, rispetto ai quali l’SGA resta lo stesso; in aggiunta, lo schema EMAS richiede la redazione della Dichiarazione Ambientale, documento rivolto al pubblico in generale e, in particolare, ai cittadini. La Dichiarazione ambientale riporta in modo sintetico, ma chiaro e comprensibile a tutti, le informazioni rilevanti relative: alle attività svolte dalla Organizzazione per migliorare le proprie *performance* ambientali, alla Politica, agli Obiettivi ed al Programma di miglioramento, nonché cenni al Sistema di gestione e agli audit. Lo schema EMAS prevede l’obbligo di una verifica e convalida della Dichiarazione da parte di un soggetto terzo indipendente, accreditato a livello europeo da Organismi di accreditamento designati direttamente dalle autorità nazionali (per l’Italia il Comitato ECOLABEL-ECO-AUDIT Sezione EMAS, ITALIA, istituito con il decreto ministeriale n. 413 del 2 agosto 1995).

I Sistemi di Gestione Ambientale rappresentano solo uno degli strumenti a disposizione della Società, intesa nel suo senso più ampio, per garantirsi uno sviluppo durevole e sostenibile. A questi si associano altri approcci e strumenti, tra i quali LCA (Life Cycle Assessment), POEMS (Product Oriented Environmental Management System), ECOLABEL, Dichiarazioni Ambientali di Prodotto, Green Public Procurement, VIA (Valutazione di Impatto Ambientale), VAS (Valutazione Ambientale Strategica) ecc.

Anche per quel che concerne la salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, le Direttive Europee, recepite in Italia con il D.Lgs 626/94, hanno posto l’attenzione sul tema della sicurezza, modificando progressivamente e radical-

Figura 2
Iter per la certificazione ambientale di sistema in conformità con ISO 14001 e di registrazione EMAS a confronto



mente l'impostazione di tipo repressivo per introdurre, ancora una volta, un approccio preventivo e pro-attivo. Le politiche comunitarie di armonizzazione delle diverse legislazioni hanno contribuito a superare le diversità e le resistenze a ricercare un approccio comune a livello internazionale.

Peraltro, per tutti gli anni 90 si riscontra una situazione confusa, nella quale il mercato disponeva finalmente di un quadro legislativo innovativo ed europeo, ma non supportato da Sistemi di Gestione sufficientemente definiti e riconosciuti. Tale situazione ha generato un'ovvia proliferazione di standard, emessi da singoli Enti di certificazione, i quali, pur accrescendo l'interesse nei confronti dello strumento, non hanno risolto il problema anzi lo hanno complicato, poiché le aziende si trovavano di fronte ad opzioni diverse con validità parziale, con un conseguente scarso riconoscimento che, almeno in parte, non giustificava lo sforzo della implementazione. Infine, nel 1998 il BSI (British Standard Institution) ha avviato un gruppo di lavoro con Enti di certificazione, Organismi di Normazione nazionali e consulenti, il cui risultato è stato l'emissione dello standard OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) 18001 pubblicato nel 1999.

mondo, dopo la Repubblica Popolare Cinese, per numero di certificazioni di SGQ (ISO 9001) – per queste l'Italia si colloca al quarto posto in Europa dopo Germania, Spagna e Svezia e al settimo nel mondo. Inoltre, fenomeno comune al *trend* europeo. Va menzionato il sensibile incremento negli ultimi anni delle certificazioni ambientali (ISO 14001 ed EMAS) in Amministrazioni ed Enti Pubblici, *in primis* quelli istituzionalmente deputati ad amministrare gli aspetti ambientali del territorio, che si accostano a questi strumenti per dimostrare al pubblico il proprio impegno nella tutela dell'ambiente.

L'andamento delle certificazioni OHSAS 18001 in Italia, accreditate SINCERT (siti produttivi), negli ultimi due anni è il seguente:

- totale certificazioni al 31.12.2003: 190;
- totale certificazioni al 31.12.2004: 285.

Il corrispondente incremento medio mensile è pari a circa 8 certificazioni/mese, dato decisamente superiore al dato medio 2003 (pari a 3 certificazioni/mese). Nonostante tali certificazioni risultino ancora, in valore assoluto, in numero limitato, il dato di crescita è indicativo di una chiara, ancorché non esplosiva, tendenza allo sviluppo.

La tabella 1 contiene i dati relativi alle certificazioni ottenute in Italia, aggiornati a dicembre 2004, come forniti dal SINCERT e da altre indagini, tenendo presente che un certificato può coprire più siti produttivi.

Certificazioni in Italia al 30.11.2004	Qualità (SGQ)	Ambiente (SGA)	Sicurezza (SGS)
Siti produttivi	84.485	4.785	285
n. certificati	66.590	3.740	126

Tabella 1

Evoluzione e sviluppi delle certificazioni Ambiente e Sicurezza

L'andamento evolutivo delle certificazioni in Italia e l'attuale sviluppo delle varie certificazioni, pur diversi al punto da non essere paragonabili, attestano un incremento stabile della loro diffusione, soprattutto per la certificazione ambientale (ISO 14001).

Pur precisando che le certificazioni ambientali sono per numero ben lontane dalle certificazioni qualità – l'Italia è il secondo paese al

I Sistemi di Gestione per l'Ambiente e per la Sicurezza: vantaggi

Un Sistema di Gestione per l'Ambiente, rispettivamente per la Salute e la Sicurezza sul lavoro, è quella parte del sistema di gestione generale di una organizzazione che comprende la struttura organizzativa, le attività di pianificazione, le responsabilità, le prassi, le procedure, i processi e le risorse per elaborare, mettere in atto, conseguire, riesaminare e mantenere attiva la Politica Ambientale, rispettivamente

la Politica per la Sicurezza.

La scelta di dotarsi di un sistema di gestione comporta per l'azienda un grosso impegno di risorse umane e finanziarie e di tempo non solo in fase di progettazione, ma anche, e soprattutto, in fase di mantenimento e dunque richiede un'attenta valutazione costi-benefici.

I vantaggi più rilevanti derivanti dallo sviluppo di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA) sono:

- il controllo della efficienza dei propri processi, con il risultato di evitare sprechi di risorse naturali, energetiche e di materie prime;
- una maggiore garanzia del rispetto continuo degli adempimenti di legge in campo ambientale e la prevenzione di eventuali violazioni delle leggi applicabili, evitando così le ovvie conseguenze amministrative o penali;
- la gestione differenziata e corretta dei rifiuti, e, dove possibile, il risparmio derivante da riutilizzo, riciclo o trattamento dei rifiuti;
- la prevenzione dei potenziali incidenti connessi con le attività dell'organizzazione e, quindi, la minimizzazione del rischio ambientale;
- un maggior coinvolgimento dei dipendenti con un conseguente aumento del senso di appartenenza all'organizzazione;
- semplificazioni negli iter autorizzativi e potenziale diminuzione dei controlli periodici da parte delle autorità competenti;
- il miglioramento dell'immagine pubblica della organizzazione per le Parti Interessate;
- il consolidamento di buone relazioni con la popolazione, le istituzioni locali e il vicinato.

Analogamente, lo sviluppo di un Sistema di Gestione per la Sicurezza (SGS) comporta vantaggi comuni a quelli degli SGA e vantaggi specifici:

- un controllo operativo maggiore con conseguente riduzione dei rischi potenziali;
- diminuzione di incidenti, infortuni, malattie

professionali con conseguente potenziale diminuzione di verifiche ed ispezioni delle autorità di controllo;

- migliore controllo dei costi della non sicurezza;
- un miglioramento della produttività individuale;
- la riduzione del rischio di contenziosi, multe, ammende, sanzioni e penalità;
- motivazione e coinvolgimento dei dipendenti;
- miglioramento della immagine e credibilità dell'organizzazione.

L'integrazione dei Sistemi di Gestione

L'affermarsi del concetto di qualità "a tutto campo", che supera definitivamente l'approccio meramente economico, ha portato sempre più organizzazioni a dotarsi di più sistemi di gestione, scelti a seconda delle variabili di maggiore importanza (qualità ambiente, sicurezza, etica), conseguendo l'attestazione della loro efficacia e adeguatezza tramite le certificazioni.

I sistemi di gestione si fondano tutti su due principi distinti: l'approccio per processi e il ciclo di Deming (o del miglioramento continuo): Plan - Do - Check - Act (PDCA).

Essi hanno molti elementi in comune:

- l'impegno di primaria importanza del coinvolgimento della Direzione, che ha la responsabilità di stabilire una strategia globale, resa pubblica attraverso il documento della Politica, di assegnare le risorse necessarie per la implementazione e il mantenimento del sistema e di fissare obiettivi di miglioramento delle prestazioni della organizzazione;
- l'obiettivo generale di attuare il miglioramento continuo delle *performance*;
- una chiara definizione di ruoli, responsabilità, compiti e obblighi;
- la prevenzione come valore strategico;
- il coinvolgimento attivo non solo dei dipendenti ma, più in generale, di coloro che ope-

rano, a qualunque titolo, per conto dell'organizzazione;

- le parti fondamentali del sistema devono essere documentate e le attività rilevanti registrate;
- informazione, formazione e comunicazione costituiscono un'attività strategica del sistema;
- il sistema è sottoposto a controlli pianificati (audit), sorveglianza e misurazione, e a riesame periodico della Direzione.

Inoltre, con la revisione e le nuove edizioni delle norme riguardanti i requisiti dei sistemi, il numero di somiglianze è ulteriormente cresciuto, anche se, nonostante gli Enti di normazione se ne stiano occupando attivamente, non sembra prossima la emissione di una norma che incorpori tutti i requisiti di riferimento e si presti anche ad un unico iter certificativo.

Quando una organizzazione decide di migliorare le sue *performance* contemporaneamente in più aspetti (qualità, ambiente, sicurezza o etica), il primo lecito quesito è: conviene integrare i diversi sistemi o realizzare un "Sistema di Gestione Integrata" (SGI), il quale cioè, fin dalla progettazione, affronta contemporaneamente i diversi aspetti?

Per ragioni di carattere storico, poiché la nascita e la conseguente diffusione dei diversi sistemi di gestione sono avvenute in tempi diversi, e quindi l'implementazione "seriale" o "per sovrapposizione" risultava più naturale e meno onerosa, le organizzazioni hanno di fatto realizzato i vari sistemi successivamente e separatamente e solo più tardi questi sono stati integrati in misura variabile.

Si osservi che l'integrazione, più che necessaria, risulta conveniente dato che:

- riduce i costi, in quanto integra la gestione delle informazioni, delle risorse umane, delle registrazioni, dei controlli e riduce i tempi di progettazione e implementazione, nonché quelli di verifica da parte dell'Ente di certificazione;
- l'integrazione tra i diversi documenti di

Politica evita possibili conflitti tra le differenti strategie e favorisce la diffusione di una cultura omogenea della organizzazione;

- diminuisce la massa documentale complessivamente necessaria riducendo costi e tempi di gestione;
- la metodologia di gestione è omogenea per tutti gli aspetti affrontati.

Ne consegue che la scelta più vantaggiosa è quella di un unico sistema "contenitore" che soddisfa contemporaneamente i requisiti delle diverse norme di riferimento.

Non è da sottovalutare, infine, tra i vantaggi di scegliere tali sistemi, quello di ottenere che l'Organismo di certificazione esegua le attività di valutazione congiuntamente e con le stesse modalità, con conseguente risparmio di tempi e costi; le attestazioni di conformità alle norme rilasciate restano al momento distinte, inserite tuttavia in un contesto di forti complementarità e utili sinergie.

Al momento, nonostante le evidenti convenienze esistenti e l'interesse nei loro confronti in continua crescita, di fatto i Sistemi di Gestione Integrata restano ancora un traguardo di eccellenza con una forte componente sperimentale.

Le Certificazioni in un Ente di Ricerca: il Progetto SIAMESI e il Prototipo Trisaia

Le attività degli Enti di ricerca hanno un ruolo rilevante per le ricadute sul progresso tecnologico, sulla crescita della competitività del sistema economico e, quindi, del benessere della società. Di grande importanza è anche la possibilità di ridurre i futuri impatti ambientali delle tecnologie sviluppate nell'ambito di una attività di ricerca, soprattutto con l'introduzione in fase di progettazione e realizzazione della analisi e valutazione degli aspetti ambientali connessi con l'impiego futuro delle tecnologie prodotte.

Considerazioni di carattere strategico, come il mantenimento della leadership scientifica e

tecnologica, necessità indotte dai mutamenti di carattere organizzativo e finanziario, ma anche il profondo cambiamento nel modo di intendere e “praticare” la ricerca, sempre più finalizzata ai bisogni del territorio e alla erogazione di servizi tecnologici e scientifici di alto livello, inducono con sempre maggiore frequenza Università ed Enti di Ricerca ad adottare nuove modalità organizzative ed operative efficaci e più adeguate, che consentano di accrescere l'efficienza nei risultati ottenendo un maggior successo e migliorando la propria immagine nel rapporto con “il mondo esterno”.

L'ENEA¹ è l'ente pubblico nazionale a supporto delle politiche di competitività e di sviluppo sostenibile in campo energetico-ambientale, operante nei settori dell'energia, dell'ambiente e delle nuove tecnologie, con il compito di promuovere ed effettuare attività di ricerca di base e applicata e di innovazione tecnologica, di diffondere e trasferire i risultati ottenuti, nonché di svolgere servizi di alto livello tecnologico, anche in collaborazione con il sistema produttivo².

L'ENEA svolge le sue attività avvalendosi di competenze ad ampio spettro e di avanzate infrastrutture impiantistiche e strumentali dislocate sul territorio nazionale in undici Centri di Ricerca. È inoltre dotato di una rete di sei sedi periferiche e tredici Centri di Consulenza Energetica Integrata, che promuovono le attività dell'Ente e forniscono servizi di informazione e consulenza alle Amministrazioni Pubbliche e alle realtà produttive locali.

Il Centro Ricerche ENEA della Trisaia (Rotondella, Matera), uno dei più importanti campus tecnologici dell'Italia meridionale, fu creato all'inizio degli anni 60 per operare sui processi e le tecnologie connessi con il cosiddetto ciclo a valle degli elementi di combustibile nucleare. Ma, fin dagli anni 80, l'originaria destinazione programmatica del Centro ha lasciato posto alle attività che costituiscono l'ossatura della attuale destinazione del Centro concernenti lo sviluppo di tecnologie e processi per:

- 1- il settore agrobiotecnologico;
- 2- le fonti rinnovabili (energia solare e biomasse);
- 3- l'ambiente (trattamento rifiuti e monitoraggio ambientale);
- 4- il recupero di metalli ad alto valore aggiunto (“terre rare”) da reflui e scarti industriali; oltre ad impianti di ricerca nelle applicazioni laser, nella metrologia e attività di radioprotezione.

Nell'ultimo decennio, inoltre, il Centro ha costruito rapporti sempre più “stretti” con la realtà territoriale, sia con le pubbliche istituzioni sia con le diverse realtà produttive presenti che con i cittadini, in coerenza con i compiti istituzionali dell'Ente a fini di promozione e diffusione delle tecnologie avanzate sperimentate all'interno e, più in generale, degli strumenti per lo sviluppo sostenibile del territorio.

I numeri che caratterizzano il Centro sono:

- 275 dipendenti;
- 100 ettari di estensione;
- 60 edifici con circa 30.000 m² adibiti a laboratori e impianti sperimentali.

La Direzione del Centro Ricerche, in accordo con gli indirizzi della Direzione Generale dell'Ente, nella consapevolezza della forte valenza strategica sul territorio costituita dal sito, ha deciso di avviare un processo per il miglioramento delle *performance* ambientali e di sicurezza e salute dei lavoratori dipendenti e di tutti gli altri soggetti che operano nel Centro o per suo conto, attraverso specifici obiettivi tra i quali:

- tenere sotto controllo gli aspetti ambientali e assicurare la prevenzione dei rischi per la salute e la sicurezza connessi con le attività di ricerca e sviluppo svolte nel sito;
- ridurre i consumi energetici, idrici e di materie prime;
- migliorare la gestione dei rifiuti e diminuirne la produzione con riutilizzo o riciclo, quando possibile;
- garantire il rispetto continuo di leggi e regolamenti vigenti e applicabili alle sue attività, prodotti e servizi;
- aumentare la quantità di acquisti “verdi”

attraverso la pratica del Green Public Procurement.

A tal fine, nel 2003 ha avviato la realizzazione di un Sistema Integrato per l'Ambiente E la Sicurezza (SIAMESI) in sinergia con le Unità Tecnico Scientifiche presenti nel Centro.

Il progetto è stato realizzato da un gruppo di esperti della Unità Tecnico Scientifica PROT che, con la collaborazione di un esperto esterno, ha lavorato per due anni con il personale delle Funzioni di Centro, maggiormente coinvolte:

- Servizi Generali (TRI-SER),
- Infrastrutture e Impianti (TRI-INIMP),
- Servizio Amministrazione e Personale (TRI-AMP),
- Servizio di Prevenzione e Protezione (SPP),
- Responsabili di contratto con ditte esterne e loro assistenti,
- Responsabile del Magazzino,

e, più in generale, con i ricercatori e i tecnici di Trisaia e il personale esterno coinvolto a vario titolo, realizzando le attività necessarie per realizzare l'SGI, descritte nel seguito.

La figura 3 rappresenta il sistema SIAMESI, che integra SGA, SGS e le due certificazioni con la successiva evoluzione verso la Registrazione EMAS (attualmente in fase di revisione per l'emissione della terza edizione).

Nel dicembre 2004, dopo aver completato positivamente con l'Organismo di certificazione (ICIM) l'iter di verifica di conformità alle Norme di riferimento, il C.R. ENEA di Trisaia è il primo Centro pubblico di ricerca in Italia ad aver ottenuto la duplice certificazione di sistema. La figura 4 illustra il GANTT del progetto, le cui attività "interne" sono durate 20 mesi, ai quali vanno aggiunti gli ultimi mesi del 2004 per attuare l'iter di certificazione attraverso le attività di audit eseguite dall'Ente di certificazione stesso.

Progettazione e realizzazione di SIAMESI

Poiché le attività per progettare e implementare i sistemi di gestione Ambiente e Sicurezza



Figura 3
il sistema SIAMESI e gli obiettivi di certificazione

sono analoghe, anche se riguardano aspetti differenti, si è deciso di attuare un percorso comune per la realizzazione del SGI. Le attività fondamentali espletate per realizzare SIAMESI sono state:

1. L'analisi iniziale Ambiente e Sicurezza (AI),

eseguita per stabilire la posizione iniziale del Centro riguardo gli aspetti relativi all'Ambiente e alla Sicurezza connessi con tutte le sue attività, prodotti e servizi; a conclusione dell'attività sono stati emessi ed approvati dalla Direzione e dalle Unità Scientifiche i Rapporti dell'Analisi Iniziale Ambientale e dell'Analisi Iniziale di Sicurezza (ottobre 2003).

2. L'emissione della Politica per l'Ambiente e la Sicurezza,

documento prodotto - a fronte dei risultati emersi dall'analisi iniziale - dalla Direzione, contenente gli obiettivi generali e i principi

Figura 4
Pianificazione temporale del progetto SIAMESI. Nell'iter di certificazione sono comprese tutte le attività di audit eseguite dall'Ente di certificazione

ATTIVITÀ / MESI (ELAPSED TIME)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21-24
Comunicazione Formazione	X	X							X	X				X			X				X
AI Ambiente e Sicurezza		X	X	X	X	X	X	X													
Politica, obiettivi e programmi								X													
Implementazione del Sistema di Gestione								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Audit														X				X	X		
Riesame Direzione																					X
Iter di certificazione																					X

d'azione che essa si è dati riguardo a entrambi gli aspetti e che definisce le strategie in materia di Ambiente e Sicurezza; la Politica fa riferimento ai macro obiettivi di miglioramento, per raggiungere i quali periodicamente sono fissati obiettivi specifici e stabilito un Programma di realizzazione;

3. Lo sviluppo del Sistema di Gestione Integrato,

finalizzato al controllo e alla gestione degli aspetti di Ambiente e Sicurezza al fine di raggiungere gli obiettivi di miglioramento stabiliti, la cui implementazione è stata completata entro l'estate 2004; la documentazione "interna" del SGI è costituita dal Manuale Generale e da circa una trentina di altri documenti (procedure, istruzioni, registrazioni, piani ecc.);

4. La realizzazione dell'attività Audit del Sistema,

pianificata e attuata da auditor (interni e coordinati da un esperto esterno) con lo scopo di verificare che il Sistema di Gestione fosse stato reso operativo in maniera corretta e adeguata, fosse mantenuto attivo ed efficace rispetto agli obiettivi stabiliti;

5. Il riesame della Direzione,

eseguito immediatamente dopo gli audit interni per consentire alla stessa, facendo uso di tutte le informazioni sullo stato di attuazione del sistema, di rivedere Politica, Obiettivi e Programmi, introducendo tutte le modifiche a tali elementi ritenute necessarie, e quante altre, ritenute opportune, al sistema o a sue parti al fine di accrescerne l'efficacia;

6. La realizzazione dell'iter per ottenere le Certificazioni del Sistema Ambiente e del Sistema Sicurezza,

in conformità con le norme di riferimento (ISO 14001:96 e OHSAS 18001:99); in questa fase conclusiva, l'ICIM, Organismo di certificazione, ha attuato tutte le attività previste dall'iter di certificazione: verifica della conformità a leggi e regolamenti applicabili, esame della

documentazione di sistema, verifica preliminare e visita di valutazione ambiente e sicurezza nel sito di Trisaia; come concordato, l'Ente ha attuato le attività congiuntamente per entrambi gli aspetti, anche se i relativi certificati sono distinti.

Alle attività di progetto precedentemente descritte occorre aggiungere quelle relative agli aspetti di (IN)FORMAZIONE E COMUNICAZIONE. Una Comunicazione efficace rappresenta lo strumento fondamentale per creare partecipazione e senso di appartenenza e generare comportamenti individuali e collettivi autenticamente rispettosi dell'ambiente e consapevoli di regole, vincoli e adempimenti utili ad eliminare, o almeno ridurre, i rischi per la sicurezza e la salute connessi con le attività svolte. L'attività di informazione-formazione è cruciale per la efficacia del Sistema e, quindi, per la riuscita del progetto: il suo scopo è informare e formare i responsabili e tutto il personale, che a qualunque titolo opera nel sito, sulle implicazioni del progetto e le modifiche che il sistema di gestione produrrà *routine* nelle attività svolte nel Centro; pertanto, essa è stata avviata per prima, ha accompagnato il progetto per tutta la sua durata e costituisce un punto cruciale degli attuali obiettivi e programmi di miglioramento del Centro.

La figura 5 schematizza le attività realizzate nel corso del progetto SIAMESI evidenziando le modalità operative tipiche del miglioramento continuo (PDCA).

Il sistema e il suo funzionamento

L'organizzazione di SIAMESI è stata studiata in modo da risultare semplice anche se articolata; le responsabilità e i compiti sono "distribuiti" e tutte le figure che ricoprono ruoli istituzionali partecipano direttamente: il RSGI (Responsabile del SGI), l'RSPP (Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione), i MC (Medici Competenti) e i MA (Medici Autorizzati), gli EQ (Esperti Qualificati), gli RLS (Rappresentanti dei Lavoratori per la Sicu-

rezza), i Responsabili di contratto e quelli di procedura. L'organigramma funzionale del SGI è illustrato in figura 6.

Una volta progettato il sistema, i target più rilevanti sono stati:

- renderlo operativo nel Centro perché le sue prassi e procedure diventino patrimonio di conoscenza di tutti, e soprattutto,
- “costruire la partecipazione diretta” al sistema di tutti i dipendenti, nessuno escluso.

La chiave di volta nella operatività del sistema è un organismo istituito internamente al Centro, la COMMISSIONE TECNICA (CT) di SIAMESI, i cui membri, nominati dai Direttori delle UTS (macro Unità Tecnico Scientifiche dell'Ente), rappresentano le Unità Tecniche (Sezioni) che operano nel Centro e alla quale partecipano anche altre figure (RLS, responsabile magazzino, responsabili di procedura ecc.) con compiti “di legge” o “istituzionali” nel sistema. I membri della Commissione svolgono un ruolo attivo e di comunicazione tra SIAMESI e i dipendenti; più precisamente hanno l'onere di:

- discutere e concordare le procedure relative agli aspetti operativi da adottare sugli impianti e nei laboratori delle Unità Tecniche e, in generale, in tutti gli ambienti di lavoro del sito;
- diffondere le stesse procedure al personale interno e verificarne lo stato di applicazione, l'efficacia e l'adeguatezza, proponendo eventuali modifiche o integrazioni in seno alla Commissione.

La Commissione Tecnica rappresenta anche l'impegno assunto di fatto da parte dei Direttori delle Unità Tecnico Scientifiche dell'Ente a partecipare direttamente al progetto di miglioramento delle performance ambientali e di sicurezza del Centro.

La Commissione Tecnica ha una importanza primaria, dato che funge da anello di trasmissione da e verso SIAMESI e consente di “portare” le reazioni e i comportamenti del personale tecnico all'interno del sistema, e viceversa, impedendo che procedure, prassi e regole stabilite risultino imposte piuttosto che concordate al fine di ottenere il massimo



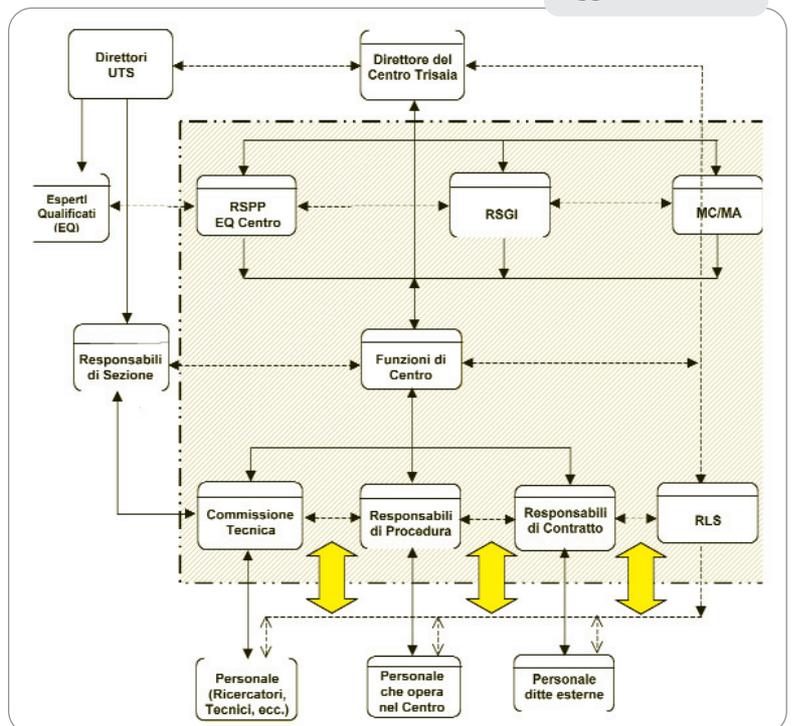
Figura 5
Attività fondamentali di un Sistema di Gestione Integrata (SGI) nell'ottica del ciclo di Deming (PDCA)

consenso partecipativo del personale.

Le riunioni della Commissione Tecnica, i cui lavori sono stati avviati in aprile 2004, si tengono con cadenza mensile ed hanno per oggetto: il test e la validazione di procedure e istruzioni di controllo operativo, proposte per i Programmi Annuali di Formazione e Comunicazione; scambi informativi su problemi e formazione su prassi; uso di moduli; modalità di svolgimento di attività tipiche del sistema come, ad esempio, gli audit; la sorveglianza e misurazione; l'impiego di strumenti come le Non Conformità.

Tale Organismo di Centro, adottato in via sperimentale, è ritenuto strategico per il rea-

Figura 6
Organigramma funzionale di SIAMESI: sono attori “diretti” del SGI tutti quelli in “area grigia tratteggiata”



le successo del SGI perché, consentendo una comunicazione bi-direzionale tra il personale e il RSGI, evita di percepire le norme di comportamento e di buone prassi in via di attuazione come “regole aggiuntive” a quelle già vigenti.

Risultati

La specificità delle attività di ricerca, per natura scarsamente prevedibili nel loro decorso, anche temporale, e dunque altrettanto difficilmente proceduralizzabili, ha obbligato i progettisti, in vari punti del “percorso”, a sperimentare la reale applicabilità di metodologie e tecniche proprie della progettazione dei Sistemi di Gestione al fine di adeguarle efficacemente allo specifico contesto, facendo di SIAMESI un “autentico progetto di ricerca” e di Trisaia un “reale prototipo”.

La realizzazione di SIAMESI ha consentito di formalizzare il flusso di competenze e professionalità che da sempre costituiscono le risorse tecniche indispensabili alla gestione di una grande infrastruttura scientifica come il Centro della Trisaia. Il Sistema ha senza dubbio inciso profondamente nell'organizzazione delle modalità operative di gestione all'interno del Centro, in termini di maggiore sensibilizzazione ai problemi ambientali e della sicurezza e ha portato ad un cambiamento positivo dei rapporti interni, nella consapevolezza e nell'apprezzamento del reciproco contributo attivo del personale coinvolto. Più in particolare sono emerse in tutta evidenza:

- la necessità di formalizzare il controllo operativo, proceduralizzando i compiti relativi allo svolgimento di attività di alto impatto sull'ambiente (come la gestione dei rifiuti) o con più alti rischi connessi con la sicurezza (come ad esempio l'utilizzo di sostanze pericolose), sia pure con le evidenti difficoltà relative a certe specificità della ricerca sopra menzionate;
- l'obbligo di fornire una maggiore informazione e formazione, soprattutto al personale interno coinvolto direttamente nel sistema;

- la modifica indotta nella rete di relazioni tra chi svolge i compiti inerenti il sistema e gli altri dipendenti, determinata dalla individuazione di regole comportamentali e flussi di comunicazione, attraverso procedure messe a punto in collaborazione da unità gestionali e tecniche attraverso la Commissione Tecnica.

Conclusioni

SIAMESI ha costituito nei fatti l'occasione e il mezzo per strutturare organicamente il comportamento di quanti operano nel Centro, peraltro già consapevoli del fatto che, proprio perché in un Centro di Ricerca, essi hanno un ruolo privilegiato nella pratica e nella diffusione di comportamenti ambientalmente corretti e intrinsecamente sicuri.

Anche la sperimentazione di specifici indicatori di *performance*, che per motivi evidenti non possono essere quelli impiegati per un settore produttivo “classico”, richiederà una seria riflessione su specifici “indici di produttività” efficaci e adeguati al contesto della ricerca: questo aspetto entra con pieno diritto nel dibattito scaturito dal cambiamento profondo della ricerca, che richiede un indispensabile ripensamento del valore e della misura della produttività al suo interno.

Inoltre, la duplice certificazione ottenuta ha l'ulteriore risultato di accreditare il Centro della Trisaia come soggetto di riferimento per il territorio.

Obiettivo del Centro è divulgare anche all'esterno i concetti di prevenzione e di lavoro sicuro e rispettoso dell'ambiente, mediante azioni di sensibilizzazione, formazione e informazione e promuovere, presso gli altri *stakeholders* del territorio, l'adesione volontaria agli strumenti di gestione ambiente e sicurezza, credendo nella loro efficacia nel perseguire gli obiettivi di sviluppo sostenibile. Le certificazioni acquisite dal Centro, oltre a conferire maggiore visibilità ed emblematicità alle attività dell'ENEA costituiranno senz'altro stimolo e riferimento per le realtà economiche e pubbliche presenti sul territorio.

Gli autori ringraziano l'ingegner Gaetano Caropreso per il sostegno fornito e i preziosi consigli elargiti nel corso del progetto e, in generale, nello svolgimento della loro attività.

Ringraziano altresì tutti i colleghi di Trisaia per la grande disponibilità e il fattivo contributo prestato durante tutte le fasi di progettazione, sviluppo e certificazione del Sistema.

Note

- [1] Secondo il D. Lgs. n. 257/2003 di "Riordino della disciplina dell'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente - ENEA".
- [2] Per informazioni di maggiore dettaglio si veda il sito web dell'Ente: www.enea.it.

Bibliografia

- Agnetis C., *Qualità, Ambiente, Sicurezza e Igiene: il futuro è nei Sistemi di Gestione Integrata*, De Qualitate, gennaio 2001.
- Andriola L., Di Saverio M., Manzione P., Pezone M., *Green Procurement – Obiettivi, criteri e principali esperienze in atto*, ENEA, RT/2003/2/PROT.
- Andriola L., Ajello F., *Green Purchasing: opportunità e innovazioni per l'acquisto di prodotti e servizi "ambientalmente sostenibili"*, Qualità, novembre-dicembre 2003.
- Armanini B., *Il Green Public Procurement come opportunità per lo sviluppo dell'EMAS, Convegno "Il presente e il futuro della certificazione ambientale"*, Pisa, Scuola Superiore S. Anna, 7 febbraio 2005.
- Baldin A., (a cura di), *Principi generali per l'integrazione dei sistemi: Ambiente, Qualità, Sicurezza, Etica*, AICQ, FrancoAngeli Ed., 2000.
- Barbiroli G. (2003), *Quando la gestione integrata migliora la competitività*, Ambiente e Sviluppo, 4/2003.
- Beltramo R., Bechis M., Biolo M., Andreis D., *Sistemi di Gestione*, De Qualitate, ottobre 2004 e novembre 2004.
- BSI (1999), *Occupational Health and Safety Management Systems - Specifications, OHSAS 18001*.
- Buonamici R., Buttol P., Masoni P., Misceo M., Naldesi L., Rinaldi C., Sara B., Taraborrelli, *Adoption of Integrated Product Policy by SMEs: the eLCA Project*, Eurosustain 2002, Rhodes, Greece, 2-5 April 2002.
- Cajazeira J.E.R., *Le système de management intégré de Bahia Sul s'engage dans la "triple approche" et la communication*, ISO Management Systems, Janvier-Février 2004.
- Chiarini A., *Sistemi di gestione per la Qualità – Vision 2000*, FrancoAngeli ed., 2003.
- Colombo F., Penati G., Warnots, E., *I Sistemi integrati per la Gestione di Qualità, Ambiente e Sicurezza*, Qualità, ottobre 2004.
- Consorzio Qualital, (a cura di), *L'approccio per processi in un Sistema di Gestione integrato Qualità-Ambiente*, Qualità ottobre 2004.
- Fieschi M., Medugno M., contributi di, *Green Public Procurement: Le istruzioni per plastica, legno e carta*, Ambiente e Sicurezza, il Sole 24 Ore, N. 7, 29 marzo 2005.
- De Jacq L., *L'integrazione come fonte di vantaggio competitivo*, De Qualitate, gennaio 2000.
- Fioretti P., Mancini G., *Qualità, Sicurezza e Ambiente ... le tre sfide delle aziende*, Ambiente & Sicurezza sul lavoro, 9/2004.
- Fortunati F., Sergi S., *La Certificazione della Sicurezza, I sistemi di gestione secondo la norma OHSAS 18001*, Il Sole 24 Ore, 2002.
- Gervasoni S., *Sistemi di Gestione Ambientale*, Biblioteca Tecnica Hoepli, 2000.
- Hortensius D., Bergenhenegouwen L., Gouwens R., de Jong A., *Vers un modèle générique pour l'intégration des systèmes de management*, ISO management Systems, Janvier-Février 2004.
- Jørgensen T., H., Mellado M., D., Remmen, A., *Integrated Management Systems*, 2004.
- Luciani R., Andriola L., Caropreso G., Paci S., Vignati S., Vignoni C., *Linee Guida per l'integrazione dei sistemi di gestione ambiente e sicurezza nelle aziende a rischio di incidente rilevante*, ENEA, Unità di Comunicazione e Informazione, luglio 2000.
- Mason P., Sara B., Scimia E., Raggi A., *VerdEE- a tool for adoption of life cycle assessment in small and medium sized enterprises in Italy*, Progress in Industrial Ecology, Vol. N. 1/2/3, 2004.
- Matias J. C. O., Coelho D. A., *The integration of the standards systems of quality management, environmental management and occupational health and safety management in International Journal of Production Research*. Vol. 40, no. 15. p. 3857-3866. Taylor & Francis.
- Riccio V. A., *ISO 14001 Stato dell'arte*, De Qualitate, luglio-agosto 2002.
- Scipioni A., Arena F., Morelli A., (a cura di), *Indagine sulla certificazione ambientale secondo la norma UNI EN ISO 14001*, Università degli studi di Padova, Centro Studi Qualità Ambiente e SINCERT, 2004.
- Shaw O., *A to Z of integrated management systems*, In *Engineering Management*, February 2003. P. 38-39.
- Thione L., *I Sistemi di Gestione Integrati, La moderna evoluzione della cultura e della prassi della qualità e della certificazione*, Relazione SINCERT, ottobre 2004.
- Thione L., *Sviluppi delle certificazioni Ambientali in Italia, La moderna evoluzione della cultura e della prassi della qualità e della certificazione*, Relazione SINCERT, 4 novembre 2004.

L'ENEA al servizio della Pubblica Amministrazione per lo sviluppo sostenibile

EMILIO MANILIA*,
GIUSEPPE FERRARI

ENEA

Unità di Agenzia per lo
Sviluppo Sostenibile

studi & ricerche

L'Ente svolge da tempo un'attività di supporto alla Pubblica Amministrazione mediante l'erogazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica. L'esperienza maturata indica l'importanza di creare a livello territoriale una cultura energetica e ambientale che si traduca in strutture organizzate con le necessarie competenze tecniche, amministrative e gestionali

ENEA at the service of the Public Administration to encourage sustainable development

Abstract

The article describes a number of projects and activities carried out by ENEA for local and national government administrations.

It highlights the difficulties that often beset their operations, partly because of the current legislative and regulatory system, which broadened their role but also gave them new and more burdensome tasks. In this new context, there is a pressing need to improve the local structures from the technical and organizational standpoint. ENEA makes an important contribution in this sense, because of its institutional role, its competence and its organization

*con la collaborazione di: C. Calvaresi, C. Ciciolla, G. Fasano, E. Ferrero, G. Lai, M. Marani, A. Soragnese

Lo sviluppo competitivo e sostenibile rientra tra le missioni fondamentali dell'ENEA. Il ruolo dell'ENEA è infatti tradizionalmente legato alla centralità della questione energetica ed ambientale, in particolare per quanto concerne la promozione e la diffusione di tecnologie ad elevata efficienza energetica e, al tempo stesso, di minimo impatto ambientale.

A tal fine, i Piani di programmazione triennali dell'ENEA, che perseguono il raggiungimento di questi obiettivi, affiancano alla tradizionale attività tecnico-scientifica dell'Ente anche un'attività di agenzia di promozione e diffusione a vari livelli. L'esperienza maturata ha infatti messo in luce alcuni aspetti critici che rendono opportuna un'attività di agenzia per una corretta ed omogenea attuazione delle leggi nazionali. A livello territoriale non sempre, infatti, si riscontrano armonizzazione e coordinamento nell'applicazione di metodologie, procedure e standard nei campi dell'efficienza energetica e delle fonti energetiche rinnovabili. Una maggiore omogeneizzazione ed armonizzazione sul territorio nazionale nell'attuazione delle politiche energetiche si rende perciò necessaria e, a tal fine, non si può prescindere anche da una maggiore integrazione tra le istituzioni che, a vario titolo, devono concorrere allo sviluppo socio-economico del Paese.

In questo quadro, le attività di agenzia dell'ENEA, oltre alla funzione di supporto tecnico ai Ministeri, forniscono, in particolare, la necessaria funzione di raccordo tra la Pubblica Amministrazione (PA) centrale e quella periferica, in un ambito di complementarietà e supporto alle attività di ricerca che l'Ente svolge nei confronti del Sistema Paese.

Linee di indirizzo strategiche a sostegno della PA

L'ENEA svolge da tempo una funzione di

supporto alle PA mediante l'erogazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica, essendo consapevole che barriere, di vario tipo, hanno di fatto fino ad oggi impedito, nel nostro Paese, una ampia diffusione delle tecnologie di risparmio energetico e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili, malgrado le raccomandazioni, le direttive e gli impegni presi dal governo anche in contesti internazionali come il Protocollo di Kyoto.

A tal fine, l'ENEA ha organizzato un'apposita struttura, l'Unità di Agenzia (UDA), che, sulla base della passata esperienza e di un'attenta analisi delle esigenze del settore energetico, è in grado di proporsi a tutti i livelli istituzionali come braccio operativo tecnico-scientifico nei seguenti tre ambiti di intervento:

1. supporto alla Pubblica Amministrazione Centrale (PAC), per contribuire alla definizione delle politiche comunitarie e nazionali, all'attuazione delle leggi e dei programmi di interesse pubblico nel settore degli usi efficienti dell'energia e dello sviluppo sostenibile;
2. supporto alla Pubblica Amministrazione Locale (PAL), per la definizione di strumenti di programmazione e di attuazione a livello territoriale attinenti le politiche energetico-ambientali, nonché per la realizzazione e la fornitura di servizi avanzati e progetti mirati;
3. contributo alla competitività del Sistema Impresa (PMI), attraverso il ricorso a tecnologie innovative e ad alta efficienza nel quadro della globalizzazione dei mercati e nel rispetto dei principi di sostenibilità.

In particolare, nei confronti della PAL, l'UDA ha realizzato, tramite apposite convenzioni, contratti, accordi programmatici, specifiche attività che rientrano nelle seguenti tipologie di interventi:

- formazione di tecnici regionali, provinciali e comunali, *energy manager*, progettisti, installatori e manutentori di impianti energetici;
- pianificazione energetica ambientale (in 14 Regioni, 4 Province e 5 Comuni);
- supporto per il coordinamento regionale delle verifiche degli impianti termici ai sensi del DPR 412/93 e sue modificazioni;
- supporto per l'attuazione delle misure energetiche ed ambientali dei POR (Programmi Operativi Regionali);
- istruttorie delle domande di incentivazione energetica dei bandi regionali;
- supporto alla creazione di impresa tramite l'utilizzo di Lavoratori di Pubblica Utilità (LPU) nel Progetto Comune Solarizzato e nel Progetto verificatori di impianti termici.

In questo ampio e diversificato contesto, l'Unità di Agenzia dell'ENEA è perciò in prima linea per rispondere alla necessità di supporto e di orientamento delle politiche energetiche della PA locale, anche grazie all'attivazione di un'apposita rete di uffici ENEA, presenti nella maggior parte dei capoluoghi di Regione (denominati Centri di Consulenza Energetica Integrata – CCEI), che hanno lo scopo di fornire assistenza al territorio sui temi energetici, in collaborazione con le Unità Tecnico-Scientifiche dell'ENEA, in particolare per l'attuazione del risparmio energetico e lo sviluppo delle fonti rinnovabili.

Per inquadrare l'evoluzione storica del ruolo dell'ENEA nei confronti della PA in materia di energia, bisogna ricordare che agli inizi degli anni 90 l'uso razionale dell'energia e lo sviluppo delle fonti rinnovabili costituivano uno degli obiettivi principali previsti dal Piano Energetico Nazionale del 1988, le cui specifiche norme di attuazione furono emanate mediante le leggi 9 e 10 del 1991.

L'azione dell'ENEA, per buona parte degli anni 90, fu perciò improntata al supporto

alla PA centrale per la promozione e l'attuazione di queste leggi, in particolare la legge 10/91, ed all'assistenza verso la PA locale, in particolare tramite i CCEI.

Successivamente, dalla fine degli anni 90 ai primi anni del 2000, l'evoluzione politica e le spinte regionalistiche hanno portato al decentramento amministrativo in materia di energia, riducendo notevolmente il ruolo dei Ministeri nelle scelte di politica energetica a beneficio delle autonomie regionali e locali. Inoltre, in virtù della recente modifica del Titolo V della Costituzione, l'energia, per gli aspetti legati alla produzione, trasporto e distribuzione nazionale, è diventata, tra le altre, materia di legislazione concorrente tra lo Stato e le Regioni.

Questo nuovo quadro risulta perciò particolarmente favorevole per uno sviluppo ulteriore dei tradizionali ambiti d'intervento dell'ENEA. Si pensi ad esempio alle attività relative all'uso razionale dell'energia, alle fonti rinnovabili, alla pianificazione del territorio e dei relativi interventi di gestione energetico-ambientale, ai piani energetici, agli obblighi di legge sugli impianti termici ecc..

Il decentramento, tuttavia, ha portato anche ad un elevato numero di nuovi potenziali interlocutori (Regioni ed Enti Locali), i quali non sempre hanno specifiche competenze su tali argomenti e, quindi, molte volte non hanno la possibilità di gestire la complessa attività tecnico-normativa legata agli obblighi di legge o a sostenere autonomamente eventuali scelte di politica energetica. Tenuto conto che le risorse dell'ENEA non sono sufficienti a soddisfare puntualmente la potenziale domanda del territorio, sono state necessariamente individuate alcune azioni che fossero comuni agli interessi dei tanti interlocutori, standardizzate per renderle facilmente replicabili dalle risorse interne, e risolutive di obblighi e adempimenti di leggi su alcune specifiche tematiche dell'efficienza energetica.

Uno strumento ritenuto indispensabile a tal fine è stato quello della formazione, che consente direttamente ai beneficiari di svolgere più efficacemente il ruolo di attori dello sviluppo sostenibile. L'azione formativa, tuttavia, non è sufficiente da sola a garantire la realizzazione delle scelte di politica energetica, data la complessità delle iniziative da mettere in campo per l'attuazione delle direttive e della legislazione in continuo sviluppo. La formazione va quindi necessariamente associata ad un supporto e ad un affiancamento diretto degli operatori locali trasferendo e fornendo loro metodologie e servizi. Per tale motivo sono stati messi a punto progetti finalizzati ad integrare varie esigenze: l'attuazione della normativa, l'uso razionale dell'energia e l'utilizzo delle fonti rinnovabili e in generale azioni orientate allo sviluppo sostenibile. In particolare, sono state attivate campagne informative riguardanti l'attuazione delle disposizioni legislative, la promozione dell'uso razionale dell'energia e delle fonti rinnovabili e la promozione di apparecchiature a basso consumo energetico. Oltre alle suddette attività, già realizzate per le PAL in vari contesti territoriali, l'ENEA ha in corso od in previsione le seguenti attività:

- la costituzione dell'ufficio "città sostenibile" per i comuni singoli o consorziati;
- la qualificazione energetica del patrimonio immobiliare pubblico ai fini della certificazione energetica;
- la realizzazione di sistemi informatici per la semplificazione delle attività delle PA per la valutazione dei progetti e per l'erogazione di incentivi;
- la predisposizione di piani di comunicazione mirati attraverso strumenti tradizionali ed avanzati quali, ad esempio: materiale divulgativo, convegni e seminari, istituzione di numeri verdi e realizzazioni di appositi siti web regionali;
- la realizzazione di interventi formativi nel campo dell'uso razionale dell'energia e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili, favorendo con ciò la nascita di nuove ed adeguate figure professionali qualificate, come gli installatori di pannelli solari e di pannelli fotovoltaici;
- l'assistenza per la creazione degli uffici energia per l'attuazione delle leggi energetiche (legge n. 239/2004, legge 10/1991, D.Lgs. 387/2003, certificazione energetica degli edifici in attuazione della direttiva 2001/91/CE, efficienza energetica negli usi finali dell'energia decreti del 20 luglio 2004, ecc.);
- il supporto tecnico per la realizzazione degli accordi volontari ed altri strumenti di programmazione per lo sviluppo sostenibile;
- l'individuazione ed utilizzo di nuovi strumenti finanziari di incentivazione;
- lo sviluppo di nuovi strumenti avanzati di analisi energetica territoriale, anche georeferenziati.

Alcuni di questi progetti verranno più diffusamente trattati nei paragrafi che seguono per illustrare il quadro tecnico-scientifico delle attività e per dare maggiore evidenza alle azioni realizzate ed alle ricadute che queste attività hanno prodotto nei confronti delle Amministrazioni Locali.

L'ENEA a supporto della politica energetico-ambientale della PA

Come è già stato accennato, l'energia, in virtù della legge costituzionale n. 3/2001 che ha modificato il Titolo V della Costituzione per gli aspetti legati alla produzione, trasporto e distribuzione nazionale è, tra le altre, materia di legislazione concorrente tra lo Stato e le Regioni. Il ruolo che la legislazione assegna in materia energetica alle Regioni e, in subordine, alle Province e agli Enti locali a cui sono demandati essenzialmente compiti amministrativi ed attuativi, risulta perciò fondamentale anche nell'am-

bito della politica energetica nazionale. La politica energetica regionale e locale deve, infatti, rispondere alle esigenze del proprio territorio ma, allo stesso tempo, raccordarsi a quella più generale di interesse nazionale. Punto fondamentale di snodo nel processo di decentramento attualmente in corso in campo energetico-ambientale, è l'affermarsi di una prassi programmatica, esplicitantesi attraverso un Piano energetico-ambientale finalizzato all'integrazione con gli altri Piani territoriali e settoriali, in un'ottica di sviluppo sostenibile del territorio.

L'importanza della realizzazione dei Piani energetico-ambientali a livello regionale è stata ribadita, tra l'altro, nel giugno 2001 dal "Protocollo d'intesa della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome per il coordinamento delle politiche finalizzate alla riduzione delle emissioni di gas - serra nell'atmosfera", noto come "Protocollo di Torino", che si prefigge lo scopo di "pervenire alla riduzione dei gas serra, così contribuendo all'impegno assunto dallo Stato italiano nell'ambito degli obblighi della UE stabiliti dagli accordi internazionali e programmato nella delibera CIPE 137/98 del 19.11.1998".

Il Piano energetico-ambientale si configura, dunque, tra gli strumenti principali di politica energetica regionale e locale, per la cui predisposizione ed attuazione molte Amministrazioni regionali e locali necessitano tuttavia di una valida azione di supporto, di carattere metodologico, tecnico ed organizzativo. Questa azione di supporto è stata svolta fin dai primi anni 90, sulla base di quanto disposto dall'art. 5 della Legge 10/91, in larga misura anche dall'ENEA, che ha contribuito finora, su richiesta delle rispettive Amministrazioni, alla predisposizione dei Piani energetico-ambientali di 14 Regioni, 4 Province e 5 Comuni. L'attività dell'ENEA si svolge quasi ovunque in collaborazione con strutture locali, come Agenzie regionali, Università, Consorzi, Società private e singoli esperti.

L'Agenzia per lo sviluppo Sostenibile dell'Ente svolge il ruolo di supporto tecnico-scientifico ed organizzativo del Piano, contribuendo in particolare attraverso uno specifico percorso metodologico alla definizione del quadro conoscitivo (struttura ed analisi dei consumi energetici, scenari energetico-ambientali, potenziali di risparmio energetico e di sfruttamento di risorse energetiche rinnovabili) e alla individuazione degli interventi nei vari settori. Questo approccio consente, in via di principio, di dare continuità e unitarietà territoriale alla programmazione energetica di Comuni e Province appartenenti ad una stessa Regione e favorisce inoltre il confronto tra ambiti territoriali omogenei appartenenti a zone geografiche diverse.

Per la predisposizione dei Piani energetico-ambientali l'ENEA opera, quindi, assicurando una funzione trasversale di servizio al Sistema Paese. Questa stessa funzione viene assicurata più in generale anche nei settori di propria competenza, quali energia, ambiente, innovazione tecnologica, per la definizione e l'attuazione delle leggi, dei programmi di interesse pubblico e delle politiche nazionali, regionali e locali.

Particolarmente importante è il ruolo svolto dall'ENEA nell'ambito del Quadro Comunitario di Sostegno in qualità di soggetto attuatore nel Programma Operativo Nazionale di Assistenza Tecnica e Azioni di Sistema (PON-ATAS) per progetti finanziati, rispettivamente, dal Fondo Europeo di Sostegno Regionale (FESR) e dal Fondo Sociale Europeo (FSE), e più in particolare per:

I - l'assistenza tecnica ed il coordinamento delle politiche di sviluppo regionale che prevede il Progetto "Interventi di supporto per il potenziamento delle attività di coordinamento, indirizzo, assistenza tecnica alle Regioni nel settore dell'energia", articolato in:

- assistenza tecnica e attività di indirizzo alle Regioni per la loro attività di program-

mazione territoriale nel settore dell'energia;

- trasferimento alle Regioni di una metodologia per l'implementazione di un sistema informativo energetico ambientale a scala locale;
- assistenza tecnica e consulenza alle Regioni in merito a misure per la produzione di energia da fonti rinnovabili e la riduzione dell'intensità energetica nei settori di uso finale.

II – la formazione della Pubblica Amministrazione ed azioni di sistema per le politiche per l'inserimento al lavoro e l'adeguamento del sistema formativo (FSE) che prevede il Progetto "Sviluppo di modelli e strumenti formativi di riqualificazione e rafforzamento della Pubblica Amministrazione nel settore energetico", articolato in:

- individuazione della criticità del sistema di competenze della Pubblica Amministrazione locale per l'attuazione delle politiche energetiche;
- promozione dello sviluppo di competenze specifiche in materia energetica;
- valorizzazione e più ampia utilizzazione degli strumenti informativi e metodologici in campo energetico.

I campi d'intervento dell'ENEA sono, pertanto, riconducibili ad un'area di attività di studio, analisi e ricerca che trova il suo centro di intersezione fra economia, energia, ambiente e tecnologia.

Essi possono essere così definiti e riassunti:

Analisi energetico ambientale

Riguardano l'analisi del sistema energetico italiano, attraverso lo studio dei parametri chiave e degli andamenti del quadro macroeconomico, energetico ed ambientale a livello mondiale, europeo, nazionale e regionale italiano. Le attività svolte all'interno di questo campo di intervento sono:

1-la redazione del *Rapporto Energia e*

Ambiente, rapporto annuale prodotto su indicazione del Ministero delle Attività Produttive, in collaborazione con il Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio e l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, che raccoglie i risultati degli studi svolti dall'Unità nel settore energetico e si avvale per gli aspetti tecnologici della collaborazione di tutte le Unità tecniche dell'Ente. Lo studio riguarda l'analisi e la valutazione dei mutamenti del quadro nazionale e regionale e degli effetti su di essi dei grandi eventi internazionali. La situazione nazionale è studiata sia in relazione alla domanda di energia, riferita ai tradizionali settori dell'industria, sia in relazione all'offerta delle fonti (petrolio, gas naturale, carbone, elettricità e rinnovabili) sia in relazione alla evoluzione delle politiche energetiche regionali. Il Rapporto rappresenta ormai il documento informativo di base sul sistema energetico italiano per le Amministrazioni centrali e periferiche, gli enti di ricerca, l'Università, le scuole, i privati;

2-la elaborazione di *scenari energetico-ambientali* a livello nazionale e regionale italiano. Questa attività raccoglie i risultati di una attività di ricerca sulla modellistica energetico ambientale basata sullo sviluppo e l'adattamento al caso italiano del modello MARKAL-MACRO (un modello tecnologico-economico di equilibrio generale). Prossimo obiettivo di questa attività è la costruzione di scenari nazionali al 2030 nel caso "tendenziale" e in alcuni casi specifici, per l'analisi degli effetti di alcuni eventi internazionali;

3-le *analisi energetiche regionali*, che rappresentano per le Regioni, in particolare quelle dell'Obiettivo 1 per le quali è stato avviato nel 2003 un apposito programma di sostegno (due Accordi di Programma con il Ministero

per le Attività Produttive), uno strumento fortemente integrato con gli interventi di politica energetica locale. Si tratta di un'attività volta complessivamente al miglioramento del quadro conoscitivo di base, energetico, statistico, economico e strutturale delle Regioni, che coglie i risultati degli altri studi di questa linea e li riporta alle diverse realtà regionali. In tale quadro, gli altri obiettivi annuali di dettaglio sono definiti in un costante rapporto con le esigenze di programmazione energetica delle Regioni, in accordo con i Coordinamenti Interregionali Energia e Ambiente (nei quali l'Unità svolge funzione di Segreteria Tecnica) e con il Ministero delle Attività Produttive;

4- *le elaborazioni statistiche in campo energetico*, svolte in collaborazione con il Ministero per le Attività Produttive e con il Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio, che producono elaborazioni originali a livello locale e costituiscono un riferimento nazionale, anche per la loro integrazione nel SISTAN (Sistema Statistico Nazionale) del quale l'ENEA è parte attiva attraverso l'Ufficio di Statistica che fa capo all'UDA. Queste elaborazioni sono orientate verso tre diverse linee di attività. La prima riguarda l'aggiornamento della statistica nazionale e del Bilancio Energetico Nazionale, in collaborazione con l'Ufficio Statistico del Ministero delle Attività Produttive e porta ogni anno alla pubblicazione del volume "I dati", appendice statistica del *Rapporto Energia e Ambiente*. La seconda linea riguarda la elaborazione dei dati statistici regionali, e porterà all'aggiornamento dei Sistemi Informativi Regionali (SIER - circa 7.000 serie storiche) per le Regioni dell'Obiettivo 1, nell'ambito delle azioni previste nell'Accordo di Programma con il Ministero delle Attività Produttive. La terza linea riguarda la elaborazione

di indicatori di efficienza energetica per l'Italia e l'analisi delle metodologie di elaborazione dei dati di emissione di CO₂ a livello europeo, secondo metodologie concordate a livello internazionale nell'ambito di progetti di collaborazione europei;

5- *l'analisi sullo stato e le potenzialità delle fonti rinnovabili (FER) e del risparmio energetico*, con riferimento alla situazione a livello nazionale e locale, in relazione a: normativa, contributo all'offerta di energia, impatto sociale e ambientale, stato delle tecnologie. L'attività di analisi sulle fonti rinnovabili, oltre alla valutazione delle potenzialità e della attuale produzione nazionale di energia elettrica e calore, del loro possibile contributo negli scenari nazionali al 2030, del ruolo dei costi ambientali nel loro sviluppo, dei meccanismi di incentivazione, dello stato delle tecnologie con particolare rilievo ai grandi progetti di ricerca (come il progetto ENEA sul solare ad alta temperatura) è anche focalizzata sul mercato, sullo stato, sui vincoli e sulle potenzialità dell'industria nazionale del settore. L'attività sull'uso efficiente dell'energia riguarda sia analisi a livello locale sulle potenzialità di risparmio sia studi collegati a progetti europei sulle politiche e misure, nazionali ed europee, per l'efficienza energetica negli usi finali e sulla diffusione delle tecnologie per l'uso efficiente dell'energia. Nel primo caso l'attività è focalizzata sull'analisi delle potenzialità di risparmio nei settori industriali (distretti) delle Regioni dell'Obiettivo 1, mentre nel secondo caso l'attività riguarderà lo studio delle politiche di sostegno al risparmio negli usi finali elettrici attraverso l'etichettatura energetica (progetto "Energy Labels" dell'UE), la partecipazione al processo di standardizzazione della normativa europea e mondiale sull'efficienza energetica in alcu-

ni usi finali (forni), la valutazione del sistema edilizio residenziale in funzione del processo di implementazione nazionale della direttiva 2002/91/CE sull'efficienza energetica degli edifici (progetto "FRAMES");

6- le *analisi delle problematiche energetico ambientali* connesse alle molteplici fasi del processo di raffinazione del petrolio e descrizione delle misure idonee al miglioramento complessivo dell'intero processo e lo studio degli effetti di tali misure sulla salute umana. L'attività è il contributo ENEA al Progetto Finalizzato 2001 ISPEL "Rilascio in atmosfera di sostanze tossiche: previsione, prevenzione e protezione della salute umana", finanziato dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro e dal Ministero della Salute;

7- le *analisi territoriali ambientali*, in applicazione alla direttiva UE sulla VAS (Valutazione Ambientale Strategica), volte alla realizzazione nelle varie Regioni di piani e programmi ambientali, infrastrutturali e di sviluppo.

I settori di analisi sono i sistemi produttivi: industriali, compresi i distretti; agroindustriali; turistici; i piani e programmi regionali e delle istituzioni locali.

In questo ambito sono state realizzate varie banche dati e sistemi GIS per la loro georeferenziazione, e sviluppati vari progetti di SIT (Sistema Informatico territoriale) per ARPA regionali e provinciali e/o per Province e Comuni.

Analisi tecnologiche

Le attività svolte all'interno di questo campo di intervento sono:

1- le analisi effettuate nell'ambito dell' "Osservatorio sull'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale", dell'ENEA,

che consistono nella elaborazione di analisi e valutazioni sullo stato e sulle dinamiche, anche tendenziali, della competitività tecnologica dell'industria italiana, attraverso una metodologia originale. L'attività è orientata sia su valutazioni complessive dell'alta tecnologia basate sulla elaborazione di indicatori di competitività, sia sulla analisi mirata di tematiche specifiche. I risultati hanno ottenuto numerosi consensi a livello nazionale nel dibattito sulla attuale situazione del settore produttivo, divenuto particolarmente rilevante per la caduta di competitività dell'industria nazionale. La divergenza tecnologica dell'Italia dai principali partner economici ed, in particolare, da quelli appartenenti all'Unione Europea, è un risultato importante scaturito dalle analisi svolte in precedenza fra il 2002 e il 2003, che hanno segnalato la presenza di un nodo strutturale per l'economia del Paese e la necessità di valutarne le implicazioni in termini di sviluppo complessivo;

2- *l'analisi e la valutazione delle innovazioni tecnologiche a maggior impatto socio-ambientale* (Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione, biotecnologie, celle a combustibile) nell'ambito della iniziativa ESTO (European Science and Technology Observatory) della Commissione Europea;

3- *il ruolo di advising alla Pubblica Amministrazione Centrale* per lo studio delle politiche di sostegno al risparmio negli usi finali ed alle analisi delle tecnologie per il risparmio energetico, con la partecipazione al processo di standardizzazione della normativa europea e mondiale sull'efficienza energetica in alcuni usi finali, relativamente alla scelta e l'applicazione di tecniche e tecnologie di produzione ecocompatibili idonee alla progressiva eliminazione delle sostanze organiche persistenti che si possono

sviluppare in determinate fasi di processi produttivi industriali. Il ruolo di *advisoring* è svolto in particolare per gli aspetti tecnici affrontati nelle trattative internazionali in ambito UNEP (United Nations Environment Programme), anche in riferimento alle problematiche connesse all'adozione di moderne soluzioni tecnologiche nei Paesi in via di sviluppo e nelle Economie in transizione;

4- *l'attività di informazione e diffusione finalizzata a costruire strumenti di raccordo con il mondo esterno sia in relazione all'acquisizione dell'informazione specialistica sia in relazione alla diffusione di quanto viene prodotto nelle attività interne. L'impegno in questo settore prevede pertanto sia attività di ricerca su tecniche avanzate di analisi ed elaborazione dell'informazione, sia attività di diffusione dell'informazione prodotta dalle attività indicate ai punti precedenti.*

L'ENEA a supporto della efficienza energetica nel settore civile

Il civile rappresenta uno dei settori maggiormente interessati e destinati a trasformazioni ed interventi nei prossimi anni. La vetustà del parco edilizio ed i cambiamenti nel sistema socio-produttivo comporteranno modifiche sostanziali sulle destinazioni d'uso e sulle opere civili ed impiantistiche. Questo settore, oltre ai problemi specifici degli edifici, dovrà affrontare e tenere conto del contesto urbano correlato con il sistema paesaggistico-territoriale, produttivo, sociale, dei servizi, ambientale, climatico e del comfort.

Un settore che si deve integrare ed armonizzare con diverse esigenze e soluzioni, non sempre di facile applicazione, e deve considerare i nuovi indirizzi che provengono dall'UE, vedi la Direttiva sull'efficienza energetica degli edifici (91/2002/CE), la Direttiva sulle Emission Trading (87/2003/CE), i disposti di legge in via di definizione pres-

so gli Organi Centrali (MIT, MATT ed il MAP), o approvati dalle singole Regioni, i decreti sull'efficienza energetica negli usi finali (20 luglio 2004), il decreto sulla promozione e produzione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili (D.Lgs 387/2003), l'entrata in vigore del Protocollo di Kyoto e le altre norme che regolano e disciplinano il settore.

Vale la pena di soffermarsi su alcuni aspetti che caratterizzano il parco edilizio del civile.

Due sono le categorie in cui si possono inquadrare gli edifici di questo settore, intesi come sistema edificio-impianto:

- edifici per il residenziale;
- edifici per il terziario, da considerarsi ad uso pubblico (istruzione, sanità, Pubblica Amministrazione, trasporto, giustizia, beni culturali, ricerca ecc.) e privato (uffici, commercio, banche, teatri, cinema, musei ecc.).

Gli edifici per il residenziale, prescindendo dalle problematiche della gestione e manutenzione, sono tra loro comparabili; le azioni e le "offerte" sono, pertanto, individuabili in settori e aree che non presentano particolari difficoltà di formulazione di "pacchetti tecnologici" e di "pacchetti funzioni" da offrire al mercato.

Molto più complesso si presenta lo scenario del terziario che, oltre agli aspetti tipologici, si trova a dover affrontare anche quelli energetico-prestazionali, di non facile parametrizzazione per i valori di efficienza e di consumo del sistema edificio-impianto.

Questa difficoltà impone una valutazione del sistema edificio-impianto in considerazione di diversi fattori, opportunamente elaborati ed omogeneizzati, quali:

- dati statistici propri del settore;
- criteri e indicatori energetico-prestazionali;
- parametri di destinazioni d'uso e vincoli derivanti dal rispetto di specifiche norme e leggi;
- fattori di compensazione per quelle tipo-

logie edilizie adattate o ristrutturate ad altri usi rispetto a quelli di progetto, con richieste di utenza, di energia e di qualità a diversi gradi di priorità e livello;

- fattori legati alle esigenze di sicurezza, salubrità e salute secondo gerarchie di importanza e priorità mirate alla destinazione d'uso ed alla richiesta/esigenza dei fruitori (anziani disabili compresi);
- fattori relativi alle soluzioni tecniche adottate, impiantistiche e civili, spesso diverse tra loro e non sempre efficienti per il sistema edificio-impianto.

Il parco edilizio nazionale è caratterizzato da età, vincoli ed interessi storico-artistici molto particolari; non è semplice, quindi, individuare e definire interventi e soluzioni univoche ed energeticamente più efficienti, così come non è semplice poter valutare il fattore costo-beneficio di un progetto che affronti e operi in edifici di valore ed interesse storico-museale.

Oltre a queste considerazioni si devono anche tenere presenti una serie di fattori che condizionano fortemente il nostro parco edilizio, quali:

- la bassa qualità dei progetti e delle realizzazioni, in particolare per l'edilizia *ante* 1977;
- la scarsa attenzione per gli aspetti relativi alla manutenzione ed efficienza del sottosistema edificio-impianto;
- la scarsa presenza di normative e di accorgimenti e soluzioni impiantistiche relative al raffrescamento ed alla ventilazione naturale o mista. L'energia spesa per fornire i ricambi d'aria richiesti dalle norme costituiscono, infatti, un costo non indifferente nella gestione degli impianti.

Generalmente, infatti, i costi economici ed energetici per il recupero edilizio ed impiantistico sono considerevoli ed, inoltre, investono aspetti prettamente energetico-ambientali "indotti".

Da questo scaturisce l'esigenza e la domanda, soprattutto da parte delle PA, di poter utilizzare ed essere affiancati da professiona-

lità e competenze che possano supportare, indirizzare e rendere praticabili le iniziative e le politiche che le strutture pubbliche interessate, centrali e non, si prefiggono di perseguire.

L'ENEA risponde a questa domanda mettendo a disposizione un complesso di interventi e pacchetti finalizzati a rispondere alle richieste dell'ente regionale nel quadro che contraddistingue il sistema socio-economico del Sistema Paese.

La competenza e la conoscenza, oltre la posizione *super partes* dell'ENEA consente di poter garantire una obiettività di scelte ed indirizzi ed una definizione di proposte che tengono conto di quei fattori cogenti tra cui spiccano:

- il maggior peso ai problemi ambientali che solo negli ultimi tempi si stanno affrontando con maggior concretezza e professionalità;
- la visione in un'ottica integrata, a livello nazionale ed internazionale, degli interventi in chiave energetico-ambientale;
- l'utilizzo di impianti a piccola scala di cogenerazione (elettricità e calore);
- lo sviluppo di impianti di teleriscaldamento a scala urbana di quartiere o comprensorio;
- le metodologie e le tecniche per la gestione, manutenzione e controllo degli impianti.

A tal fine l'ENEA si propone con una serie di attività finalizzate a fornire il proprio contributo tecnico-scientifico che, per i Ministeri, si concretizzano in:

- partecipazione alle Commissioni tecniche per la definizione e la proposizione di proposte di normative nel campo energetico ed ambientale, tra cui quella per il Ministero delle Infrastrutture per attuazione dell'art.4 comma 1 e 2 del DPR 412/93, il Ministero dell'Ambiente sulle IPCC e quella del Ministero delle Attività Produttive per il recepimento della Direttiva 91/2002/CE;
- partecipazione a commissioni di valutazione per le fonti rinnovabili;

- partecipazione a gruppi di lavoro finalizzati al recepimento di specifiche normative su prodotti e processi;
- consulenza su attività di promozione e incentivazione di componenti e sistemi nel settore energetico ambientale;
- supporto alla definizione di azioni e progetti per le specificità dei singoli Ministeri.

Per le Regioni e gli Enti Locali le attività consistono principalmente nel:

- promuovere e organizzare corsi di formazione per migliorare la crescita professionale dei quadri tecnici delle PA e dei professionisti del settore in termini di conoscenza tecnologica, innovazione, ambiti tecnico-normativi e sulla competitività;
- contribuire alla promozione ed allo sviluppo delle fonti rinnovabili individuando quelle metodologie e quegli standard necessari per la definizione delle scelte e delle politiche da mettere in atto;
- fornire metodologie e strumenti per la progettazione ed il monitoraggio delle iniziative e dei progetti promossi;
- definire e/o indicare gli standard prestazionali-qualitativi del sistema edificio-impianto da considerare nella messa a punto di norme e strumenti urbanistici;
- fornire assistenza e consulenza, in particolare per le Regioni ed Enti Locali, per la messa a punto di politiche ed azioni mirate all'efficienza energetico-ambientale del sistema territoriale;
- organizzare corsi di aggiornamento e formazione sulle nuove tecnologie e sulle nuove direttive della UE e nazionali;
- fornire assistenza e sostegno tecnico alle Amministrazioni Locali interessate all'avvio di iniziative di sviluppo locale.

Queste attività trovano una posizione strategica nei seguenti principali obiettivi:

- creazione di un data-base di conoscenza delle problematiche del parco edilizio, diversificato per consumi energetici, tipo-

- logia impiantistica e tipologia edilizia;
- indagini, analisi e valutazioni delle tecnologie avanzate, sistemi intelligenti e criteri progettuali da promuovere ed applicare;
- maggiore efficienza energetica del sistema edificio-impianto-territorio-utente;
- promozione di criteri e norme per gli aspetti energetici, di comfort e qualificazione degli ambienti confinati;
- definizione di procedure e metodologie per il *labelling* degli edifici ed apparecchiature;
- valutazione e proiezione dei vantaggi energetico-ambientali di progetti di recupero di edifici o complessi di edifici;
- attivazione dei soggetti e degli operatori interessati per la definizione di progetti partecipati integrati di riqualificazione energetico-ambientale dell'area urbana e di penetrazione di tecnologie di uso razionale ed ambientalmente compatibili, con l'individuazione degli ostacoli e delle condizioni di apertura del mercato agli interventi energetici lato domanda.

L'ENEA a supporto dell'efficienza energetica del settore produttivo

In questi ultimi anni, grazie al determinante impulso dell'UE, è emersa la necessità di considerare gli obiettivi di sviluppo delle imprese all'interno di un concetto di competitività nuovo, sempre nel sostegno di una crescita basata su maggiore occupazione e produttività ma allo stesso tempo sostenibile. Alla dimensione economico e sociale dello sviluppo, l'UE ha aggiunto in modo esplicito la componente ambientale intesa anche come occasione per migliorare il potenziale dell'innovazione tecnologica e degli investimenti che possono così generare occupazione e ricchezza.

Il ruolo del sistema delle imprese deve internalizzare le altre direzioni insite nel concetto di sostenibilità: dimensione etica e sociale, salute e sicurezza, qualità della vita, tutte componenti collegate anche a fattori di contesto e territoriali in cui gli Enti Locali

predisposti alla gestione e programmazione del territorio assumono una importanza fondamentale.

In questo quadro si inseriscono alcuni progetti ENEA in collaborazione con Enti Locali (Regioni, Province e Comuni) che riguardano il settore produttivo.

In epoca di decentramento amministrativo è necessario, perciò, promuovere il rafforzamento strutturale delle imprese e lo sviluppo competitivo del settore attraverso la valorizzazione delle specificità e delle potenzialità locali.

L'aumento e l'affinamento delle conoscenze sulla situazione locale porta a benefici in più direzioni: dall'agevolazione di una progettazione aziendale in senso eco-compatibile, alla promozione di sistemi di gestione ambientale, da una più consapevole programmazione e gestione di servizi e infrastrutture (pubblici e non) allo sviluppo di più efficaci strategie di monitoraggio dell'ambiente locale.

Questo "pacchetto di servizi" ha trovato un buon riscontro presso le Amministrazioni Locali che ne hanno apprezzato i risultati e gli strumenti messi a loro disposizione; per questo motivo si stanno avviando nuove collaborazioni in altre realtà territoriali e nel contempo si sta affinando la metodologia sperimentata.

Il primo progetto svolto in collaborazione con la Regione Veneto ha riguardato i distretti industriali e si è inserito in un programma di diffusione di strumenti, metodologie e sistemi informativi e di supporto alle piccole e medie imprese presenti nei distretti industriali per avviare un processo migliorativo della qualità energetico-ambientale dei loro processi e prodotti.

Il progetto ha consentito di avviare la caratterizzazione del distretto sotto l'aspetto tecnologico, energetico-ambientale e di definire e diffondere strumenti, metodologie e sistemi finalizzati ad avviare un percorso di miglioramento energetico-ambientale e tecnologico di sistemi di gestione ambientale di processo e di prodotto.

Il progetto si è articolato attraverso alcune fasi operative:

- 1-caratterizzazione energetico-ambientale delle aziende del distretto;
- 2-definizione delle problematiche principali del distretto e prime valutazioni su interventi migliorativi;
- 3-impostazione di un data base dei valori di riferimento energetico-ambientali di distretto (benchmark);
- 4-diffusione di risultati ed inserimento del progetto con creazione di un servizio per le PMI nel portale della Regione.

L'obiettivo principale del progetto complessivo era quello di incrementare l'adozione di sistemi, tecnologie e metodologie, applicate volontariamente dalle imprese e incentivate dalla PA, per la protezione dell'ambiente e il miglioramento dell'efficienza energetica, nelle imprese della regione attraverso l'applicazione su un "caso studio" di una metodologia di intervento.

Il progetto ha voluto creare, inoltre, uno strumento a supporto del processo decisionale per l'implementazione di azioni mirate all'efficienza, al risparmio energetico ed al miglioramento ambientale sia per le Autorità Locali sia per gli operatori economici.

Punto di partenza è stato il miglioramento del quadro conoscitivo, energetico, ambientale e tecnologico (benchmarking) dei vari settori produttivi.

Tale azione ha consentito di verificare il posizionamento di ciascuna azienda, in rapporto all'efficienza di utilizzo delle risorse energetiche ed ambientali, rispetto ai valori standard medi e più elevati.

Dall'analisi del posizionamento delle singole imprese è stata costruita la base dati locale e dai confronti interni al database locale e con altre basi di dati esterne sono scaturite indicazioni di linee di azione per la singola imprese o per aree di gruppi affini.

Vanno inoltre sottolineate le ricadute avu-

te sull'intero sistema locale in termini di possibilità di identificazione, da parte dell'Ente Locale, delle politiche economico-sociali più efficaci ed il notevole supporto informativo che ne può derivare ai *policy makers*, per migliorare il loro sistema decisionale.

L'azione descritta si colloca nel tema più generale dell'uso efficiente dell'energia e si propone di supportare le Regioni nella valorizzazione dei distretti/settori industriali locali più significativi. L'attività comprende un'azione di base che affronta l'analisi a livello nazionale dei distretti/settori di interesse delle Regioni ed un'azione specifica della situazione regionale con proposte di interventi di razionalizzazione energetica e, di riflesso, di sostegno alla competitività tecnologica per i settori/distretti di interesse regionale.

Obiettivo finale è l'attuazione di un Sistema Informativo Regionale che diventi uno strumento consultivo per l'Amministrazione ai fini dell'individuazione dei settori industriali più competitivi ai quali dedicare risorse per l'attuazione di progetti industriali di efficienza energetica.

L'analisi territoriale industriale attinge informazioni dalla situazione dei consumi energetici nazionali e regionali negli usi finali riportati nel REA. Per ciascuna Regione l'analisi individua poi un settore industriale o una fonte energetica sulle quali concentrare lo studio e la caratterizzazione.

In generale essa tiene conto dei dati energetici e produttivi di un campione di aziende del distretto/settore industriale, ne valuta la prestazione energetica attraverso la definizione di indicatori di prestazione, li confronta con il *benchmark* nazionale e a conclusione vengono proposti interventi industriali finalizzati all'ottimizzazione dell'indicatore energetico di prestazione.

In particolare per le Regioni Sicilia e Calabria è già stato prodotto lo "Studio

delle caratteristiche energetiche e analisi delle potenzialità di risparmio di energia elettrica nel settore industriale".

Per la Campania si sta completando la caratterizzazione energetica del sistema industriale regionale che permetterà di individuare il settore più interessante per possibili interventi di risparmio energetico.

Per la Puglia è il distretto molitorio pastario della Provincia di Bari quello ritenuto più interessante dal punto di vista energetico; lo studio è in fase di conclusione. In Sardegna è stato analizzato il settore lattiero caseario ed è stato prodotto il rapporto "I consumi energetici nella Regione e specificità del settore industriale lattiero caseario"

Attuazione di misure per la produzione di energia da fonti rinnovabili e riduzione dell'intensità energetica negli usi finali dell'energia

Questa linea affronta il tema generale della promozione delle fonti rinnovabili di energia (FER) e del risparmio energetico. In termini generali le azioni prevedono la definizione di un quadro regionale in merito alla stato di diffusione delle fonti rinnovabili, all'impatto sociale, alla normativa, allo stato delle tecnologie, all'individuazione delle barriere che si frappongono allo sviluppo delle rinnovabili. L'azione, nelle sue fasi operative, prevede l'assistenza alle Regioni per la realizzazione nel territorio delle iniziative previste dai Piani Operativi Regionali relativi allo sviluppo delle fonti rinnovabili e al risparmio energetico.

Le attività di assistenza richieste all'ENEA da parte regionale sono state:

- l'analisi dell'impatto socio-ambientale delle fonti;
- la valutazione delle barriere che si oppongono allo sviluppo;

- l'assistenza tecnica all'espletamento dei bandi regionali di incentivazione e sostegno alle rinnovabili e all'uso efficiente dell'energia (esame del contenuto tecnico dei bandi per garantire la puntuale applicazione di tutte le tecnologie);
- la diffusione e la sensibilizzazione sulle tematiche energetiche delle figure professionali che operano nelle strutture pubbliche (seminari, workshop, convegni, interventi di aggiornamento);
- la creazione e l'implementazione di una rete regionale informativa che coinvolga i responsabili dell'energia degli Enti pubblici regionali nei processi attuativi dei programmi energetici regionali.

In questa linea l'ENEA è stata impegnata nella preparazione di studi e metodologie di analisi, nella fornitura di servizi tecnici di supporto alle Amministrazioni, nella attuazione di eventi di sensibilizzazione e diffusione della cultura energetica. Sul tema dell'impatto ambientale è stato preparato lo studio "L'impatto ambientale del sistema eolico" che offre spunti di riflessione per le Amministrazioni su come valutare oggettivamente l'applicazione della fonte eolica.

Nell'ambito della metodologia per la valutazione dei progetti di impianti a fonte rinnovabile e di risparmio energetico, è stato predisposto un programma di calcolo che permette la gestione tecnico finanziaria di un bando pubblico emanato per incentivare tali progetti. Il software "ENEA 10" analizza le prestazioni energetiche dei singoli progetti e stila la graduatoria finale delle iniziative sulla base di un indicatore di valutazione energetico economica. E' quindi uno strumento utile per le Amministrazioni che in maniera oggettiva possono procedere all'erogazione dei contributi per le iniziative più meritevoli. Il software è adattabile alle esigenze di ciascuna Regione ed è stato già fornito alle Regioni Sicilia, Campania, Puglia e Basilicata.

L'ENEA a supporto degli Enti Locali nella verifica del corretto stato di esercizio e manutenzione degli impianti termici (DPR 412/93 e DPR 551/99)

La verifica degli impianti termici da parte degli Enti Locali è stata introdotta dalla Legge 10/91. Questa legge, attuativa del Piano Energetico Nazionale, ha come obiettivo specifico la riduzione dei consumi energetici attraverso l'uso razionale dell'energia e lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabile. In questa ottica si colloca l'art. 31 della Legge che obbliga i responsabili degli impianti termici ad adottare le misure necessarie per contenere i consumi energetici entro opportuni limiti di rendimento ed a disporre della manutenzione ordinaria e straordinaria secondo le norme UNI e CEI vigenti.

Pur con le semplificazioni introdotte dal DPR 551/99, le cause della scarsa applicazione della legge sono imputate ai notevoli problemi organizzativi e gestionali in capo agli organi tecnici e politici che devono prendere decisioni, anche di tipo squisitamente tecnico, che hanno impatto diretto sul cittadino: costi della verifica, costi della manutenzione ordinaria e straordinaria, visite presso il proprio domicilio del verificatore e del manutentore.

Le difficoltà incontrate dagli Enti Locali nella pratica attuazione di quanto previsto dal DPR 412/93 possono essere in gran parte facilitate dall'azione di coordinamento della Regione con l'affiancamento di un organo tecnico competente in materia.

Negli ultimi anni, a seguito dell'entrata in vigore del DPR 551/99 che ha previsto il coordinamento regionale, l'Unità di Agenzia dell'ENEA ha potuto affiancare la Regione Lombardia e la Regione Emilia e Romagna in tutte le fasi di definizione ed elaborazione delle linee guida regionali, mentre in precedenza ha supportato numerose Province e Comuni.

È ormai prassi comune che gli Enti Locali richiedano per i propri verificatori l'accer-

tamento dell' idoneità tecnica dell' ENEA. Attualmente l' Unità partecipa ad un Gruppo di Lavoro presso il Ministero delle Attività Produttive con la partecipazione delle Regioni che hanno deliberato in merito al DPR 412, con lo scopo di predisporre una linea guida unificata e utilizzabile da tutte quelle regioni che non hanno ancora attivato il coordinamento regionale.

Un esempio di programma di azioni integrate a scala regionale: il Progetto SICENEA

Nell' ultimo decennio si è assistito ad un cambiamento significativo nel settore delle politiche energetiche, con particolare riferimento all' applicazione di nuovi strumenti normativi e di nuove metodologie per l' applicazione di misure tecnico-normative finalizzate all' uso razionale dell' energia ed alla valutazione delle relative azioni di *policy* e dei progetti.

I principali artefici di queste azioni volte al territorio sono sempre più le Regioni che, sia a seguito del decentramento in materia energetica, sia per merito della crescita consapevolezza dei cittadini che vedono sempre più nei loro "governatori" gli interlocutori privilegiati per tutto ciò che concerne i rapporti con il territorio, vengono ad assumere un ruolo di primo piano, anche nel

processo di integrazione europea, che privilegia una "Europa delle Regioni" ad una "Europa delle Nazioni".

Consci di questo ormai inarrestabile processo, l' ENEA, tramite l' Unità di Agenzia ed i suoi Centri di Consulenza Energetica Integrata, volge alle Regioni un occhio di riguardo, in particolare a quelle che sanno cogliere l' opportunità di sviluppo che può nascere da una fattiva collaborazione tra il mondo della ricerca ed il tessuto produttivo del Paese.

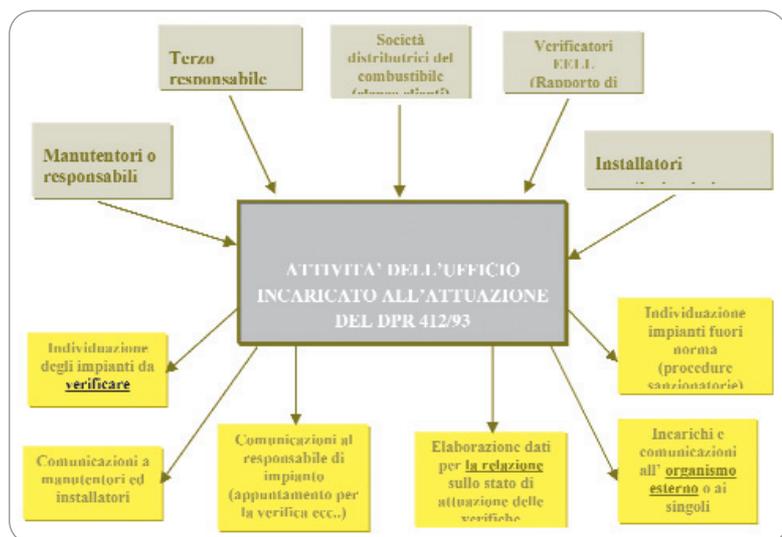
In tale ambito, nel dicembre 2002, su proposta del Centro di Consulenza di Palermo, è stata presentata alla Regione Sicilia l' idea progettuale di un "Programma regionale di iniziative e sensibilizzazione all' uso di fonti rinnovabili e dell' efficienza energetica, con implementazione di una rete di strutture informative provinciali".

Il Progetto è stato approvato ed ammesso al finanziamento nell' ambito dell' Intesa Istituzionale di Programma tra lo Stato italiano e la Regione Siciliana - Accordo di Programma Quadro (APQ) - Misura ENERGIA - con la quale la Regione Sicilia ha avviato l' attuazione di un programma di agevolazioni a favore di soggetti pubblici e di Aziende speciali (ex municipalizzate).

Il Progetto prevede un articolato programma di attività da attuare sull' intero territorio della Regione con l' obiettivo primario di sperimentare, per la prima volta su scala regionale, metodi integrati di formazione, diffusione tecnico-scientifica e supporto tecnico agli Enti Locali, applicati e finalizzati alla crescita di un grande sistema energetico locale che risponda ai principi dettati da UE e Stato in materia di energia e ambiente e alle richieste delle singole realtà territoriali.

Il confronto continuo ed interattivo con la realtà regionale e con le singole realtà locali contribuirà, d' altro canto, al miglioramento dell' offerta ENEA e dei sistemi di fruizione del patrimonio di conoscenze scientifiche dell' Ente.

Nota di sicuro interesse per ENEA, infine, è rappresentata dal fatto che attività ed espe-



rienze saranno replicabili anche in altri ambiti regionali.

Gli interventi sono previsti tanto nell'ottica di formazione e diffusione dell'informazione su tecnologie energetiche, sistemi di incentivazione, aspetti tecnici ed economici, normativa tecnica e legislativa, tanto in quella di una valorizzazione "in tempo reale" delle azioni, dei risultati e delle Best Practices, frutto della politica energetica regionale e nazionale.

Destinatari dell'azione territoriale ENEA di stimolo ed accompagnamento allo sviluppo sono i principali organismi protagonisti nell'opera di indirizzo politico e di crescita tecnologica e sociale regionale: Regione, Enti Locali, professionisti operatori di settore, mondo scolastico, ecc..

Il Progetto prevede anche attività di sensibilizzazione rivolte al grande pubblico.

L'ottica di un approccio esteso ed innovativo si concretizza, tra l'altro, sia attraverso l'aggiornamento, la sensibilizzazione ed il coinvolgimento di tecnici e funzionari della Regione e degli Enti Locali e degli organismi e dei professionisti di settore, sia con l'attivazione in ciascuna Provincia di strutture di consulenza organizzate in una rete di competenze tecniche di livello superiore. Particolare importanza ha poi il coinvolgimento del mondo scolastico, ottenuto con un programma di sensibilizzazione e diffusione scientifica sulle relazioni energia, ambiente, sviluppo globale sostenibile.

L'ENEA per la scuola: il Progetto "Educarsi al futuro"

Si tratta di un progetto didattico multidisciplinare rivolto alle scuole e finalizzato alla diffusione delle conoscenze scientifiche per uno sviluppo sostenibile ed alla promozione delle energie rinnovabili nel Nord e nel Sud del mondo.

Il progetto propone una collaborazione tecnico-scientifica tra reti di scuole e ricercatori Enea, per realizzare due obiettivi: il primo didattico, il secondo formativo.

Il primo obiettivo è produrre insieme, scuole ed esperti ENEA, nuovi percorsi didattici multidisciplinari sulle problematiche connesse allo sviluppo sostenibile dell'intero pianeta: energia, ambiente, cambiamenti climatici, nuove tecnologie, rapporto nord-sud, microcredito, lotta alla povertà, diritto internazionale e global governance.

Si vuole offrire agli studenti un quadro aggiornato di conoscenze umane, sociali, scientifiche e tecnologiche, fra loro interconnesse, "dedicate all'epoca planetaria che oggi viviamo" (Edgar Morin), con lo scopo di promuovere nei giovani una nuova identità, fondata sulla consapevolezza che esiste un unico futuro possibile, comune per tutta l'umanità. I nuovi materiali didattici prodotti nei laboratori scolastici in collaborazione con esperti ENEA verranno messi a disposizione di tutte le altre scuole con la loro pubblicazione su sito web.

Il secondo obiettivo del progetto è realizzare azioni di cooperazione internazionale fra scuole del Nord e del Sud del mondo finalizzate alla diffusione di tecnologie energetiche rinnovabili per l'elettificazione delle zone rurali dei paesi in via di sviluppo e per la sostenibilità globale in accordo con gli obiettivi della United Nations Millennium Development Goals Campaign.

In particolare si propongono piccoli sistemi fotovoltaici per elettrificare villaggi rurali (scuole, unità sanitarie, attività agricole, ecc) autofinanziati dagli studenti. E' in corso la ricerca di partner istituzionali e commerciali, sia locali che nazionali ed internazionali, interessati a sostenere con diverse modalità questa campagna di elettrificazione delle scuole rurali del Sud del mondo.

Nel corso del 2004, il progetto è stato avviato a Spoleto dove tutti i dirigenti scolastici, dalle scuole elementari alle superiori, hanno costituito una rete di scuole ad hoc per la sua sperimentazione, con un finanziamento dell'Assessorato Ambiente della Regione Umbria.

Sono infine in corso di effettuazione seminari ed incontri di presentazione del pro-

getto a livello locale, regionale e nazionale con responsabili scolastici, del Ministero dell'Istruzione e delle Istituzioni interessate alla cooperazione internazionale.

Si tratta di sperimentare un nuovo impegno che ENEA potrebbe svolgere per diffondere nuovi saperi scientifici e tecnologici nel sistema scolastico italiano che coinvolge direttamente circa 800.000 insegnanti e oltre cinque milioni di alunni.

Il progetto "Spoleto, educarsi al futuro" è risultato vincitore del concorso internazionale Global Junior Challenge (www.gjc.it) con una menzione speciale della giuria di 30 esperti internazionali (fra 647 progetti pervenuti da oltre 70 paesi) per i progetti più innovativi che utilizzano le più moderne tecnologie informatiche nel campo dell'educazione per combattere la povertà.

Nel corso dell'evento conclusivo del Global Junior Challenge, tenutosi al Palazzo dei Congressi di Roma il 17 e 18 novembre, in collaborazione con le scuole è stato realizzato uno stand che simulava il funzionamento di una scuola rurale africana elettrificata con un impianto fotovoltaico.

La Commissione Europea ha riconosciuto al progetto la certificazione Net Days Creative Networking 2004.

Conclusioni

L'ENEA svolge da tempo un'attività di supporto alle Pubbliche Amministrazioni mediante l'erogazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica. Tale attività viene effettuata al fine di contribuire alla rimozione di barriere di vario tipo che, di fatto, hanno impedito fino ad oggi, nel nostro Paese, una più ampia diffusione delle tecnologie di risparmio energetico e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili. L'esperienza maturata ha infatti messo in luce alcuni aspetti critici che rendono opportuna un'attività di agenzia per una corretta ed omogenea attuazione delle leggi nazionali. La politica energetica nazionale di conteni-

mento dei consumi energetici e di riduzione delle emissioni climalteranti non può infatti essere efficacemente perseguita se le direttive comunitarie e le leggi nazionali non sono adeguatamente trasferite ed applicate a livello locale.

A tal fine risulta perciò indispensabile creare a livello territoriale una "cultura" energetica ed ambientale che si traduca nell'ambito delle amministrazioni locali in strutture organizzate con le necessarie competenze tecniche, amministrative e gestionali.

A tali strutture deve essere demandato il compito di "tradurre" in atti concreti gli obblighi, le indicazioni ma anche le opportunità di sviluppo socio-economico del territorio derivanti dalla legislazione vigente. È infatti evidente che l'attuazione degli interventi per lo sviluppo delle fonti endogene di energia e l'uso razionale ed efficiente dell'energia coinvolgono non solo il settore pubblico, ma anche e soprattutto il settore privato in termini propositivi, progettuali e realizzativi.

L'ENEA, per le sue finalità istituzionali, per le competenze presenti e la sua struttura organizzativa può contribuire anche in futuro in modo fattivo con le strutture territoriali per il superamento di questi ostacoli, trasferendo metodologie, prodotti e servizi attraverso la formazione dei tecnici e dei funzionari, collaborando con questi fino alla loro completa autonomia. Senza questo sforzo di trasferimento di conoscenze e di adeguamento organizzativo delle PA, nessuna direttiva o legge potrà essere applicata efficacemente nell'interesse del Paese.

L'ENEA e la Pubblica Amministrazione

L'ENEA è ente pubblico che opera nei settori dell'energia, dell'ambiente e delle nuove tecnologie, con il compito di promuovere ed effettuare attività di ricerca di base e applicata e di innovazione tecnologica, di diffondere e trasferire i risultati ottenuti, nonché di svolgere servizi di alto livello tecnologico, anche in collaborazione con il sistema produttivo.

I suoi rapporti con il settore pubblico sono molteplici e di varia natura.

Innanzitutto gli *indirizzi* per la sua attività sono fissati dai Ministeri competenti (Attività Produttive, Università e Ricerca, Ambiente). Con tali Ministeri l'ENEA stipula inoltre *accordi di programma* per lo svolgimento sia di attività di ricerca che di supporto tecnico-scientifico agli stessi.

In secondo luogo, nello svolgimento della sua attività, l'ENEA collabora con la Pubblica Amministrazione centrale e locale fornendo servizi ad alto contenuto tecnologico, studi, ricerche, misure, prove e valutazioni. In particolare, l'ENEA:

- valuta, anche su richiesta delle Pubbliche Amministrazioni, il grado di sviluppo di tecnologie avanzate, nonché i loro impatti economici e sociali,
- collabora con le Regioni e con le Amministrazioni Locali per promuovere, attraverso iniziative congiunte, lo sviluppo delle realtà produttive del territorio;
- favorisce il processo di trasferimento tecnologico e delle esperienze positive in campo energetico ed ambientale, sia alle imprese che alle Pubbliche Amministrazioni nell'ambito degli indirizzi nazionali e dell'Unione Europea;
- fornisce, a richiesta, supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni competenti per le azioni pubbliche, in ambito nazionale ed internazionale, nonché alle Regioni e agli Enti Locali, per lo svolgimento delle funzioni e dei compiti fissati dalle norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia e, più in generale, in materia di energia, nell'ambito dei poteri conferiti agli Enti Locali in sede di riforma costituzionale.

Una panoramica di attività di supporto alla Pubblica Amministrazione si trova nell'articolo "L'ENEA al servizio della Pubblica Amministrazione per lo sviluppo sostenibile", avvertendo i lettori che queste non esauriscono il complesso delle attività dell'ENEA aventi come destinatario il settore pubblico. Si danno nel seguito alcuni esempi di queste attività:

- studio dei **cambiamenti globali** con particolare riferimento alle modificazioni del clima, promuovendo l'attuazione degli impegni assunti dal Governo italiano nell'ambito del Protocollo di Kyoto;
- **salvaguardia dei beni culturali** tramite indagini diagnostiche, studi e interventi per la protezione dai sismi, indagini e progetti per il recupero di edifici e centri storici, studi del microclima in ambienti museali, datazione di materiali, catalogazione informatica dei beni artistici e documentali;
- promozione e sviluppo, d'intesa con le amministrazioni centrali e locali, di interventi di **gestione e sviluppo del territorio e delle città, e di utilizzo ottimale delle risorse** (ciclo dei rifiuti, ciclo integrale dell'acqua, risanamento delle aree degradate, prevenzione del degrado e riassetto del territorio);
- promozione e sviluppo, d'intesa con le amministrazioni locali, di interventi a favore della **razionalizzazione del sistema nazionale dei trasporti** e della **sostenibilità della mobilità** urbana ed extra-urbana;
- ricerca, qualificazione e servizi di **radioprotezione e di metrologia delle radiazioni ionizzanti**, svolti attraverso Istituti nazionali specifici;
- **gestione dei rifiuti radioattivi** di origine medico-sanitaria, di ricerca ed industriale.

Piani Energetici Regionali. Indirizzi e contenuti

EMIDIO D'ANGELO
ANTONIO COLANGELO

ENEA
Unità Di Agenzia-Advisor



studi & ricerche

L'analisi degli obiettivi e programmi che emergono dai Piani Energetico-Ambientali Regionali mostra che l'irreversibile processo di decentramento è a buon punto e che si è tenuto conto degli impegni di carattere nazionale assunti con i Protocolli di Kyoto e di Torino

Regional Energy Plans: Directions and contents

Abstract

The article analyzes the directions and goals of the Italian Regional Administrations' energy/environment planning. Although project implementation sometimes lags far behind the planners' intentions, most of the Regions have adopted energy/environment plans of their own that also incorporate national targets (the Kyoto and Turin Protocols). It is important, however, to keep the plans up to date: they are not rigid tools, and are meant to be adapted to ongoing changes

Sono più della metà le Regioni dotate di strumenti di programmazione energetico-ambientale. Altre li stanno predisponendo. Altre ancora hanno varato o stanno elaborando strumenti legislativi adeguati alla liberalizzazione dei mercati energetici e al rinnovato Titolo V della Costituzione. Le Regioni italiane che allo stato attuale hanno varato ufficialmente il Piano Energetico-Ambientale sono tredici, a cui si aggiungono le Province Autonome di Trento e di Bolzano. I tempi in cui sono stati approvati sono diversi ma, per la maggior parte, si va dal 2000 al 2003. A gennaio e a febbraio del 2005 sono stati approvati il piano Energetico del Veneto e delle Marche, il primo dalla Giunta Regionale e il secondo dal Consiglio Regionale.

Le Regioni quindi, sotto la spinta della riforma amministrativa Bassanini e della riforma Costituzionale del 2003, nonché degli obiettivi ambientali fissati in applicazione del Protocollo di Kyoto, si sono dotate in questi anni di strumenti di governo dell'energia. Non si sono invece adeguatamente sviluppati i raccordi fra gli atti di governo nazionali e gli atti di governo regionali e locali.

L'articolo si prefigge lo scopo di analizzare i Piani Energetici approvati formalmente dalle Regioni, varati dai Consigli Regionali con specifiche leggi, normative e disposizioni attuative, aventi pertanto carattere di impegno programmatico per i governi regionali. Sono sintetizzati i contenuti principali dei PEAR, ovvero gli Indirizzi di Piano, i Programmi relativi allo sviluppo delle fonti rinnovabili ed alternative, al risparmio energetico e all'efficienza energetica.

Si cercherà di far emergere i punti qualificanti dei PEAR, i punti comuni tra le Regioni e come questi costituiscano un insieme di impegni con uno spessore e finalità di carattere nazionale. Gli indirizzi e i programmi dell'insieme delle Regioni costituiscono di fatto l'articola-

zione della politica energetica nazionale, a cui gli stessi programmi fanno riferimento e si appoggiano, ciascuno con le proprie specificità. L'analisi non comprende i PEAR delle Marche e del Veneto approvati di recente.

Ragione dei Piani Energetici Regionali

L'importanza della definizione dei Piani Energetico-Ambientali Regionali è stata richiamata nel giugno 2001 nel "Protocollo d'intesa della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome per il coordinamento delle politiche finalizzate alla riduzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera", noto come "Protocollo di Torino", che si prefigge lo scopo di "pervenire alla riduzione dei gas serra, così contribuendo all'impegno assunto dallo Stato italiano nell'ambito degli obblighi dell'Unione Europea stabiliti dagli accordi internazionali e programmato nella delibera CIPE 137/98 del 19.11.98."

A tal fine nel Protocollo è indicata una serie di impegni diretti ad assicurare lo sviluppo sostenibile. Fra questi vi è l'impegno all'elaborazione dei Piani energetico-ambientali come strumenti quadro flessibili, dove sono previste azioni per lo sviluppo delle fonti rinnovabili, la razionalizzazione della produzione energetica ed elettrica in particolare, la razionalizzazione dei consumi energetici: in sostanza tutte quelle azioni di ottimizzazione delle prestazioni tecniche dal lato dell'offerta e dal lato della domanda.

Nel Protocollo di Torino le Regioni individuano nella pianificazione energetico-ambientale lo strumento per indirizzare, promuovere e supportare gli interventi regionali nel campo dell'energia assumendo a livello di Regione impegni ed obiettivi congruenti con quelli assunti per Kyoto dall'Italia in ambito comunitario (abbattimento al 2010-2012 delle

emissioni di CO₂ a livelli inferiori del 6,5% rispetto a quelli del 1990).

Il Piano Energetico Regionale è dunque il principale strumento attraverso il quale le Regioni possono programmare ed indirizzare gli interventi, anche strutturali, in campo energetico nei propri territori e regolare le funzioni degli Enti Locali, armonizzando le decisioni rilevanti che vengono assunte a livello regionale e locale (si pensi, ad esempio ai piani per lo smaltimento dei rifiuti, ai piani dei trasporti, ai piani di sviluppo territoriale, ai piani di bacino per la gestione delle risorse idriche).

Il Piano Energetico Regionale costituisce il quadro di riferimento per i soggetti pubblici e privati che assumono iniziative in campo energetico nel territorio di riferimento. Esso contiene gli indirizzi, gli obiettivi strategici a lungo, medio e breve termine, le indicazioni concrete, gli strumenti disponibili, i riferimenti legislativi e normativi, le opportunità finanziarie, i vincoli, gli obblighi e i diritti per i soggetti economici operatori di settore, per i grandi consumatori e per l'utenza diffusa.

La programmazione energetica regionale va attuata anche per "regolare" ed indirizzare la realizzazione degli interventi determinati principalmente dal mercato libero dell'energia.

La pianificazione energetica si accompagna a quella ambientale per gli effetti diretti ed indiretti che produzione, trasformazione, trasporto e consumi finali delle varie fonti tradizionali di energia producono sull'ambiente. Il legame tra energia e ambiente è indissolubile e le soluzioni possono essere trovate insieme, nell'ambito del principio della sostenibilità del sistema energetico. Ovvero il Piano può essere guidato anche da funzioni "obiettivo" tipicamente ambientali. In tal modo il PER diventa PEAR.

Il PEAR deve contenere le misure relative al sistema di offerta e di domanda del-

l'energia. Relativamente all'offerta nel Piano sono rappresentate e valutate le possibili soluzioni, da quelle tradizionali a quelle basate sulle fonti alternative e rinnovabili, con attenzione agli aspetti di disponibilità nel territorio, di economicità, di potenzialità per lo sviluppo di specifiche industrie locali, di impatto ambientale sia per l'assetto del territorio sia per le emissioni. La gestione della domanda è altrettanto importante, in quanto la facoltà di intervento della Regione è molto ampia e la razionalizzazione dei consumi può apportare un grande vantaggio a livello regionale e locale.

Il Piano deve avere carattere di trasversalità rispetto agli altri Piani economici settoriali e territoriali della Regione, ovvero deve essere intersettoriale, sia per la valutazione della domanda che per l'individuazione dell'offerta, la quale può essere legata alle caratteristiche tipologiche e territoriali della stessa utenza. I bacini di domanda e offerta dovrebbero incontrarsi sul territorio (casi tipici sono il teleriscaldamento, la cogenerazione industriale e per grandi servizi pubblici). Occorre considerare le implicazioni energetiche di tutti gli altri Piani regionali settoriali e territoriali. Il fattore energia è, al contempo, funzione degli altri settori di attività e vincolo per gli stessi. Il Piano Energetico Ambientale deve costituire uno dei punti di riferimento per le altre programmazioni.

Il Piano, pur con obiettivi e scadenze precise, ha carattere aperto e scorrevole in quanto deve recepire tutte le nuove situazioni, le opportunità positive, le modifiche economiche, sia strutturali che congiunturali, o vincoli e condizioni, che possono venire dall'interno e dall'esterno. Esso va concertato sia orizzontalmente sul territorio che verticalmente con soggetti economici (imprese, operatori energetici, consumatori).

La concertazione tra Regioni, Province e Comuni è un processo che si rende

necessario sulla base della ripartizione dei compiti già stabiliti nel decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 (DLgs 112/98). La concertazione deve recepire le diverse esigenze, ma deve anche portare elementi di unitarietà nel territorio.

Infine, la pianificazione energetica deve recepire ed utilizzare le disposizioni governative (decreti dei Ministeri delle Attività Produttive e dell'Ambiente), cui si aggiungono i possibili interventi finanziabili con i Fondi Strutturali 2001-2006, mediante le misure per l'energia e per l'ambiente. I risultati che si possono ottenere con l'attuazione dei decreti, sono anche piuttosto consistenti.

La definizione, la stesura e l'attuazione del Piano Energetico-Ambientale è di totale dominio dell'Amministrazione Regionale. Non sono definibili metodi e contenuti per la realizzazione del PEAR che possano essere ritenuti obbligati, poiché ogni Amministrazione può adottare le soluzioni che più ritiene adatte alle proprie caratteristiche politiche, territoriali, economiche, sociali, energetiche ed ambientali. Il Piano è innanzitutto un atto "politico", il cui corpo centrale è costituito dal-

le scelte strategiche che vengono operate dalla Regione.

Anche l'istruttoria tecnica può seguire strade e metodologie diverse per arrivare a definire un Piano, anche se è opportuno omogeneizzare i criteri generali per effettuare le scelte ed avere specifiche unitarie e riconoscibili per la valutazione dei singoli progetti.

Per un efficace decentramento e bilanciamento delle politiche energetiche ed ambientali sul territorio, le Amministrazioni regionali e locali necessitano di una valida azione di supporto: la funzione istituzionale dell'ENEA, da un lato, e lo sviluppo di Agenzie Energetiche Regionali e locali, dall'altro, possono assolvere tale compito. L'ENEA svolge essenzialmente un ruolo di supporto tecnico-scientifico ed organizzativo del Piano, nella definizione del quadro conoscitivo e nella individuazione degli interventi nei vari settori. Più in generale l'ENEA svolge il ruolo di coordinatore tecnico-scientifico tra il sistema nazionale e le Regioni e tra queste, al fine di dare una continuità territoriale alla programmazione regionale, che permetta confronti tra le Regioni stesse, basati su metodologie e

Regione/Provincia Autonoma	Stato di attuazione
Valle d'Aosta	Approvato con delibera del Consiglio Regionale nel 2003
Piemonte	Approvato dalla Giunta Regionale nel 2002
Lombardia	Approvato dalla Giunta Regionale nel 2003
P.A. Trento	Approvato dalla Giunta Provinciale nel 2003
P.A. Bolzano	Approvato dalla Giunta Provinciale nel 1997
Veneto	Approvato dalla Giunta Regionale nel febbraio 2005
Friuli-Venezia Giulia	Definita una Bozza di Piano nel 2003
Liguria	Approvato dalla Giunta Regionale nel 2004
Emilia Romagna	Approvato dalla Giunta Regionale nel 2002
Toscana	Approvato dal Consiglio Regionale nel 2000
Umbria	Approvato dalla Giunta Regionale nel 2004
Marche	Approvato dal Consiglio Regionale il 16 febbraio 2005
Lazio	Approvato dal Consiglio Regionale nel 2001
Abruzzo	Definita una bozza di Piano nel 2003
Molise	In fase di definizione
Campania	Definite le Linee Guida del PEAR 2004
Puglia	In fase di definizione
Basilicata	Approvato dal Consiglio Regionale nel 2001
Calabria	Approvato dalla Giunta Regionale nel 2002
Sicilia	In fase di progettazione
Sardegna	Aggiornato e approvato dalla Giunta Regionale nel 2003

Tabella 1

Stato di definizione dei Piani Energetico-Ambientali Regionali, dicembre 2004

Fonte: elaborazioni ENEA su informazioni regionali

criteri tecnici comuni.

L'attuale stato di definizione dei PEAR è riportato nella tabella 1. In quattordici ambiti regionali e provinciali i Piani sono stati approvati dalle rispettive Giunte e dal Consiglio regionale, mentre in molte altre Regioni sono in corso gli studi per la stesura o l'aggiornamento di Piani precedenti.

L'ENEA è intervenuta nella predisposizione di quasi tutti i Piani, su richiesta delle Regioni, in collaborazione con strutture locali, come agenzie regionali, università, consorzi, società private e singoli esperti.

Indirizzi di politica energetica nei PEAR

Indirizzi ed obiettivi di ciascun Piano sono riportati, in modo sintetico, direttamente dai documenti originali, con solo brevi frasi di raccordo, da parte degli autori del presente articolo, per assicurare una esposizione lineare.

Si deve tenere conto che ciascuna Regione ha definito il proprio PEAR in piena autonomia, sia per gli aspetti formali che per quelli sostanziali, pur nell'ambito di continue consultazioni reciproche tra le Regioni stesse attraverso sedi comuni come il Coordinamento Interregionale Energia e Coordinamento per l'Ambiente, dove si sono dibattuti temi di politica.

Grazie ai diversi momenti comuni di lavoro tra le Regioni, i PEAR finora elaborati ed approvati hanno strutture abbastanza confrontabili, tali da permettere analisi e valutazioni comparate. Generalmente gli indirizzi costituiscono la prima parte del Piano.

Di seguito saranno riportati e commentati i tratti più significativi dei paragrafi dei PEAR sulle politiche ed indirizzi in campo energetico.

Si ritiene opportuno procedere prendendo come Regione tipo il Piemonte, che ha predisposto il PEAR nel 2002 ed

ha successivamente operato per la sua attuazione istituendo anche, come hanno fatto altre Regioni, un Forum sull'energia

Piemonte

La Regione Piemonte ha impostato il proprio Documento di Piano nel quadro dello Sviluppo Sostenibile quale configurato dall'Unione Europea e degli impegni assunti a livello europeo e internazionale dal nostro Paese sulla riduzione delle emissioni climalteranti.

Il Piano energetico ambientale è orientato a garantire obiettivi che concorrono a realizzare gli obiettivi generali di politica energetica del Paese coniugati a quelli ambientali e assicurare al territorio regionale lo sviluppo di una politica energetica rispettosa delle esigenze della società, della tutela dell'ambiente e della salute dei cittadini.

I punti posti a capo degli indirizzi regionali sono pertanto la garanzia della sicurezza, la flessibilità e continuità degli approvvigionamenti, il funzionamento unitario del mercato dell'energia, l'economicità dell'energia e la qualificazione dei servizi, anche attraverso la promozione delle fonti rinnovabili e il risparmio energetico, la valorizzazione delle risorse del territorio, il perseguimento dell'efficienza degli usi finali dell'energia. La definizione del PEAR ha coinvolto il sistema piemontese delle autonomie locali, degli operatori economici, delle forze sociali, degli atenei e degli istituti di ricerca, dell'associazionismo ambientale, delle agenzie ambientali ed energetiche nell'ambito delle riunioni del Forum Regionale per l'Energia. Gli obiettivi per molte parti coincidono con gli obiettivi generali a livello Paese:

- produzione di energia dalle fonti rinnovabili, in un'ottica di diversificazione delle fonti e di riduzione delle emissioni di gas clima alteranti;
- termovalorizzazione dei rifiuti secondo le linee previste dal Piano Regionale dei

- rifiuti e dal DLgs n. 22/97, nonché al recupero energetico dal biogas;
- riduzione dell'intensità energetica nei settori industriale, terziario e civile attraverso l'incentivazione di interventi volti ad aumentare l'efficienza energetica;
 - riconversione del parco di generazione termo-elettrico e idro-elettrico, al fine di garantire l'efficienza energetica in un territorio fortemente industrializzato;
 - riduzione dei consumi energetici e delle emissioni inquinanti nel settore dei trasporti;
 - incentivazione dell'innovazione e della ricerca tecnologica finalizzata per il sostegno di progetti sperimentali e strategici;
 - promozione dell'informazione con particolare riguardo agli operatori e al consumatore finale;
 - promozione della formazione specifica indirizzata agli *energy manager*;
 - garanzia della sicurezza negli impianti nucleari piemontesi per le attività residuali di stoccaggio dei rifiuti radioattivi.

La Regione ha stabilito inoltre che il PEAR dovrà costituire quadro di riferimento e di indirizzo per la programmazione a livello locale, con un'azione più coordinata tra la Regione e le Province piemontesi.

Lazio

La Regione Lazio è stata tra le prime Regioni a definire il proprio PEAR nel 2001.

In linea con gli obiettivi generali delle politiche energetiche, ai vari livelli, il Piano Energetico Regionale persegue obiettivi specifici e settoriali di tutela dell'ambiente, di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia, di uso razionale dell'energia. Esso deve considerarsi lo strumento principale di indirizzo e proposta regionale in materia di energia, che dovrà essere recepito in modo trasversale

rispetto agli altri piani regionali territoriali e di settore (trasporti, industria, edilizia, scuole, ospedali, rifiuti ecc.), dai quali trae indicazioni relative alla domanda e fornisce indirizzi coerenti sull'offerta di energia. Tenuto conto della rapida evoluzione in atto, il Piano Energetico deve essere considerato uno strumento "dinamico" capace, cioè, di adattarsi alle variazioni dello sviluppo sociale, economico e tecnologico che potrebbero verificarsi nel corso della programmazione prevista; uno strumento quindi per l'avvio delle politiche energetiche della Regione Lazio.

Gli indirizzi e gli obiettivi posti nel PEAR Lazio sono coerenti con le caratteristiche energetiche della regione. I consumi energetici del Lazio sono caratterizzati da una dipendenza dai prodotti petroliferi più marcata rispetto alla media nazionale, determinata in particolare dai grandi impianti di generazione elettrica presenti sul suo territorio.

In relazione a tale forte dipendenza dal petrolio il Lazio si trova, pertanto, in una condizione di svantaggio rispetto ad altre regioni italiane ed europee, a causa della maggiore vulnerabilità del sistema energetico. Ciò richiede maggiore attenzione al problema della diversificazione delle fonti di energia primaria, in particolare della riduzione della dipendenza dal petrolio, non solo per ragioni di sicurezza degli approvvigionamenti ma, soprattutto, per ragioni di competitività e flessibilità del sistema produttivo.

In tal senso le finalità del Piano Energetico della Regione Lazio possono essere ricondotte ai due seguenti principali indirizzi: competitività, flessibilità e sicurezza del sistema energetico e produttivo; uso razionale e sostenibile delle risorse. Nell'ambito di tali indirizzi generali si inquadrano gli obiettivi specifici e settoriali del Piano, in particolare: la tutela dell'ambiente; lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili; l'uso razionale

dell'energia ed il risparmio energetico.

Umbria

Il documento di Piano della Regione Umbria, per quanto riguarda la domanda, intende operare sul contenimento dei consumi, la promozione dell'uso razionale dell'energia. Per quanto riguarda l'offerta, promuovendo soprattutto la diffusione dell'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile (eolico, idroelettrico, solare termico e fotovoltaico, biomasse e cogenerazione).

In quanto strumento di supporto per processi decisionali in ambito energetico il PEAR fornisce dati e ipotesi che permettano di elaborare modelli atti ad individuare scenari energetici, fornire criteri che permettano di operare scelte e prendere decisioni di politica energetica e costituire documento di consultazione e di indirizzo per iniziative private in campo energetico.

Tenendo in considerazione il carattere pervasivo che connota il fattore energetico rispetto a tutti i comparti, la dimensione intersettoriale costituisce un'ulteriore prerogativa della struttura del Piano. L'impostazione condivisa nella predisposizione dei piani energetici regionali è quella di documento che si integri con gli altri piani di settore con lo scopo principale di definire gli obiettivi energetici da perseguire e di fornire una valutazione energetica delle scelte strategiche proponendo indirizzi coerenti sull'offerta di energia e sulle fonti di approvvigionamento. Il principio informatore del PEAR è garantire lo sviluppo sostenibile, in armonia con gli impegni assunti dall'Italia a livello comunitario e internazionale nel campo energetico ambientale.

Esso costituisce un fondamentale quadro di riferimento per i soggetti pubblici e privati che assumono iniziative in campo energetico nel territorio di riferimento ed assicura l'armonizzazione delle decisio-

ni che vengono assunte a livello regionale e locale inerenti, ad esempio, lo smaltimento dei rifiuti, l'organizzazione dei trasporti, l'assetto urbanistico territoriale, la pianificazione di bacino per le risorse idriche. Influisce altresì nella regolazione delle funzioni degli Enti locali (ad esempio autorizzazione di impianti di produzione energetica ecc.).

Lombardia

Il Programma Regionale di Sviluppo della VII legislatura, approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale VII/39 il 10 ottobre 2000, al punto 9.1 – Politica energetica regionale, recita:

“il Piano Energetico Regionale si pone l'obiettivo di assicurare il fabbisogno energetico lombardo, che rappresenta il 20% di quello nazionale, massimizzando l'uso delle fonti di approvvigionamento basate sulle risorse locali (impiego di biomasse o rifiuti per la produzione combinata di energia elettrica e di calore, sviluppo del comparto solare e fotovoltaico, ottimizzazione dell'idroelettrico) e di sviluppare l'uso di combustibili puliti nel sistema dei trasporti e del riscaldamento, migliorando l'efficienza energetica nei settori che presentano ancora forti margini di miglioramento, come il settore civile e terziario.”

Esso quindi dedica particolare attenzione allo sviluppo degli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, così come previsti dall'Accordo Quadro con il Ministero dell'Ambiente, con l'obiettivo di raddoppiare il contributo di tali fonti nel sistema di offerta regionale.

Nel riprendere e nello riaffermare molte delle posizioni già assunte e degli orientamenti espressi, il documento concentra la sua attenzione sugli effetti dei decreti di liberalizzazione dei mercati dell'energia elettrica (DLgs 79/1999) e del gas (DLgs 164/2000), che hanno indotto numerose iniziative per la realizzazione di nuovi impianti termoelettrici nel terri-

torio lombardo.

Il documento prevede che la realizzazione di eventuali nuove centrali sia autorizzata, per quanto di competenza regionale, considerando vari fattori interagenti fra loro: i benefici attesi sul costo dell'energia; le ricadute territoriali e ambientali; gli impegni assunti dall'Unione Europea e dal Governo italiano a seguito dell'adesione al Protocollo di Kyoto; l'evolversi di una situazione lombarda caratterizzata da fenomeni acuti di inquinamento atmosferico nelle aree più critiche della Regione.

In sintesi gli obiettivi della politica energetica regionale, coerentemente con quanto previsto dal Programma Regionale di Sviluppo della VII legislatura e dai Documenti di Programmazione Economica e Finanziaria, sono:

- lo sviluppo sostenibile del sistema energetico regionale;
- la riduzione del costo dell'energia per contenere i costi per le famiglie e per migliorare la competitività del sistema delle imprese;
- promuovere la crescita competitiva dell'industria delle nuove tecnologie energetiche;
- prestare attenzione agli aspetti sociali e di tutela della salute dei cittadini collegati alle politiche energetiche;
- ridurre la dipendenza energetica della regione, incrementando la produzione di energia elettrica e di calore con la costruzione di nuovi impianti ad alta efficienza;
- ristrutturare gli impianti esistenti elevandone l'efficienza ai nuovi standard consentiti dalle migliori tecnologie;
- migliorare e diversificare le interconnessioni con le reti energetiche nazionali ed internazionali in modo da garantire certezza di approvvigionamenti;
- promuovere l'aumento della produzione energetica a livello regionale tenendo conto della salvaguardia della salute della cittadinanza;
- riorganizzare il sistema energetico lombardo nel rispetto delle caratteristiche ambientali e territoriali e coerentemente con un quadro programmatico complessivo;
- ridurre i consumi specifici di energia migliorando l'efficienza energetica e promuovendo interventi per l'uso razionale dell'energia;
- promuovere l'impiego e la diffusione capillare sul territorio delle fonti energetiche rinnovabili, potenziando al tempo stesso l'industria legata alle fonti rinnovabili stesse;
- promuovere lo sviluppo del sistema energetico lombardo in congruità con gli strumenti urbanistici.

Liguria

La Regione ha operato secondo due ordini di scelte strategiche: la prima relativa ai criteri metodologici, la seconda relativa alla priorità delle fonti energetiche cui si intende fare ricorso. Relativamente alle fonti energetiche va rilevato che la Regione intende operare un grande sforzo per il decollo dell'uso delle fonti rinnovabili. L'obiettivo della Regione è il raggiungimento della quota del 7% del fabbisogno energetico. Le azioni che verranno intraprese in tal senso assumono comunque un ruolo ben più rilevante di quello richiesto per il raggiungimento di tale quota. L'attenzione della Regione è centrata sulla ricerca delle condizioni di redditività economica degli interventi relativi all'uso delle fonti rinnovabili. Tali condizioni sono indispensabili per garantire che il ricorso a questo tipo di energia sia stabile nel tempo e quindi irreversibile.

Sperimentazioni saranno necessarie anche relativamente ad un altro obiettivo che la Regione ritiene qualificante per il proprio Piano Energetico Ambientale, ovvero la progressiva trasformazione dell'assetto energetico verso un sistema diffuso di produzione che adotti tecnologie

innovative a basso impatto ambientale e che minimizzi la presenza sul territorio di rilevanti infrastrutture energetiche. Risponde a questa scelta strategica la promozione dell'autoproduzione in aree industriali ed ecologicamente attrezzate e in alcuni comparti del settore civile quali terziario, pubblica amministrazione ecc.

Le modalità, con cui gli obiettivi saranno perseguiti, sono caratterizzate da un'ampia flessibilità tendente a mantenere efficace questo strumento di pianificazione energetica e ambientale per il prossimo decennio. Il cambiamento nella logica di costruzione delle politiche energetiche sta infatti nel passaggio da politiche di intervento diretto improntate ad un atteggiamento dirigistico, a politiche di definizione di linee guida, regole del gioco e incentivazione, dando quindi impulso alla definizione e attuazione di patti volontari tra Pubblica Amministrazione, nella sua articolazione sul territorio, e imprese, per la ricerca di soluzioni negoziate ai problemi della sostenibilità energetica e ambientale dello sviluppo.

In linea generale si pensa ad una strategia energetica globale, riguardante la sicurezza degli approvvigionamenti, la protezione dell'ambiente, la riduzione delle emissioni di gas serra, lo sviluppo economico e sociale e la competitività economica e industriale del Sistema Paese. Tale passaggio metodologico presuppone la capacità di saper integrare in un'unica strategia di *policy* gli aspetti di politica di sviluppo e di assetto territoriale con gli obiettivi energetici ed ambientali fatti propri dalla Regione.

L'attuazione di un modello energetico ambientalmente sostenibile impone modifiche sostanziali all'assetto energetico della Regione: realizzazione di nuovi impianti, chiusura di impianti non più rispondenti ai nuovi parametri di sostenibilità ambientale e rispetto ai quali non si giustificerebbero gli investimenti per

le modifiche necessarie e per la bonifica dei relativi siti, nascita di nuove figure d'impresa chiamate alla ridefinizione dell'offerta di energia.

L'integrazione della politica energetica nella politica ambientale, secondo il documento di PEAR, necessita l'introduzione dei più avanzati strumenti di valutazione degli effetti ambientali degli assetti energetici. La valutazione di impatto ambientale sulle singole opere non è sufficiente per garantire la sostenibilità complessiva dell'assetto energetico. La VIA deve essere integrata a monte con piani e programmi che nel loro impianto devono già aver acquisito i criteri più ampi di valorizzazione della componente ambientale.

Calabria

Il Piano si pone l'obiettivo di definire le condizioni idonee allo sviluppo di un sistema energetico che dia priorità alle fonti rinnovabili ed al risparmio energetico come mezzi per una maggior tutela ambientale, al fine di ridurre le emissioni inquinanti in atmosfera senza alterare significativamente il patrimonio naturale della regione. L'impiego dei principali indicatori socio-economici a livello regionale ha consentito di definire gli scenari di possibile evoluzione tendenziale del sistema energetico al 2010. Su tali scenari sono stati calcolati i benefici derivanti dall'attuazione delle azioni di sostenibilità energetica, sia riferite all'offerta che alla domanda. Per quanto riguarda gli strumenti di attuazione delle scelte di pianificazione, particolare enfasi è stata riservata al meccanismo degli accordi volontari, come pure alle forme di informazione, formazione ed incentivazione delle quali la Regione deve farsi promotrice. Per quanto concerne le reti di distribuzione del metano e dell'energia elettrica (e l'eventuale potenziamento/adeguamento delle relative reti di trasporto), che assumono carattere comprensoriale,

la loro pianificazione costituisce, ai sensi del DLgs 112/98, materia di competenza degli Enti sovracomunali, nell'ambito degli indirizzi del presente Piano. A tal fine la loro realizzazione dovrà essere coerente con gli obiettivi e le previsioni di sviluppo della domanda a medio termine.

L'analisi relativa al solo sistema elettrico mostra che la Calabria è caratterizzata da un significativo esubero della produzione rispetto all'energia richiesta sulla rete regionale.

Gli scenari tendenziali dei consumi di energia elettrica ipotizzati al 2010, elaborati in un'ottica di ripresa dello sviluppo economico e produttivo della regione, evidenziano, comunque, come la domanda di energia elettrica attesa sulla rete regionale per il 2010 potrà essere assicurata dagli impianti termoelettrici attualmente ubicati nella regione e da quelli da realizzare per l'utilizzo delle fonti rinnovabili presenti in Calabria, consentendo un sostanziale equilibrio fra domanda ed offerta di energia elettrica nella regione. Le indicazioni che emergono dall'analisi effettuata in relazione al potenziale endogeno delle fonti rinnovabili ed assimilate mostrano, infatti, una situazione decisamente favorevole per il loro sfruttamento, in quanto il potenziale individuato rappresenta, conservativamente, il 18% circa del consumo interno lordo della regione ed oltre il 26% della sua produzione di energia primaria complessiva al 1999. In particolare la produzione di energia elettrica da fonte idrica, eolica e da rifiuti urbani, potrebbe consentire in linea teorica, al 2010, la copertura con fonti rinnovabili di una quota pari almeno al 15% della produzione lorda di energia termoelettrica della regione nel 2000. La valorizzazione di questo potenziale rientra tra gli obiettivi del presente Piano ed è, anzi, già richiesta dalla deliberazione della Giunta regionale del 6 agosto 2002 tra i requisiti per la valutazione

di nuove proposte di insediamento di centrali tradizionali.

Basilicata

La Regione Basilicata ha adottato una logica di programmazione e gestione delle azioni che salvaguardi le specificità di ciascuna componente del sistema energetico, ma al contempo tenga presente il quadro di insieme soprattutto per l'efficacia operativa degli interventi. Allo scopo di focalizzare l'opera della Regione e di configurare il Piano Energetico Regionale come un effettivo supporto alla fase realizzativa si evidenzia l'interconnessione tra obiettivi, linee d'azione e strumenti.

Sono stati predisposti allo scopo due quadri sintetici, il primo dei quali si riferisce agli obiettivi settoriali: miglioramento dell'efficienza nella produzione e nell'uso di energia e valorizzazione della cogenerazione di energia elettrica ed energia termica; valorizzazione delle risorse rinnovabili ed incremento del loro utilizzo; miglioramento della disponibilità di gas metano; miglioramento della disponibilità di energia elettrica.

Tali obiettivi sono posti in correlazione con linee di azione sul lato dell'offerta: sviluppo infrastrutture di trasporto e distribuzione; aumento di produzione in regione e con linee d'azione sul lato della domanda; ottimizzazione opportunità tariffarie; informazione e formazione operatori e consumatori su opportunità specifiche; stimolo all'acquisto di beni ad alta efficienza energetica.

Per ciascun incrocio tra obiettivo settoriale e linea d'azione sono individuati nel quadro sintetico gli strumenti di intervento ritenuti più idonei al conseguimento dei risultati attesi.

Il secondo quadro di sintesi è dedicato agli obiettivi di carattere orizzontale tra i quali sono stati evidenziati: protezione dell'ambiente e difesa del territorio; promozione e diffusione dell'innovazione

tecnologica; promozione di impresa, attrazione di insediamenti produttivi e sviluppo dell'occupazione; sensibilizzazione della pubblica opinione ai temi dell'energia e dell'ambiente.

Toscana

“Il soddisfacimento degli obiettivi indicati nelle linee di indirizzo deve passare dalla definizione di politiche energetiche collegate agli indirizzi del PRS: fare sistema e innovare per uno sviluppo sostenibile. Gli obiettivi di queste politiche devono essere raggiunti attraverso azioni che tengano conto degli ormai consolidati indirizzi normativi per il risparmio energetico, delle nuove dinamiche di liberalizzazione del mercato dell'energia, delle nuove dinamiche di federalismo locale e le relative competenze assegnate dai dispositivi normativi, delle nuove dinamiche di sviluppo sostenibile che si stanno consolidando a livello internazionale e locale e dei nuovi metodi di politica concertata.”

Con queste indicazioni preliminari il piano si pone l'intento di orientare il mercato attraverso: - il governo della domanda energetica interna; l'orientamento della produzione; il coordinamento delle politiche di settore.

- la riorganizzazione della domanda energetica pubblica e/o partecipata per la contrattazione con i fornitori di mercato dell'acquisto dei vettori energetici a costo ridotto, privilegiando le fonti rinnovabili;
- realizzare interventi di riduzione e/o di produzione che si andranno a realizzare sul territorio toscano al fine di garantire sostenibilità ambientale ed economica;
- coordinare ed integrare i processi autorizzativi dello sportello unico, della VIA, della legge regionale 5/95, della “Bassanini bis” al fine di garantire certezza nei tempi per quegli impianti per i quali è sottoscrivibile un accordo

volontario;

- agevolare il trasferimento tecnologico e gestionale dai centri di ricerca alle imprese al fine di aumentare l'efficienza energetica, l'innovazione e la competitività;
- indirizzare e stimolare soggetti che svolgono attività di ricerca e sviluppo sul territorio regionale;
- indirizzare e stimolare i soggetti (con particolare riferimento alle partecipate pubbliche) che a diverso titolo entrano nel mercato dell'energia al fine di promuovere le ESCO.

Il nuovo Piano di Indirizzo Energetico Regionale ha ribadito gli obiettivi generali rafforzando i concetti di “autosufficienza energetica” regionale, di aumento dell'efficienza energetica e stabilizzazione del consumo di energia, lo sviluppo delle fonti rinnovabili portando l'obiettivo al 20% del consumo interno lordo e al 50% del consumo elettrico. La sostenibilità ambientale del sistema energetico toscano prevede l'obiettivo di riduzione di circa 4 milioni di tonnellate di CO₂ al 2012, rispetto al livello 2002, in linea con il Piano regionale di Azione Ambientale, di cui la metà per riconversione del parco termoelettrico da olio combustibile a ciclo combinato a gas.

Emilia Romagna

Il Piano vuole segnare una netta discontinuità rispetto alle politiche energetiche regionali portate avanti nel passato, incentrate sostanzialmente sulla gestione del regime di aiuti a favore del risparmio energetico disposto dalla legge n. 308/82 e dalla legge n. 10/91.

L'obiettivo della Regione, in sintonia con le nuove responsabilità che le derivano dalla riforma costituzionale, è di determinare le condizioni per aprire una nuova fase di sviluppo territoriale nella quale abbia rilevanza e rappresentatività la “questione energetica”.

Il Piano immette nella formulazione degli

obiettivi strategici l'orizzonte dello sviluppo sostenibile, ponendo a fondamento della programmazione energetica territoriale: la promozione del risparmio energetico e dell'uso razionale dell'energia; lo sviluppo e la valorizzazione delle fonti rinnovabili; le condizioni di compatibilità ambientale e territoriale degli impianti di produzione, trasformazione e uso finale dell'energia; lo sviluppo dei fattori di competitività regionale, l'efficienza, la qualità, la fruibilità sociale e la diffusione territoriale dei servizi in condizioni di concorrenza, economicità e redditività; il miglioramento delle prestazioni del sistema energetico territoriale anche attraverso le politiche di formazione, ricerca applicata, innovazione.

Il PEAR intende condurre avanti con determinazione l'esperimento del realismo imprimendo a tutte le opzioni il carattere di azioni e di politiche di intervento realmente fattibili.

In questo, l'idea di una programmazione per progetti come terreno sul quale misurare la volontà di operare delle istituzioni territoriali e delle imprese interessate. In questo, l'impegno a ricondurre ad unità organica il complesso delle azioni che muovono le altre politiche settoriali orientandone gli obiettivi, guidando le condizioni di uso delle risorse al conseguimento degli obiettivi del PEAR. Ogni azione di programma deve essere munita di copertura normativa e, nel caso, finanziaria.

Il Piano non accoglie interventi che abbiano il carattere di intenzioni di incerta realizzazione. La valutazione preventiva della sostenibilità ambientale e territoriale degli effetti derivanti dalla attuazione della politica energetica regionale, con evidenziazione dei potenziali impatti negativi delle scelte operate e delle misure idonee a prevenirli, ridurli, compensarli, si afferma come componente organica del PEAR e degli strumenti normativi collegati. Per questo il Piano è corre-

dato di VAS secondo le Direttive Comunitarie (è il primo piano regionale che si dota di questa VAS). La VAS proseguirà anche con il monitoraggio dell'evoluzione del sistema e del raggiungimento degli obiettivi indicati.

Sardegna

Nel quadro dell'ampio tessuto delle reti europee dell'energia la Sardegna fino ad oggi è una "isola energetica". Se non si mette in atto una strategia che modifichi questo stato fisico, il Piano Energetico aggiornato al 2002 non potrà proporre significativi cambiamenti rispetto al passato.

L'Unione Europea con le decisioni del Consiglio e del Parlamento propone un'azione strategica di potenziamento delle reti trans-europee dell'energia, anche con lo scopo di rompere l'isolamento delle regioni periferiche ed insulari. In applicazione a questa strategia il documento di cui alla GUCE del 25/6/2002, prevede la nuova connessione con un cavo sottomarino della Sardegna con l'Italia continentale; è anche previsto il progetto del gasdotto Algeria-Corsica-Italia tra i progetti di interesse comune.

Nel quadro di questo piano strategico internazionale, la Sardegna può inserirsi a pieno nel tessuto delle reti energetiche trans-europee. In tal modo le nuove prospettive di sviluppo del sistema energetico diventano interessanti.

Con riferimento al sistema energetico complessivo della Sardegna, cioè all'insieme del sottosistema elettrico e del sottosistema dei combustibili impiegati anch'essi in tutti i settori, sono definiti due scenari strategici:

- *Scenario A*, che assume la scelta di far della Sardegna una "piattaforma energetica del Mediterraneo"; questo scenario prevede che il sistema elettrico regionale sia pronto ad esportare già nel 2006 anticipando l'arrivo del metano con il sistema del gas naturale lique-

fatto (GNL) e di varare la realizzazione di due centrali a metano da 400 MW.

- *Scenario B* con la finalità principale di dare al sistema energetico regionale il compito di soddisfare la domanda interna; questo scenario privilegia il ruolo strategico del carbone Sulcis con l'obiettivo di giungere almeno ad un milione di t/anno. Non si utilizzerebbe in anticipo il GNL ma si attenderebbe l'arrivo del metano dall'Algeria, non prima del 2010.

Valle d'Aosta

Con l'aggiornamento del Piano Energetico ed Ambientale l'Amministrazione regionale della Valle d'Aosta ha inteso dotarsi di uno strumento di governo del territorio che rispondesse agli impegni recentemente assunti dall'Italia nei consessi internazionali e sia omogeneo ai nuovi assetti che le competenze istituzionali dell'Autonomia regionale vanno assumendo.

L'Amministrazione regionale valuta che per quanto attiene il settore dei trasporti la possibilità di incidere con proprie politiche sui consumi energetici è di fatto limitata alla gestione del traffico locale e tali politiche sono oggetto di opportuna pianificazione che dovrà tenere conto dei riflessi energetici ed ambientali di tale settore.

Pertanto ritiene di assumere per i consumi legati agli usi stazionari nel loro complesso un obiettivo di riduzione della produzione di CO₂, rispetto al 1990, superiore al 15% da ottenersi senza penalizzazione del saldo di energia elettrica esportata.

L'obiettivo ambizioso così definito deve essere conseguito attraverso una pluralità di interventi: sviluppo ulteriore delle fonti rinnovabili (solare, biomassa, idro e mini-idro); risparmio sugli usi finali attraverso l'impiego di tecnologie di conversione (corpi illuminanti, utensili, isolamento...) più efficienti ed il controllo otti-

mizzato delle utenze; scelta prioritaria dei combustibili a minor impatto ambientale globale (gas naturale, GPL); razionalizzazione, interconnessione e miglioramento delle catene energetiche attraverso tecnologie di conversione evolute come pompe di calore e cogenerazione, cioè generazione combinata di energia elettrica e calore.

Il Piano è interessato anche allo sviluppo delle celle a combustibile, del vettore idrogeno nelle sue componenti, produzione, stoccaggio, trasporto, utilizzo, della microcogenerazione, e della trazione ibrida come temi di Ricerca e Sviluppo su cui vanno create competenze e vanno sviluppati casi pilota che facciano crescere la cultura e la familiarità con i problemi avvicinandone le soluzioni.

Trento

La Provincia di Trento nel Programma di sviluppo della per la XII legislatura ha definito le linee guida per una politica locale in materia di energia, in base alle quali si ritiene necessaria "una revisione sostanziale del piano energetico provinciale approvato nel 1998, che tenga conto delle nuove competenze statutarie, dell'avvento di nuove regole comunitarie ispirate alla liberalizzazione del mercato interno dell'energia elettrica e del gas e, di conseguenza, della assoluta necessità di prospettare una politica energetica locale come attività capace di incidere sui comportamenti dei diversi soggetti sociali e istituzionali". In questo contesto le linee di indirizzo della politica locale in materia di energia dovrebbero prendere forma su tre piani di azione:

1. "un forte orientamento all'integrazione delle politiche e delle iniziative in campo energetico con i territori alpini limitrofi ...";
2. "un'attenzione urgente a consolidare la gestione dei servizi energetici delle imprese degli Enti locali...";
3. "la considerazione alla qualità del ter-

itorio e dell'ambiente alpino, che rappresentano una risorsa preziosa, fragile e critica, senza la quale non vi sono prospettive durature di sviluppo per il Trentino; all'impatto consistente che hanno avuto le produzioni idroelettriche nel passato e rispetto alle quali è in atto una serie di interventi di recupero e rinaturalizzazione con riferimento ai corsi d'acqua e agli ambienti circostanti, vanno oggi associate le problematiche emergenti della mobilità e della presenza turistica.”

Il Piano energetico provinciale deve, tuttavia, considerare anche altri aspetti. Primo fra tutti la considerazione della qualità del territorio, risorsa fondamentale per lo sviluppo duraturo del Trentino. Un secondo aspetto è la capacità di integrarsi positivamente con gli altri atti di programmazione settoriale, soprattutto, in materia di trasporti, edilizia/urbanistica, ambiente. Un terzo aspetto sono “vincoli e azioni da porre in essere per rispettare disposizioni internazionali come quelle del Protocollo di Kyoto, finalizzate alla riduzione delle emissioni dei gas serra nell'atmosfera.

Bolzano

La Provincia Autonoma di Bolzano ha approvato il proprio Piano energetico nel 1997. Lo scopo del Piano è tra l'altro di informare gli organi decisionali locali ed il pubblico interessato a questo argomento sulla tematica sostanziale nel settore energetico e sulle possibilità di intervento.

Il punto di partenza del piano energetico era di aggiornare il consumo di energia nei singoli settori dell'economia e di rivalutare la situazione di approvvigionamento.

Sono state valutate le possibilità di risparmio o di alternative energetiche sostitutive nei singoli campi di applicazione.

Le direttive tecniche ed organizzative

proposte in questo piano di settore, atte alla realizzazione di risparmi sul potenziale energetico si riferiscono a valutazioni economiche e non prevedono alcuna limitazione o rinuncia a standard attuali.

Sono stati formulati i seguenti obiettivi e principi di politica energetica: contenimento e razionalizzazione dei consumi energetici; compatibilità ambientale; sicurezza di approvvigionamento; economicità dell'approvvigionamento; compatibilità politica.

A tal fine sono stati predisposti strumenti di incentivazione finanziaria per gli interventi di risparmio e di sostegno alle fonti rinnovabili.

Le fonti rinnovabili nei Piani Energetico-Ambientali Regionali Idroelettrico

Il PEAR della Basilicata riporta che la produzione di energia da fonte idroelettrica costituisce oggi il 50% dell'intera produzione elettrica regionale, ma esiste, senz'altro, un potenziale idraulico non ancora sfruttato. Da studi effettuati risulta una ulteriore potenza teorica ottenibile di 41 MW.

In Alto Adige entro la fine del 1994 sono state presentate domande per 28 centrali (potenza complessiva 23,2 MW) con dimensioni fra 220 e 3.000 kWe per 125 impianti (potenza complessiva 2,4 MW) con dimensioni inferiori a 220 kW. Il totale del potenziale di produzione idroelettrica è di ca. 154 GWh/a, gli impianti piccoli, inferiori a 220 kW contribuiscono con 14,6 GWh/a.

Il PEAR della Calabria ipotizza la possibilità realizzativa, al 2010, di diversi impianti equivalenti ad una produzione di oltre 200 GWh/a. Con tale ipotesi gli effetti del raggiungimento di tale obiettivo sul risparmio di fonti fossili e di emissioni di anidride carbonica sono: combustibili fossili risparmiati (tep/a) 44.000, emissioni di CO₂ evitate (t/a) 106.800.

Nel Lazio questa forma di produzione di energia elettrica risulta quasi interamente già sfruttata. La potenza effettivamente installabile è valutata pari a circa 24 MW (con una producibilità di circa 106 GWh per anno), corrispondente ad un risparmio netto di energia primaria di circa 23 ktep/a. Il totale corrisponde al 5% della potenza idroelettrica attualmente installata nel Lazio (circa 478 MW includendo l'apporto della minidraulica) ed è quindi una aliquota marginale della potenza totale installata (circa lo 0,27%, includendo termoelettrico, idroelettrico e geotermoelettrico).

La Regione Liguria, pur presentando caratteristiche geo-morfologiche particolari, presenta un potenziale idroelettrico di rilievo. Occorre specificare che a fronte di un potenziale teorico di circa 4.600 GWh si ha un potenziale reale pari a circa 250 GWh che duplicherebbe la producibilità media annua dei 35 impianti idroelettrici presenti sul territorio (1998). Il PEAR dell'Emilia Romagna riporta un potenziale regionale installabile pari a 16 MW e una producibilità di 80-90 GWh/a. In Lombardia per il grande idroelettrico le risorse disponibili sono tutte già sostanzialmente sfruttate; esistono, tuttavia, ancora potenzialità di razionalizzazione degli impianti esistenti. Gli interventi relativi, entro il 2010, possono creare una potenzialità produttiva aggiuntiva di circa 600 GWh/a (110 ktep per anno). Per il mini idroelettrico, l'analisi delle risorse maggiormente promettenti conduce ad evidenziare una potenzialità aggiuntiva di produzione, sfruttabile nello scenario minimo, pari a 670 GWh/a (123 ktep/a). In Piemonte si ritiene che, prescindendo dall'impianto di Pont-Ventoux (impianto dell'AEM di Torino Spa, di potenza pari a 150 MW e producibilità di 398 GWh/a, la cui entrata in esercizio è prevista per gli anni 2003-2005), e dei ripotenziamenti contestuali ad una razionalizzazione dei prelievi idrici a livello di asta e

di bacino, l'incremento prevedibile del settore idroelettrico al 2010 è pari a 150 MW in termini di nuovi impianti.

Il PEAR della Sardegna non propone nuovi impianti ma soltanto interventi su dighe esistenti. Complessivamente le centrali idroelettriche realizzabili a valle di dighe esistenti, tra nuovi impianti e repowering, comportano un aumento della potenza nominale di 9,77 MW.

In Toscana si evidenziano ottime opportunità e si prefigura un'ulteriore crescita riconfermando le iniziative messe in atto fino ad ora. Negli anni 2000-2004 sono state presentate istanze progettuali per 35 MW con un investimento complessivo di oltre 60 milioni di euro (il 23% a contributo pubblico). L'indirizzo è di ricercare la realizzazione di tutti gli interventi possibili delineando un incremento della potenza attualmente installata per circa 100 MW e una producibilità di 578 GWh/a.

In Umbria lo stato attuale è di una potenza installata 506 MW con una produzione media 1533 GWh. Gli interventi prevedibili sono riferibili a: sfruttamento del salto d'acqua della attuale diga del Chiascio per una produzione annua prevista fino a 21 di GWh annui, sfruttamento miniydro (potenza totale installabile di pochi MW), riqualificazione e ripotenziamento di impianti esistenti, recupero energetico nelle reti degli acquedotti. Benefici ambientali possibili: risparmio di 36.864 tep annui, produzione evitata di CO₂ 115.200 t/a.

In Valle d'Aosta l'aumento di producibilità legato all'idroelettrico è limitato rispetto alla potenza totale installata ma non trascurabile in termini assoluti. La potenza che si prevede di installare è pari ad una producibilità annua di 110 GWh. La produzione di tale quantitativo di energia consentirà una mancata emissione di CO₂ di 71500 t/a.

Biomasse

In Basilicata la disponibilità di biomasse utilizzabili ai fini energetici in Basilicata è stata stimata dall'ENEA facendo riferimento ad una metodologia proposta dall'A.I.G.R. (Associazione Italiana di Genio Rurale). Dallo studio si è ottenuto che complessivamente l'energia ricavabile dalle biomasse è di 24 ktep/anno nel caso di sviluppo energetico e di 18 ktep/anno nella situazione attuale.

Nella Provincia di Bolzano l'utilizzazione energetica delle piante non ha senso, gli esempi di impianti biogas sono rari. Si può pertanto dire che gli impianti a biomasse non contribuiranno in modo significativo alla produzione di energia. Tuttavia potrebbe essere sensata l'incattivazione di alcuni progetti pilota.

In Calabria i risultati dell'analisi territoriale consentono di valutare in 152 MWe il potenziale energetico complessivo da biomasse vegetali presenti nella Regione Calabria. Uno scenario cautelativo al 2010 prevede l'insediamento di centrali elettriche alimentate da biomassa per una potenza complessiva di 50-70 MW ed una producibilità di 300-500 milioni di kWh. Gli effetti conseguenti alla realizzazione degli impianti di cui sopra, nello scenario minimo, sono: combustibili fossili risparmiati 66.000 tep/a, emissioni di CO₂ evitate 160.000 t/a.

Nel Lazio nel caso di utilizzo combinato della paglia di frumento e dei residui di potatura i tre bacini di Viterbo, di Roma e di Latina individuati potrebbero alimentare tre impianti di produzione elettrica di almeno 11, 7 e 11 MWe rispettivamente, per complessivi 29 MWe con una produzione media annua di circa 200 GWh, pari a 44 ktep.

In Liguria, secondo uno studio settoriale commissionato dalla Regione il potenziale teorico da biomasse forestali per l'intera regione è pari a 463 ktep. Data l'ampia disponibilità della risorsa forestale è obiettivo della Regione installare fino a

150 MW di potenza termica.

Il PEAR dell'Emilia Romagna riporta un potenziale regionale installabile pari a 300 MW e una producibilità di 1800 GWh/a. In Lombardia lo scenario di sfruttamento di una percentuale della biomassa complessivamente disponibile pari al 30% corrisponde a 246 ktep/a di energia primaria. La potenza complessiva da installare in impianti centralizzati, in tale scenario, deve essere non inferiore a 60 MWe ed a 700 MWt. La Regione ha già dato priorità all'utilizzo energetico delle biomasse agricole e forestali ed allo sviluppo del teleriscaldamento approvando un piano di finanziamento per 39 nuovi progetti d'impianto.

In Sardegna complessivamente dallo sfruttamento delle biomasse lignocellulosiche e da quello di altre biomasse è possibile ottenere una potenza elettrica compresa tra 170 e 190 MW.

In Toscana questa risorsa ha fatto registrare una forte attenzione che si è concretizzata anche con proposte progettuali di centrali alimentate con biomasse agroforestali o provenienti da colture dedicate. Il PEAR fissa un obiettivo di sviluppo degli impianti di produzione di energia elettrica da biomasse di circa 200 MW e una producibilità annua di 800 GWh.

Nella Provincia di Trento si prevede di ottenere 20.000 Tep aggiuntive di risparmio e 65000 tonnellate di CO₂ evitata, con biomasse recuperate da scarti di lavorazione, destinate all'alimentazione di reti di teleriscaldamento entrate in esercizio a partire dal 2000.

In Umbria l'utilizzo delle biomasse con impianti di cogenerazione o con impianti di produzione di solo calore permetterebbe di installare circa 20 MWe nel primo caso e di 130 MWt nel secondo.

Le risorse di biomassa residue della Valle d'Aosta si possono stimare in 40 GWh termici all'anno sfruttabili mediante impianti a cippato alcuni dei quali sono attualmente allo studio. Sono pre-

senti, a livello di studio di fattibilità, alcuni impianti di media taglia (alcuni MW) alimentati a cippato, di tipologia simile alle due realizzazioni già in esercizio. Si prevede, entro il 2010 la realizzazione di alcuni di tali impianti per un aumento di potenza installata stimabile in 15 MW. Il risparmio di emissione di CO₂ complessivo è pari a circa 7000 t/a

Solare termico

In Basilicata l'energia solare termica è destinata a soddisfare i fabbisogni energetici di punti di richiesta isolati e case sparse. Si ritiene che il potenziale di produzione di energia solare in Basilicata corrisponda al fabbisogno di energia delle utenze remote che è pari a 7 ktep/anno. Nella Provincia di Bolzano l'irradiazione solare media su una superficie orizzontale è di 1.300 kWh/m²/a che è maggiore del 15 % rispetto alle migliori zone d'oltralpe, pertanto le premesse per l'utilizzo dell'energia solare sono buone. Per la Regione Calabria, uno sviluppo sostenuto da una campagna mirata, con incentivi a livello nazionale e regionale, potrà portare ad installazioni prudenzialmente stimabili in 1000 m²/a e ad una superficie aggiuntiva di 10.000 m² per il 2010. Nell'ipotesi di realizzazione dell'obiettivo dei 10.000 m², al 2010 il risparmio energetico ammonterebbe a circa 7 MWh/a, con i seguenti effetti in termini di risparmio di energia primaria e di riduzione delle emissioni: combustibili fossili risparmiati (tep/a) 1500, emissioni di CO₂ evitate (t/a) 3500. Gli investimenti complessivi stimati ammontano a circa 10 milioni di euro.

Nel PEAR del Lazio si prevede l'avviamento di un programma finalizzato che preveda l'installazione minima di 550.000 m² di collettori solari termici fino al 2010, con un impegno finanziario complessivo di circa 440 miliardi da reperire attraverso fondi comunitari e nazionali. La corrispondente produzione media annua di

energia termica risulta pari a circa 31,5 ktep/a, considerando conservativamente una resa termica di 715 kWh/m²anno, con un risparmio complessivo di energia primaria pari a circa 73,3 ktep per anno. In Liguria le elaborazioni svolte hanno evidenziato che complessivamente si possono produrre ogni anno circa 345 ktep di energia termica, per il 41% nella Provincia di Genova, per il 30% in quella di Savona, mentre la restante quota è suddivisa nelle Province più piccole (17% Imperia e 13% La Spezia).

Il PEAR dell'Emilia Romagna riporta un potenziale regionale installabile pari a 30.000 m² e una producibilità di 18-22 GWh/a.

In Lombardia, stante l'attuale regime di sostegno, si è attribuito uno sviluppo naturale al 2010 di 25.000 m² di collettori installati; l'energia primaria risparmiabile, sotto questa ipotesi è pari a circa 5 ktep annui.

In Piemonte nell'attuale regime di sostegno e avendo quale base lo sviluppo indotto potenzialmente dal Bando 2003, si è individuato il traguardo di 20000 m² di collettori installati al 2005, corrispondenti ad una produzione di 162 GWh/a ed in proiezione 53400 m² al 2010, corrispondenti a circa 432 GWh per anno.

In Sardegna per ciò che riguarda l'utilizzo dell'energia solare per la produzione di acqua sanitaria, si ha una scarsa diffusione.

Il PEAR della Toscana riporta che l'obiettivo al 2010 è l'installazione di 200.000 m² di pannelli solari con un risparmio di 8,1 ktep/a e una riduzione di CO₂ di 4000 t/a.

Il Piano Energetico Provinciale di Trento prevede 1.000 impianti/anno a collettori solari, che dovrebbero garantire un risparmio energetico aggiuntivo pari ad almeno 10.000 tep, con minori emissioni di CO₂ pari a 31.000 tonnellate.

In Umbria si prevede nel prossimo futuro l'installazione di pannelli solari, per una

superficie pari ad almeno il triplo di quella installata nel decennio precedente, e quindi pari a circa 24.000 m². Gli effetti prodotti da tali installazioni saranno: superficie di 24.000 m², producibilità annua di 17.280 MWh, risparmio di 2400 tep/a, produzione evitata di CO₂ di 4.800 t/a.

Fotovoltaico

In Basilicata la stima delle potenzialità di tale fonte è stata effettuata partendo dalle valutazioni sulla radiazione solare al suolo in Italia effettuate dall'ENEA nel 1995. I risultati ottenuti mostrano una situazione favorevole all'uso dell'energia solare per applicazioni fotovoltaiche con la possibilità di realizzazioni di nuovi impianti per 351-354 kW.

Nella Provincia di Bolzano si propone l'impiego del fotovoltaico solo alla produzione di piccole quantità di energia elettrica in zone isolate sprovviste dal servizio elettrico, p.es. rifugi alpini.

Il PEAR della Calabria ipotizza la realizzazione di 1,5 MW di impianti fotovoltaici, al 2010, con un risparmio energetico che ammonterebbe a 2.250 MWh/a, con i seguenti effetti in termini di risparmio di energia primaria e di riduzione delle emissioni: combustibili fossili risparmiati (tep/a) 520, emissioni di CO₂ evitate (t/a) 1260.

Nel Lazio la potenzialità del fotovoltaico, derivante da applicazioni sugli edifici, è stata stimata pari a non oltre 200÷300 MW, con una potenzialità energetica di 200÷300 GWh per anno (44÷66 ktep/a). Accanto a questa applicazione si propone il fotovoltaico per la fornitura di elettricità a zone tuttora non servite dalla rete elettrica. La potenza complessiva installabile risulta essere di 1÷2 MW con una producibilità un po' superiore a 1 GWh per anno.

Il PEAR della Liguria valuta che si possono verificare buone potenzialità. Infatti per ben 39 comuni è stato valutato un

potenziale annuo maggiore di 300 tep da fotovoltaico.

Il PEAR dell'Emilia Romagna riporta un potenziale regionale installabile pari a 8 MW e una producibilità di 10-12 GWh/anno.

In Lombardia si ipotizza la messa in rete di 6 GWh/anno nell'ipotesi che il regime di sostegno attuale, avviato dal Ministero Ambiente con il programma dei 10.000 tetti fotovoltaici, continui per almeno 5 anni. Come obiettivo si pone la messa in rete di ulteriori 11 GWh annui per una potenza di picco di 8 MW per un equivalente in energia primaria complessiva pari a 4 ktep.

In Piemonte lo scenario di crescita è costruito con riferimento al programma "Tetti fotovoltaici" del MAP. Si presume di poter raggiungere una potenza installata di circa 2030 kWp, al 2005 e 4060 kWp circa al 2010. La quantità di CO₂ equivalente evitata potrebbe essere quantificata in 1490 t/a al 2005 e poco meno di 3000 t/a al 2010.

La Toscana intende incentivare notevolmente tale risorsa ed ha già realizzato norme per la semplificazione delle procedure autorizzative. Si propone l'obiettivo di installare nuovi impianti per circa 50 MWp e una capacità di produzione complessiva di oltre 50 GWh.

Il PEAR dell'Umbria ritiene plausibile l'installazione di pannelli solari fotovoltaici, per una potenza di almeno 1 MWp, con un risparmio di 0,280 tep/kWp ed una produzione evitata di CO₂ pari a 0,9 t/kWp per anno.

Eolico

In Basilicata gli unici dati statistici di velocità del vento che è stato possibile rinvenire, sono le misurazioni effettuate dal Centro Ricerche ENEA della Trisaia di Rotondella (MT), da cui risulta che i siti di Campomaggiore, Picciano, Rotondella, Ferrandina e Latronico hanno velocità medie superiori a 4,5-5 m/s. Lo sfrutta-

mento di tali siti renderebbe possibile la produzione di soli 9 GWh/a, con macchine di media taglia, e 23 GWh/a, utilizzando macchine di grande taglia; a questa stima si somma il potenziale di quei siti per cui è stata già svolta la VIA con esito positivo e che ammonta a 108 MW.

Nella Provincia di Bolzano l'utilizzazione dell'energia eolica avrà per il prossimo futuro un'importanza molto limitata.

In Calabria in uno scenario prudenziale si ipotizza la realizzazione di impianti eolici di media taglia in modo da raggiungere almeno i 5-10 MW per sito ed una potenza totale installata nella Regione non inferiore a 70 MW, con una producibilità di almeno un centinaio di milioni di kWh/anno. Il risparmio di fonti fossili e di emissioni di anidride carbonica sono rispettivamente di 22.000 tep/a e 53.400 t/a.

Il PEAR del Lazio il potenziale energetico eolico disponibile nella regione è stato stimato in circa 190 MW nominali per una producibilità di 550 GWh all'anno, pari a 121 ktep/a.

Il potenziale eolico della regione Liguria risulta sicuramente basso, non supera, infatti, i 13 ktep su base annua.

Il PEAR dell'Emilia Romagna riporta un potenziale regionale installabile pari a 15-20 MW e una producibilità di 60-70 GWh/anno.

In Lombardia si stima un potenziale regionale di 10 MW di potenza installata con circa 20-25 GWh/a di energia elettrica producibile, corrispondente a 2 ktep/a di energia primaria sostituita.

In Piemonte la diffusione delle centrali eoliche non trova condizioni anemologiche favorevoli. In Sardegna per la fine del 2002 sono stati presentati all'Assessorato all'Ambiente diversi progetti per impianti eolici. Si tratta di 20 Parchi eolici per una potenza di targa totale di 1174 MW che sommati ai 104 MW installati al dic. 2002 e ai circa 760 MW di progetti di cui si è

a conoscenza in via di definizione da presentare ancora agli enti preposti, arriviamo ad un totale di circa 2060 MW. Benché le richieste di connessione di impianti eolici al GRTN raggiungono i 5000 MW, si ritiene che sia per motivi economici che di equilibri ambientali e del sistema elettrico regionale, sia prudente stimare per il 2012 una potenza nominale installata dell'ordine di 2000 MW.

La Toscana ha come obiettivo quello di realizzare impianti eolici per 300 MW con valori di funzionamento medio degli impianti che possono rientrare nella media che si registra in Italia di circa 2.000 ore all'anno e una producibilità di circa 600 GWh/anno con un risparmio di energia quantificabile in 0,144 Mtep/a e una riduzione di CO₂ pari a 420.000 t. A ciò si aggiunge un ulteriore contributo da parte dei generatori eolici di piccola e media taglia, che è quantificata in circa 50 MW e producibilità di circa 100 GWh.

In Umbria la potenzialità eolica regionale complessiva è di 1428 MW ma il PEAR prevede di sfruttarne 400 MW ricadenti al di fuori delle aree protette.

Nel Piano energetico della Valle d'Aosta non si prende in considerazione tale fonte fra quelle analizzate

Rifiuti

La Regione Basilicata ritiene che lo sfruttamento di energia da RSU non sia praticabile ed esclude, in maniera categorica, la trasformabilità di qualsiasi impianto di produzione di energia da biomasse in impianto alimentato da RSU o CdR. Nella Provincia di Bolzano lo sfruttamento energetico dei rifiuti e delle acque reflue nelle infrastrutture esistenti o in progetto (inceneritori, discariche, depuratori) ha già raggiunto un elevato livello. In futuro lo sfruttamento energetico dovrà far parte delle progettazioni fin dall'inizio. Nella Regione Calabria il recupero energetico dovrà avvenire nei due impianti all'uopo dedicati, idonei a valorizzare la

frazione combustibile derivante dalla gestione dei rifiuti e, nell'ipotesi di utilizzo dell'intera energia termica recuperata per la produzione di energia elettrica, potranno garantire la produzione di 200-250 milioni di kWh ciascuno, con una potenza elettrica installata di 30-35MW in ciascun impianto. In tal caso gli effetti sono: combustibili fossili risparmiati (tep/a) 110.000, emissioni di CO₂ evitate (t/a) 265.000.

Il PEAR del Lazio propone che l'utilizzo della produzione annua di rifiuti a valle della raccolta differenziata in impianti di termoutilizzazione, implicherà l'installazione di una potenza elettrica pari a circa 78 MWe, nell'ipotesi di conversione energetica in sola energia elettrica. La corrispondente produzione elettrica risulta pari a circa 550 GWh/a, con un risparmio di energia primaria di circa 121 ktep/a.

In Liguria una analisi dello sfruttamento degli RSU conduce a queste conclusioni: tenendo conto della quantità di produzione dei rifiuti, si ipotizza un valore realistico di produzione di energia elettrica pari a 250.000 MWh per anno.

In Lombardia il PEAR prevede al 2010 di sfruttare i rifiuti per ottenere in termini energetici un risparmio di energia primaria stimata in 330 ktep, con impianti aventi una potenza di 735 MWt e 255 Mwe e una producibilità di 594 GWht e 1140 GWhe.

Il PEAR della Toscana riporta che i MW installabili e le producibilità di energia elettrica da RSU a livello regionale sono i seguenti: potenzialità di installazione di circa 163 MW, producibilità di circa 1.220 GWh, evitando la produzione di 970.000 t/a di CO₂.

Nella Provincia di Trento l'entrata in funzione di un termovalorizzatore di rifiuti urbani, a partire dal 2007, permetterebbe di disporre di una notevole quantità di energia termica da poter distribuire, tramite teleriscaldamento, nella zona resi-

denziale, commerciale e industriale, tenendo conto dei tempi di realizzazione, si è assunta per il Piano una quantità di energia risparmiata pari a 10.000 tep e 24.000 tonnellate di CO₂ evitata.

In Umbria sulla base di quanto previsto dal Piano regionale rifiuti, il quantitativo di CDR da termovalorizzare sarà di 70000 t/a e permetterà una produzione di energia elettrica attorno ai 60.000 MWh/a.

Geotermia

Nel Lazio l'ENEL ha segnalato l'esistenza sul territorio laziale di località di un certo interesse, nelle quali è stata recentemente rinvenuta la presenza di fluidi a temperatura medio bassa, utilizzabili per usi termici diversi, purché in prossimità delle medesime fonti. Il calore derivante dallo sfruttamento di queste risorse è stato stimato in 871.200 Gcal annue. Le fonti fossili risparmiabili sono quantificabili in 87,12 ktep. In uno dei siti individuati (Marta) sarà valutata la possibilità, attraverso un apposito studio di fattibilità, dell'installazione di un impianto geotermoelettrico per una potenza elettrica di 9 MW (si stima una produzione di 65,5 GWh/a).

Il PEAR dell'Emilia Romagna riporta un potenziale regionale installabile pari a 9-12 MW e una producibilità di 25 GWh/a. In Lombardia tenuto conto dell'attuale contesto ambientale lombardo, delle caratteristiche geologiche della pianura padana, la potenzialità dello sfruttamento delle risorse geotermiche appare limitata solamente agli acquiferi sotterranei. In Sardegna l'analisi delle temperature delle sorgenti, i rilievi elettrici, gravimetrici, magnetici e aeromagnetici, attuati nel tempo dal CNR nell'ambito del progetto finalizzato Geotermia e le successive misure di flusso di calore effettuate in oltre trenta fori profondi oltre 100 metri, nell'ambito di una tesi di laurea hanno potuto mostrare un quadro non ancora delineato a sufficienza, ma sicuramente pro-

	Idroelettrico	Solare termico	Solare fotovoltaico	Eolico	Biomasse	Geotermico	Rifiuti
Piemonte	150 MW, 400 GWh/a	53.000 m ² , 432 GWh/a	4 MW				
Valle d'Aosta	20 MW, 110 GWh/a		10 GWh/a		15 MW		
Lombardia	374 MW, 1270 GWh/a, 233 ktep/a	25.000 m ² , 35 GWh/a termici, 5 ktep/a	8 MW, 11 GWh/a, 4 ktep/a	10 MW, 20-25 GWh/a, 2 ktep/a	48 MW, 288 GWh/a, 246 ktep/a		255 MW, 1140 GWh/a, 330 ktep/a
Trento		10 ktep/a			20 ktep/a		10 ktep/a
Bolzano							
Liguria	250 GWh/a, 30 ktep/a	345 ktep/a termici	0,3 ktep/a	13 ktep/a	150 MW, 500 ktep/a		250 GWh/a, 136 ktep/a
Emilia Romagna	16 MW, 80-90 GWh/a	30.000 m ² , 18-22 GWh/a	8 MW, 10-12 GWh/a	15-20 MW, 60-70 GWh/a	300 MW, 1800 GWh/a	9-12 MW, 25 GWh/a	
Toscana	70 MW, 210 GWh/a, 50 ktep/a	200.000 m ² , 8,1 ktep/a	6 MW	300 MW, 144 ktep/a	92 MW, 178 ktep/a	300 MW, 700 ktep/a + 200 MW, 60 ktep/a	163 MW, 271 ktep/a
Umbria	3 MW, 37 ktep/a	24.000 m ² , 17 GWh/a, 2,4 ktep/a	1 MW, 1,2 GWh/a, 0,3 ktep/a	400 MW, 800 GWh/a	20 MW +130 MW	1 MW, 3 ktep/a	60 GWh/a
Lazio	24 MW, 106 GWh/a, 23 ktep/a	190 GWh/a, 550.000 m ² , 73,3 ktep/a	1-2 MW, 1,3 GWh/a, 0,3 ktep/a	190 MW, 550 GWh/a, 121 ktep/a	29 MW, 200 GWh/a, 44 ktep/a	9 MW, 65 GWh/a, 87,1 ktep/a	78 MW, 550 GWh/a, 121 ktep/a
Basilicata	28,7-41 MW, 11,2-16 ktep/a, 127,4-182 GWh/a	0,7-1,4 ktep/a	301-354 kW	122-128 MW, 189-198 GWh/a	43 MW, 257 GWh/a, 22 ktep/a		
Calabria	200 GWh/a	7 GWh/a, 1,5 ktep/a	2,2 GWh/a, 1,5 MW	70 MW, 100 GWh/a	50-70 MW, 300-500 GWh/a		60-70 MW, 400-500 GWh/a
Sardegna	9,77 MW			2000 MW	170-190 MW		

Tabella 2

Obiettivi di sfruttamento delle fonti rinnovabili previsti dai Piani Energetici Regionali

mettente.

In Toscana la linea di indirizzo è l'adeguamento di tutte le centrali al massimo rendimento e l'installazione di ulteriori 300 MW. I due interventi porteranno ad una maggiore producibilità annua di circa 2200 GWh.

In Umbria sono presenti alcuni pozzi attualmente non utilizzati. Dall'utilizzo di tali pozzi si potrebbe ottenere la produzione congiunta di energia elettrica, calore ed anidride carbonica.

A conclusione di questa parte, nella tabella 2 sono riportati sinteticamente gli obiettivi al 2010-2012 su esposti, così come sono stati indicati nei PEAR per il settore delle fonti rinnovabili, in termini di nuovi impianti da realizzare e miglioramenti a quelli esistenti. I dati riportati sono in potenza e in energia producibile. A causa delle variazioni legislative e tecnologiche, successive all'approvazione dei PEAR, gli obiettivi riportati sono in alcuni casi superati. Ciò si verifica per esempio per l'energia prodotta da impianti eolici, che in alcune regioni del sud è prevista essere, nei prossimi anni, superiore a quanto riportato nei PEAR.

Nel settore idroelettrico gli obiettivi dovrebbero comportare un incremento della produzione di energia elettrica abbastanza contenuto stimabile in circa l'otto per cento di quanto prodotto nel 2003 a livello nazionale.

Il settore eolico dovrebbe dare un grosso impulso alla produzione di energia da fonti rinnovabili. I PEAR prevedono complessivamente un incremento di 3-4 volte rispetto all'attuale produzione.

Un notevole incremento della produzione elettrica dal settore fotovoltaico è l'obiettivo dei PEAR, dell'ordine di almeno 10 volte l'attuale produzione.

Per le biomasse i PEAR hanno come obiettivo complessivo un incremento stimabile intorno a 2-3 volte l'attuale produzione ed un ulteriore contributo potrebbe arrivare dall'utilizzo dei rifiuti.

Per la geotermia, l'obiettivo dei PEAR è un aumento pari a circa l'50% dell'attuale produzione.

Complessivamente per le Regioni esaminate, più Veneto e Marche, si stima che qualora gli obiettivi dei PEAR venissero raggiunti, per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, si avrebbe un aumento complessivo dell'ordine di 17000-19000 GWh annui e ulteriori contributi si avrebbero dagli utilizzi termici. Complessivamente si avrebbe una ulteriore riduzione delle emissioni di CO₂ di circa 14-17 milioni di tonnellate, pari circa il 3% della produzione di CO₂ del 1990.

Il risparmio energetico nei Piani Energetico-Ambientali Regionali

Settore civile

In Basilicata il PEAR propone che interventi di risparmio energetico siano incentivati, individuando le tipologie di interventi a partire da quelli previsti dalla legge 10/91.

Il settore degli usi civili in Basilicata ha una

efficienza d'uso dell'energia mediamente superiore a quella nazionale, ciò fa sì che le azioni dirette per la conservazione energetica non sono fra le priorità di politica pubblica.

Il PEAR della Calabria valuta, sulla base di uno specifico studio realizzato dall'ENEA nel settore residenziale, possibile conseguire, al 2010, un risparmio di 34.500 tep/a. Per quanto riguarda il risparmio di energia elettrica, è stato stimato un possibile risparmio di 29.757-33.147 tep/a. Il risparmio energetico conseguibile nel terziario e nella Pubblica Amministrazione è stato stimato pari a 23.310-26.590.

Dalle valutazioni effettuate per i singoli comparti è stato conservativamente stimato, nel settore civile, un risparmio di energia di 87.567-94.237 tep/a.

Il PEAR di Bolzano pone come obiettivo di risparmio energetico il miglioramento dell'isolamento termico sia negli edifici esistenti che in quelli di nuova costruzione, la modernizzazione dei sistemi di riscaldamento e la sostituzione di apparecchi elettrici.

Il PEAR dell'Emilia Romagna prevede vari interventi di risparmio energetico nel settore civile tra cui la riqualificazione energetica del sistema edilizio urbano, il contenimento dei consumi di energia nella produzione di energia ed acqua calda sanitaria negli edifici. Ciò porterà a un risparmio energetico di 550 ktep/a.

Nel Lazio le potenzialità di intervento più interessanti previste dal PEAR per l'uso razionale dell'energia riguardano: il settore residenziale, il settore scolastico i settori ospedaliero e alberghiero, gli altri settori del Terziario e Pubblica Amministrazione, il settore dell'illuminazione pubblica, per un risparmio di energia complessivo di 630 ktep/a.

Il PEAR della Liguria propone di ottenere una rilevante riduzione dei consumi energetici di abitazioni ed uffici, affiancando alla via impiantistica interventi sul-

l'involucro edile; inoltre si propone la certificazione energetica degli edifici obbligatoria, l'adeguamento di piani regolatori e regolamenti edilizi per favorire il risparmio energetico e l'uso delle rinnovabili.

IL PEAR della Lombardia in base ad analisi revisionali basate sui miglioramenti medi ottenibili mediante interventi di riqualificazione edilizia si stima che il potenziale di riduzione degli attuali consumi nei complessi edili sia dell'ordine del 25%. Si propone: la certificazione energetica degli edifici, l'uso di apparecchiature domestiche e di attrezzature commerciali ad alta efficienza, l'integrazione delle energie rinnovabili negli edifici, la promozione del Facility Management e dell'Energy Manager, gli appalti di tecnologia efficiente, gli audit energetici nel terziario e nella Pubblica Amministrazione.

Il PEAR del Piemonte stima che il potenziale medio di razionalizzazione dei consumi, conseguibile a parità di servizio reso, nell'utenza-tipo domestica sia pari a circa il 30%. Il 15% costituisce un obiettivo di riduzione di circa 600 ktep sull'orizzonte temporale del 2010, conseguibile mediante l'attivazione di strumenti di carattere generale. Il rimanente 15% è invece collegato alla diffusione di investimenti di efficienza energetica.

Il PEAR della Sardegna propone nel settore residenziale, la sostituzione dell'energia elettrica con combustibili gassosi nella produzione di acqua calda sanitaria e nel riscaldamento degli ambienti in tutti i settori di impiego.

Nel PEAR della Toscana gli interventi proposti nel settore residenziale e terziario sono: sul tessuto urbano, sugli edifici per le diverse categorie edilizie, sugli impianti per il riscaldamento ed il raffrescamento, sull'illuminazione e sulle apparecchiature elettriche, sul ciclo dell'acqua. Tali interventi produrranno un risparmio energetico di 319 ktep/a.

Il Piano Energetico-Ambientale della Provincia di Trento assegna la massima priorità al settore degli usi termici civili attraverso la promozione dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili. In particolare, si sono indicati ai primi posti gli interventi nel campo della sostituzione di generatori di calore con nuove caldaie della migliore tecnologia disponibile in fatto di efficienza energetica e di riduzione delle emissioni inquinanti. Altre azioni previste sono il ricorso alle fonti rinnovabili come il solare termico, la coibentazione degli edifici, l'edilizia a basso consumo e le reti di teleriscaldamento. Gli interventi proposti consentiranno un risparmio energetico pari a 66 ktep/a e 291.000 tonnellate di CO₂ evitata.

Il PEAR dell'Umbria assume come centrale, al riguardo, lo strumento della certificazione energetica fino a definire la possibile "etichettatura", per classi energetiche, dei sistemi "edificio-impianto". Il PEAR indica, altresì, l'esigenza che l'Umbria sappia cogliere le opportunità dell'architettura bioclimatica, che associa elementi costruttivi capaci di ottimizzare la *performance* energetica dell'edificio ("valore passivo") così come in quella ambientale (dei materiali costruttivi al comfort naturale).

Il PEAR della Valle d'Aosta propone le seguenti tipologie di interventi: sostituzione di corpi illuminanti a incandescenza con altri a fluorescenza, sostituzione di elettrodomestici con modelli a basso consumo, isolamento termico di edifici. Si ipotizza globalmente di ottenere, alla fine del decennio, un risparmio energetico di circa 2,7 GWh per anno, per un risparmio di emissione di CO₂ di circa 1.400 t/a.

Settore attività produttive

Il PEAR della Basilicata propone che interventi di risparmio energetico siano incentivati individuando le tipologie di

interventi a partire da quelli previsti dalla legge 10/91.

In Calabria uno studio realizzato dall'ENEA, per il PEAR, su un campione significativo di aziende regionali industriali e agroalimentari, mostra che è possibile conseguire un risparmio, al 2010, di energia termica per 29.400 tep e di energia elettrica per 5.600 tep. I potenziali risparmi di energia derivano, per tutti i settori considerati, da interventi sugli impianti ausiliari elettrici e termici e dall'introduzione nei singoli processi di tecnologie innovative o più efficienti. Il PEAR della Provincia di Bolzano persegue i seguenti obiettivi nell'ambito delle aziende del settore alimentare, metallurgico e chimico. Partendo dall'attuale struttura e dal consumo energetico dell'industria, si stima prudentemente, che entro l'anno 2005 il potenziale di risparmio per il riscaldamento sarà del 12%, quello per l'energia elettrica del 6%.

Il PEAR dell'Emilia Romagna prevede vari interventi di risparmio energetico nel settore delle attività produttive il miglioramento dell'efficienza energetica e delle condizioni di compatibilità ambientale nei processi di produzione, trasformazione, trasporto e distribuzione dell'energia, la riduzione dei consumi specifici di energia e il miglioramento delle condizioni di compatibilità ambientale nei processi produttivi, la produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ecc. Ciò porterà a un risparmio energetico complessivo di 450 ktep/a.

Il PEAR del Lazio stima un potenziale effettivo di risparmio energetico dell'ordine di 140 ktep circa, pari al 13-14% dei consumi del settore nel 1995, dei quali 38 ktep elettrici e 102 ktep termici, corrispondente al 12% circa dei consumi tendenziali di energia al 2010 dell'intero settore industriale (ca. 1.200 ktep).

Il PEAR della Lombardia propone che l'azione della Regione nei confronti del risparmio energetico in questo settore si concentri sulla informazione, sulla pubblicizzazione e sulla valorizzazione degli strumenti che consentano il recupero di maggiore efficienza nelle fasi produttive e di quelli organizzativi, anche in collaborazione con le associazioni di categoria che rappresentano i diversi operatori interessati sia dal lato della domanda che da quello dell'offerta di servizi e di tecnologie.

Il PEAR del Piemonte dà una notevole importanza al risparmio energetico nel settore agricolo proponendo i seguenti obiettivi: sostegno ed incentivazione alla diffusione degli impianti per l'utilizzazione di energia derivante da fonte rinnovabile e per il risparmio energetico, incentivazione dell'autoproduzione finalizzata all'autoconsumo nelle singole aziende, Assistenza tecnica anche attraverso l'effettuazione di studi di fattibilità per la valutazione di interventi di risparmio energetico e di produzione di energia da fonti rinnovabili, informazione e formazione agli utenti agricoli e ai tecnici di settore in materia, anche in collaborazione con altri soggetti pubblici e privati.

In Sardegna al fine di ottenere un uso razionale dell'energia viene proposto nel PEAR l'uso delle fonti rinnovabili e il gas metano sia in ambito industriale che agricolo.

In Toscana il PEAR attribuisce grossa rilevanza per gli interventi energetici nel settore produttivo alla diffusione dei sistemi cogenerativi. L'obiettivo del piano è quello di realizzare complessivamente impianti di cogenerazione per 500 MW per una riduzione di CO₂ di 1,3 milioni di tonnellate e un risparmio di 522 ktep/a. Interventi di risparmio energetico nel settore delle attività produttive sono contenute nel DOCUP della Regione.

Il Piano Energetico Ambientale della Provincia di Trento propone per questo settore il miglioramento di efficienza degli impianti di produzione termoelettrica più obsoleti, ad esempio con dei cicli combinati, al fine di ottenere insieme ad altre azioni nel settore industriale a un minor consumo di 11.000 tep e ad emissioni evitate pari a quasi 29.000 tonnellate di CO₂.

Il PEAR dell'Umbria riporta che interventi nel settore sono contemplate dalle seguenti misure del DOCUP Ob. 2 (2000-2006). In particolare la Misura 3.1. "Sostegno alle imprese per la tutela e la riqualificazione dell'ambiente" alloca altre 14 milioni di euro a favore di progetti aziendali ambientali e nel settore dell'efficienza energetica e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili. Vengono proposti interventi di recupero dei reflui termici industriali e politiche regionali per la promozione del risparmio energetico nell'industria.

Il PEAR della Valle ipotizza complessivamente, nei 10 anni previsti dal piano, una riduzione del carico termico del 3% rispetto all'anno 2000, derivante dalla razionalizzazione della gestione del calore di processo, dal recupero dei reflui termici, oltre che dalla coibentazione di alcuni edifici. Il risparmio energetico annuo previsto è di 15 GWh_t ed un risparmio di emissione di CO₂ equivalente pari a 4.500 t/a.

Settore trasporti

In Basilicata il PEAR propone di convertire il parco automezzi pubblico da benzina (o gasolio) a GPL, o metano, (o, in parte, biodiesel) attraverso opportune forme di ripartizione della spesa. Propone inoltre un'operazione "rottamazione auto" regionale che riguardi mezzi immatricolati prima di una certa data (per esempio 1990). Interventi di risparmio energetico sono trattate anche dal Piano regionale trasporti.

In Calabria, sulla base di uno specifico studio realizzato dall'ENEA, per il PEAR, si reputa possibile che venga conseguito, al 2010, una riduzione dei consumi di combustibili fossili compresa tra 106.380 e 114.800 tep. Gli interventi sono relativi al solo trasporto in ambito urbano, privato e pubblico, di persone ed al trasporto merci, e alla sostituzione del 10% dei veicoli pubblici a gasolio con veicoli elettrici.

Il PEAR dell'Emilia Romagna prevede misure di controllo del traffico urbano compresi l'applicazione di sistemi intelligenti di trasporto, l'aumento della capacità di trasporto pubblico con mezzi elettrici/ibridi o a gas, la organizzazione di servizi per la diffusione di mezzi per la mobilità delle persone e delle merci a basso impatto ambientale. Si stima che tali interventi porteranno un risparmio di energia per 680 ktep/a.

Nel Lazio il PEAR ha messo in evidenza che nel settore trasporti è possibile conseguire un risparmio energetico quantificabile in 20%. Tali misure potrebbero indurre un contenimento delle emissioni dei gas serra stimabile nel 18,7%. Per quanto riguarda l'emissione di CO₂ sono previste al 2010 riduzioni tra il 2% e il 5,7%.

Nel settore trasporti il PEAR della Lombardia propone tra i tanti obiettivi anche quello della sostenibilità ambientale che deve fare in modo che i sistemi e le infrastrutture di trasporto minimizzino la loro incidenza sul consumo di risorse naturali e quindi anche dell'energia.

Il PEAR Piemonte per le aree urbane gli obiettivi sono: promuovere la pianificazione, attraverso la gestione e il controllo della mobilità, migliorare l'efficienza e la qualità del trasporto pubblico, favorire la creazione di una nuova infrastrutturazione per il trasporto pubblico di massa, promuovere il rinnovo del parco veicolare degli enti pubblici in gene-

re, dei gestori di servizi pubblici e/o di pubblica utilità, razionalizzare le attività di distribuzione delle merci. Per le aree extraurbane gli obiettivi sono: migliorare l'integrazione tra il trasporto privato e i trasporti collettivi, migliorare l'offerta e l'efficienza del trasporto ferroviario. Per il trasporto delle merci di media e lunga percorrenza, gli obiettivi sono: incentivare il trasferimento di quote di traffico delle merci da strada a ferrovia, promuovere un processo di razionalizzazione della domanda e dell'offerta dell'autotrasporto.

Il PEAR Sardegna propone di aumentare il più possibile la penetrazione degli automezzi alimentati con combustibili a basso tenore di carbonio, quali GPL e metano sul breve termine, e ad idrogeno nel medio lungo termine.

Il PEAR della Toscana riporta che la riduzione dei consumi energetici nel settore trasporti deve essere conseguita da una parte migliorando l'efficienza dei veicoli, dall'altra riducendo la necessità di mobilità e migliorando le condizioni della circolazione. Gli interventi proposti dal PEAR produrranno una minore produzione di CO₂ pari a 2 milioni di tonnellate.

La Provincia di Trento, coerentemente con l'Atto di indirizzo sulla mobilità formalmente adottato dalla Giunta provinciale, sono rilevanti ai fini del Piano: privilegiare il modo "su ferro" e "a fune", privilegiare il trasporto pubblico, sviluppare la "mobilità pulita", adottare politiche di controllo e orientamento della domanda, incentivare l'intermodalità. Gli interventi proposti consentiranno un risparmio energetico pari a 12 ktep/a e 53.000 tonnellate di CO₂ evitate.

Il PEAR dell'Umbria prevede: misure che favoriscono l'uso, il potenziamento e il rinnovo del trasporto ferroviario, l'integrazione dei servizi ferro gomma, il rinnovo del parco autobus con veico-

li a ridotte emissioni inquinanti, la realizzazione e gestione integrata di sistemi innovativi per la mobilità collettività, l'intercambio e il monitoraggio dei servizi, iniziative per il miglioramento del traffico urbano, vari interventi di incentivazione finanziaria.

Il PEAR della Valle d'Aosta valuta che per quanto attiene il settore dei trasporti la possibilità di incidere sui consumi energetici è di fatto limitata alla gestione del traffico locale con opportuna pianificazione che dovrà tenere conto dei riflessi energetici ed ambientali di tale settore.

Conclusioni

L'articolo ha riassunto le intenzioni delle Amministrazioni Regionali in merito alla programmazione energetico-ambientale. Gli indirizzi e gli obiettivi sono stati ripresi, in modo molto sintetico, come sono formulati nei piani. ⁽¹⁾

La distanza tra le intenzioni programmatiche e la reale attuazione dei progetti potrebbe in alcuni casi essere notevole. Tuttavia riteniamo positivo che la maggior parte delle regioni abbiano dato luogo alla programmazione energetico-ambientale facendosi carico di obiettivi anche di carattere nazionale.

Il perseguimento degli obiettivi dei PEAR relativi alle fonti rinnovabili e al rispar-

mio energetico permetterebbe di abbattere le emissioni di CO₂ al 2010-2015 come stabilito dal protocollo di Kyoto.

La realizzazione dei piani è legata all'utilizzo di tutta la strumentazione pubblica disponibile (decreti ministeriali, fondi strutturali ecc.) ed il coinvolgimento di tutti i soggetti pubblici e privati (ENEA, università, imprese ecc.).

I PEAR sono uno strumento importante della programmazione generale regionale e si collegano agli altri piani territoriali (piani trasporti, piani rifiuti, piani di sviluppo territoriali ecc.).

Lo sforzo programmatico ed attuativo delle Regioni in campo energetico è dimostrato avere un grande respiro strategico ed avere una ampia gamma di possibili soluzioni tecniche e gestionali in ordine al miglioramento del sistema energetico regionale e locale e, contemporaneamente, a quello nazionale. Si tratta di un processo virtuoso ed irreversibile.

Resta molto importante l'aggiornamento dei PEAR, in quanto questi non sono degli strumenti rigidi ma da adattare ai mutamenti in corso (nuove aspettative, nuove norme italiane ed europee, variazioni tecnologiche ecc.).

Nota

[1] I Piani Energetici Regionali sono disponibili anche nel Sito ENEA "Energia nelle Regioni".

Il tuffatore e la ballerina: breve storia del momento angolare

di **FABRIZIO CLERI**
ENEA

UTS Materiali e Nuove Tecnologie

scienza, tecnica,
 storia & società

Una sintesi storico-scientifica dello sviluppo della moderna teoria del momento angolare e delle sue implicazioni per lo sviluppo della meccanica quantistica. La formalizzazione di questa teoria è stata opera di due grandi scienziati, Giulio Racah e Eugene Wigner

Parte I

The diver and the dancer: a brief history of angular momentum

An historic-scientific account of the development of the modern theory of angular momentum, and of its implications for the development of quantum mechanics. The formalization of this theory was carried out by two great scientists, Giulio Racah and Eugene Wigner

Il concetto di momento angolare, così come quello di impulso, fa parte di quel gruppo di concetti della fisica che sono stati razionalizzati nell'ambito della meccanica analitica del XVII-XVIII secolo, ma il cui significato intuitivo è talmente diretto da apparire, a seconda del proprio atteggiamento filosofico, quasi dei concetti innati (se si tende al platonismo) o idee chiare e distinte (se si propende per un atteggiamento più empirista, tra Francis Bacon e John Locke).

Il classico esempio che viene portato per dare la definizione intuitiva del momento angolare riguarda sempre un tuffatore o una ballerina, al variare del sesso dell'interlocutore. Prendiamo un tuffatore che si lancia da un trampolino molto alto. Durante il tuffo egli comincia a ruotare: non appena si abbraccia le gambe la sua velocità di rotazione aumenta, per poi ridursi nuovamente quando, prima di incontrare l'acqua, si distende nuovamente. La stessa cosa succede ad una pattinatrice che, cominciando le sue piroette a braccia larghe, le richiude contro il corpo per aumentare la propria velocità di rotazione. Il momento angolare, quindi, è quella grandezza legata alla rotazione di un oggetto intorno ad un asse per la quale vale una legge di conservazione che, una volta formalizzata, si scopre analoga a quelle dell'energia e dell'impulso, o quantità di moto.

Questo scritto si propone di tracciare un riassunto storico-scientifico dello sviluppo della moderna teoria del momento angolare nel quadro della meccanica quantistica. Per chi è affascinato dalla bellezza della matematica e dalle scoperte della fisica moderna, questa è una storia avvincente quanto un romanzo d'avventura. Vede due protagonisti principali, i fisici teorici Eugene P. Wigner e Giulio Racah, che si fronteggiarono tra il 1930 e il 1940 armati di due teorie matematiche: la teoria dei gruppi, il primo, e i metodi formali dell'algebra lineare, il secondo. E gli attori non protagonisti della storia sono nientemeno che personaggi del calibro di Wolfgang Pauli, John von Neumann,

Hermann Weyl, Werner Heisenberg e molti altri. Per poter seguire questa storia sono necessarie alcune nozioni di base di matematica e di fisica moderna pur se non a livello specialistico e, soprattutto, una certa passione per la storia della fisica. Questo potrebbe forse scoraggiare alcuni lettori che si siano già avventurati fino a questo punto. Per evitare che il loro tempo sia stato spesso invano, consiglio a questi amici di curiosare almeno nei due riquadri seguenti, dedicati a delle esposizioni particolarmente elementari della grandezza fisica momento angolare (riquadro a pagina 82) ed alla sua importanza nell'astronomia e nell'astrofisica (riquadro a pagina 83). Magari, dopo aver letto questi due elementi, potrebbe nascere in questi lettori la curiosità di saperne di più anche sul resto della storia. Il momento angolare ha giocato un grande ruolo nella meccanica classica, come testimoniato dalla sua importanza nella scoperta del moto planetario a velocità areolare costante sintetizzato nella seconda legge di Keplero, ma è stato solo con l'avvento della meccanica quantistica che è iniziato un processo di approfondimento sulla sua natura fondamentale ed essenziale. La teoria quantistica del momento angolare è divenuta, a partire dagli anni 50, una branca della fisica matematica a sé stante – nota familiarmente col nome di “algebra di Racah” – indispensabile ai fisici che lavorano nei campi della struttura atomica, molecolare e nucleare.

Si può far risalire questo cambio di enfasi a diverse cause ideali, ma probabilmente quella più importante è la connessione tra la legge di conservazione del momento angolare e l'invarianza rotazionale dello spazio euclideo. In virtù di tale connessione, le considerazioni sul momento angolare vengono ad essere contenute nel campo più vasto delle leggi di simmetria e dei principi di invarianza, tratto così caratteristico delle moderne teorie fisiche. Infatti, le leggi di conservazione delle grandezze fondamentali della fisica, come energia, impul-

so, momento angolare (ed altre, un po' meno intuitive di queste) possono essere viste come espressione della particolare struttura geometrica dello spazio-tempo nel quale siamo immersi: l'invarianza dei fenomeni fisici per traslazioni nel tempo è connessa alla conservazione dell'energia, l'invarianza rispetto alle traslazioni nello spazio è connessa alla conservazione dell'impulso, mentre l'invarianza rispetto alle rotazioni del sistema di riferimento implica la conservazione del momento angolare. Queste leggi di invarianza rimangono, per così dire, invariate all'ampliarsi dello spazio euclideo della meccanica classica in spazio relativistico, laddove le trasformazioni di Galileo sono sostituite dalle trasformazioni di Lorentz, e al passaggio dallo spazio a quattro dimensioni della relatività allo spazio ad infinite dimensioni della meccanica quantistica, detto spazio di Hilbert.

1. Gli inizi semi-classici della teoria quantistica

La quantizzazione del momento angolare orbitale era uno dei postulati di Bohr nel suo lavoro del 1913 sullo spettro dell'atomo di idrogeno e, in verità, il "quanto di azione" di Planck è, dal punto di vista dimensionale, un momento angolare. Sarebbe però fuorviante attribuire, inizialmente, un significato troppo profondo a questi fatti per lo sviluppo successivo della teoria¹. Una visione più chiara della natura della quantizzazione in termini delle variabili di azione-angolo, delle quali il momento angolare è il prototipo, venne solo con le regole di quantizzazione di Wilson-Sommerfeld nel 1915. Con la chiarezza che deriva dal senno di poi, si può oggi riconoscere che i giorni della "vecchia" meccanica quantistica non erano altro che una ricerca, un po' a tentoni, per indurre da un insieme di evidenze piuttosto confuse dei concetti la cui vera natura era quella della teoria quantistica del momento angolare (vedi riquadro a pag. 82). Questo si può vedere in maniera naturale, ad esem-

pio, dal fatto che gli stati stazionari di un atomo sono caratterizzati all'interno di una shell dal solo valore del momento angolare totale.

I due concetti fondamentali della quantizzazione spaziale del momento angolare² e le regole di selezione imposte dalla conservazione del momento angolare nell'emissione di dipolo³ avrebbero rappresentato gli avanzamenti successivi. Dobbiamo ancora a Sommerfeld⁴ il concetto di momento angolare totale J (somma del momento angolare orbitale e dello spin) e della sua proiezione M_J come elementi essenziali per caratterizzare gli stati stazionari (nella teoria di Bohr si parlava del solo momento orbitale L). Questi anni dal 1921 al 1925 furono anche il periodo che vide la formulazione empirica del "modello vettoriale", che caratterizzava gli stati atomici in termini delle idee semiclassiche sui vettori del momento angolare e sul loro accoppiamento (descritta ad esempio da Back e Landé⁵). Le familiari formule di Landé per il fattore g , che permette di calcolare la separazione delle linee spettrali di atomi posti in un campo magnetico (effetto Zeeman), e per l'accoppiamento spin-orbita – entrambi oggi riconoscibili come coefficienti di Racah o di Wigner – risalgono a questo periodo. È interessante fra l'altro notare che fu proprio Landé a determinare il risultato $J_{\text{class.}} \rightarrow J(J+1)_{\text{quant.}}$ (valido al crescere del valore di J) basandosi solo sull'accordo empirico di questa espressione coi dati sperimentali. Uno dei compiti principali di questa "vecchia" formulazione della meccanica quantistica fu quello di spiegare l'effetto Zeeman nelle righe spettrali, in particolare per determinarne le regole di selezione, la polarizzazione e le intensità – problemi tutti risolti nel linguaggio moderno con i coefficienti di Wigner. I raggiungimenti di quel periodo sono di prima grandezza e sono troppo spesso sottostimati alla luce delle conoscenze moderne, che sembrano renderli ovvi.

La meccanica delle matrici di Heisenberg

fu il passo necessario che portò l'ordine mancante. Le fondamentali regole di commutazione del momento angolare vennero stabilite subito dopo da Born, Heisenberg e Jordan⁶ e, nello stesso tempo, da Dirac^{*7}. Il lavoro di Born, Heisenberg e Jordan è particolarmente notevole perché è in esso che viene impiegata per la prima volta in fisica la tecnica algebrica completa degli operatori di aumento e diminuzione (detti in inglese "raising" J+ e "lowering" J-), già sviluppati matematicamente da H. Cartan nella sua tesi di dottorato (Parigi, 1894). Con questa tecnica algebrica vennero stabilite le regole di addizione per valori interi e semi-interi di J e M, e le matrici del momento angolare tra due stati ad uguale J e M'=M±1. Questo era un raggiungimento importantissimo, poichè l'intera teoria del momento angolare può essere costruita a partire da questi risultati algebrici (vedi anche riquadro a pag.84). Inoltre, nel lavoro di Born, Heisenberg e Jordan le regole di commutazione erano per la prima volta impiegate per ottenere gli elementi di matrice per gli operatori vettoriali, derivando così delle relazioni per le intensità relative e le regole di selezione per transizioni atomiche.

2. I "giri" di Hamilton e le relazioni di commutazione

Le relazioni di commutazione per il mo-

mento angolare costituiscono le fondamenta sulle quali l'intera teoria è basata, ed è quindi significativo esaminare queste relazioni un po' più criticamente. L'introduzione di queste relazioni, citata poco sopra, è storicamente basata sulla definizione classica del momento angolare come prodotto vettoriale delle grandezze posizione e impulso, $L = r \times p$, e sulla sopradetta regola di commutazione di Heisenberg. Classicamente, tutte e tre le componenti di un qualsiasi vettore possono essere misurate. Quantisticamente, però, gli operatori corrispondenti alle variabili posizione, \hat{r} , e impulso, \hat{p} , non sono commutativi (espressione del più profondo concetto della perdita quantistica delle relazioni di causalità e località, come dimostrato dalle prove sperimentali del teorema di Bell). Per questo non è possibile misurare per l'operatore del momento angolare, \hat{L} , costruito a partire da due operatori non commutativi, simultaneamente tutte e tre le componenti L_x, L_y, L_z , ma solo una delle componenti, ad esempio L_z , e una combinazione L_{\pm} delle altre due.

Cionondimeno, le regole semi-classiche così dedotte sono sufficienti per comprendere l'esistenza di momenti angolari con valori semi-interi – un punto che indica come le considerazioni di tipo classico possano essere anche più profonde di quanto non sia immediatamente evidente. In effetti è proprio così, ed è infatti a partire dalle

* Mi riferisco all'espressione del commutatore:

$$[J_i, J_j] = i\hbar \epsilon_{ijk} J_k$$

oggi ben nota a tutti gli studenti del terzo anno di fisica, dove ϵ_{ijk} è il cosiddetto tensore di Ricci, che vale +1 o -1 a seconda dell'ordine dei tre indici i,j,k.

2 In forma di equazione agli autovalori:

$$\hat{J}_{\pm} |\phi_{J,M}\rangle = [-(J \pm M)(J \pm M + 1)]^{1/2} |\phi_{J,M \pm 1}\rangle$$

$$\hat{J}_z |\phi_{J,M}\rangle = M |\phi_{J,M}\rangle$$

Le matrici del momento angolare possono essere usate, ad esempio, per una diretta (sebbene involuta) derivazione delle matrici di rotazione. Per il caso a spin-1/2 il risultato è ben noto. Meno familiare è il risultato per spin-1:

$$R(\theta) = \exp(-i\theta J_{\alpha})$$

$$= 1 - iJ_{\alpha} \sin \theta + J_{\alpha}^2 (\cos \theta - 1)$$

con a una delle tre componenti cartesiane di J, basato sull'identità $J_{\alpha}^3 = J_{\alpha}$ per spin-1 [8].

ricerche di Hamilton, alla metà del XIX secolo, che queste idee emergono con chiarezza per la prima volta.

Consideriamo anzitutto l'operatore del momento lineare (o impulso), \hat{p} , in meccanica classica. Il significato di questo operatore, come sottolineato da Dirac, è che esso è l'operatore che genera gli spostamenti: lo spostamento di una quantità a è dato dall'operatore $\hat{r} = \exp(-ia \cdot \hat{p}/\hbar)$. La regola di commutazione per le componenti p_i dell'impulso si ottiene dalla regola vettoriale del parallelogramma per la combinazione di spostamenti finiti; che le componenti p_i commutino tra loro è espressione del fondamentale postulato che gli spostamenti obbediscano alla geometria euclidea.

Per ottenere un modo omogeneo di trattare le rotazioni sullo stesso piano degli spostamenti, Hamilton nella sua teoria dei quaternioni (1853) basò entrambe le operazioni sulle riflessioni⁹. Un'idea, questa, molto prolifica nella fisica matematica: Coxeter e Moser, ad esempio,¹⁰ hanno mostrato come i diagrammi vettoriali per i gruppi di Lie possono essere espressi in termini delle riflessioni. Questo punto di vista venne elaborato più tardi (1867) da un punto di vista "fisico" nel libro di Kelvin e Tait¹¹: due riflessioni consecutive in piani paralleli danno uno spostamento finito, due riflessioni consecutive in piani intersecanti ad angolo arbitrario danno una rotazione.

Abbiamo visto come per il momento lineare l'oggetto essenziale sia il vettore spostamento. C'è un oggetto elementare per le rotazioni che corrisponda al vettore spostamento? La risposta è sì: un tale oggetto è il cosiddetto "giro" di Hamilton (vedi riquadro a pag. 86). Con una rappresentazione grafica ci si convince facilmente che la regola di composizione dei giri di Hamilton porta alla regola di composizione per i generatori delle rotazioni infinitesimali. Cioè, così come l'impulso è il generatore delle traslazioni, il momento angolare è il generatore delle rotazioni nello spazio euclideo. Siccome le rotazioni non sono commuta-

tive, neanche il momento angolare può esserlo.

Questa semplice ed intuitiva "spiegazione" delle regole di commutazione del momento angolare è assai più produttiva di quanto non possa sembrare. Per esempio, essa mostra abbastanza chiaramente che per una sfera di raggio molto grande i giri infinitesimali approssimano i vettori spostamento infinitesimali sugli appropriati piani tangenti alla sfera. Si vede quindi che, prendendo il punto di tangenza a definire l'asse z , i generatori J_x e J_y divengono al limite gli operatori spostamento p_x e p_y , mentre J_z rimane invariato. In questo modo si possono derivare intuitivamente le relazioni asintotiche tra le armoniche sferiche (le autofunzioni del momento angolare appropriate alla sfera) e le funzioni di Bessel e circolari (le autofunzioni appropriate al piano tangente).

La più comune discussione delle rotazioni e degli spinori, così come è data ad esempio nei libri di Weyl e Wigner, è abbastanza differente e coinvolge la proiezione stereografica della sfera sul piano complesso, che porta al cosiddetto "calcolo $\xi-\eta$ ". L'approccio intuitivo sopra accennato può però rappresentare la base di uno studio più rigoroso. Va comunque notato che l'ampia generalità delle relazioni di commutazione è stata accuratamente investigata da van der Waerden¹³, il quale illustra come le relazioni di commutazione discendano dai fondamentali requisiti di invarianza rotazionale e di linearità. Ancora prima, von Neumann e Wigner avevano ricavato la differenziabilità delle funzioni del momento angolare e le relazioni di commutazione servendosi del solo postulato di continuità^{14,15}.

3. La teoria quantistica del momento angolare

La base della teoria quantistica del momento angolare era stata stabilita, come abbiamo visto, proprio agli albori della meccanica quantistica. Ma il periodo immediatamen-

te successivo fu decisamente eccitante. Possiamo difficilmente scorrere le riviste scientifiche degli anni 1925-26 senza provare un senso di sorpresa di fronte alla ricchezza e alla profondità delle idee che vennero sviluppate in un così breve lasso di tempo. Il “principio di esclusione” di Pauli (un appassionante studio dello sviluppo delle idee intorno al principio di esclusione e dello spin è contenuto nel contributo di van der Waerden nel volume commemorativo per Wolfgang Pauli ¹⁶⁾, la meccanica delle matrici di Born, Heisenberg, Jordan e Dirac; la meccanica ondulatoria di Schrödinger; tutti questi strumenti, necessari per la spettroscopia atomica, erano in quel momento a portata di mano.

Nel lavoro di Wolfgang Pauli “Zur Quantenmechanik des magnetischen Elektrons” ¹⁷⁾ viene chiarito il significato delle funzioni d’onda a due componenti (discusse anche da C.G. Darwin, ¹⁸⁾, viene data la forma esplicita delle matrici per spin-1/2 e viene sviluppata la matrice di trasformazione per le funzioni “spinore”, termine suggerito per la prima volta da Paul Ehrenfest. Questo lavoro di Pauli è estremamente elegante, anche se di fatto segue di un anno circa un altro lavoro di Heisenberg e Jordan ¹⁹⁾ che sotto molti aspetti si spingeva anche più oltre, deducendo le matrici per spin-1/2 dalle matrici generali del momento angolare, la legge di additività dei momenti angolari, e fornendo una prova della formula di Landé.

Il lavoro di Pauli fa riferimento alle ricerche di teoria dei gruppi iniziate da Eugene Wigner. Quest’ultimo aveva discusso in un precedente lavoro i termini spettrali per un atomo con tre elettroni equivalenti, nell’intento di migliorare la discussione di Heisenberg e Dirac. Tre oggetti equivalenti definiscono il gruppo simmetrico S_3 (anche noto come il gruppo diedro del triangolo) per il quale esistono non solo una rappresentazione simmetrica ed una antisimmetrica irriducibili, ma anche una rappresentazione doppiamente degenere (il

gruppo del triangolo è sempre usato come esempio elementare nei libri di Wigner). Peraltro, Wigner *non* usò affatto la teoria dei gruppi in quel suo primo lavoro, mentre in un secondo lavoro - quello citato da Pauli - attribuirà a se stesso l’uso originale dell’intero apparato dei gruppi simmetrici di Frobenius e Schur e ringrazierà von Neumann per aver richiamato la sua attenzione su questo punto.

La prima applicazione della teoria dei gruppi per lo studio del significato dell’invarianza rotazionale nella spettroscopia atomica fu fornita da Wigner in un lavoro del 1927, “Einige Folgerungen aus der Schrödingerschen Theorie für die Termstrukturen” ²⁰⁾. Sebbene limitato nello scopo, in quanto non considera lo spin, questo lavoro è di grande importanza poichè dà un primo trattamento sistematico della teoria delle rappresentazioni applicata alla meccanica quantistica. Di particolare importanza è il fatto che vi siano definite e discusse le matrici di rotazione e le relazioni di ricorrenza, derivate dalla riduzione del prodotto diretto $D^{(j)} \times D^{(k)}$. Vengono poi discussi l’effetto Zeeman e l’effetto Stark, vengono derivate le relazioni per le intensità relative e le regole di selezione; si dimostra che la regola di Laporte dipende dal “carattere di riflessione” (in termini moderni diremmo la “parità”) della funzione d’onda. A posteriori, possiamo anche riconoscervi un germe del teorema di Wigner-Eckart e l’inizio dell’idea dei “coefficienti di Wigner”.

Sotto molti punti di vista questo lavoro di Wigner è una pietra miliare della fisica. Di certo segna l’inizio di alcune delle grandiose applicazioni della teoria dei gruppi alla meccanica quantistica, che seguiranno ad esempio nei lavori di Delbrück, Heitler, Hund, London e Weyl. Tra questi lavori successivi, uno di H. Weyl in particolare è di estremo rilievo (a volte Weyl è stato indicato come predecessore di Wigner, ma questa affermazione è fondata solo dal ritardo con cui Wigner pubblicò il suo lavoro) “Quantenmechanik und Gruppentheorie”

di H. Weyl²¹.

Per capire l'importanza di questo lavoro si deve pensare che nel 1927 Weyl aveva solo recentemente completato altri due risultati matematici di primissimo grado²², ovvero: (1) la teoria delle rappresentazioni dei gruppi di Lie semi-semplifici e (2) la prova della completezza delle rappresentazioni irriducibili dei gruppi continui compatti, ovvero il famoso teorema di Peter-Weyl²³. Ma il lavoro del 1927 sulla teoria dei gruppi e la meccanica quantistica era semplicemente troppo difficile per quegli anni: era un brillantissimo "tour de force". Dopo una introduzione critica, Weyl interpreta il vero significato della teoria dei gruppi per la fisica con la deduzione che *la cinematica quantistica costituisce un gruppo*.

Secondo Biedenharn e Van Dam, autori di un famoso testo didattico sulla teoria del momento angolare²⁴, questo profondo ("delfico") enunciato fu pienamente compreso solo trent'anni dopo da Julius Schwinger²⁵.

Il lavoro di Weyl fu seguito un anno dopo (1928) dall'altrettanto difficile ma assai completo libro intitolato per l'appunto "Teoria dei gruppi e meccanica quantistica"²⁶.

Insieme a von Neumann, Wigner continuò le applicazioni della teoria dei gruppi alla spettroscopia in una serie di tre lavori intitolati "Zur Erklärung einiger Eigenschaften der Spektren aus der Quantenmechanik des Drehelektrons"²⁷. Questi lavori estendono il primitivo trattamento degli spettri includendo lo spin degli elettroni, e forniscono una tassonomia comprensiva e completamente sviluppata dell'intera spettroscopia atomica. Particolarmente notevole rispetto alla teoria del momento angolare fu la definizione esplicita delle matrici di rotazione per un sistema di n elettroni – equivalente alla completa determinazione delle matrici del gruppo SU_2 – nel lavoro I, e l'esplicita introduzione dei coefficienti di Wigner

– definiti mediante la riduzione del prodotto di Kronecker $D(J) \times D(J')$ – in una appendice del lavoro III. I casi di momento totale $J=1/2$ e $J=1$ vennero elaborati esplicitamente e riutilizzati per derivare la formula di Landé.

Wigner ebbe un percorso educativo piuttosto differente da quello dei suoi coetanei, come Heisenberg, Pauli, Schrödinger e altri. Egli si formò in ingegneria chimica all'Università Tecnica di Berlino e cominciò le sue ricerche in spettroscopia con Herman Mark e Karl Weisseberg, al Kaiser Wilhelm Institut für Faserstoffchemie (Istituto per la chimica delle fibre). Questo lo espone a degli strumenti concettuali che erano assenti dal curriculum degli studenti di fisica, come la teoria dei gruppi. In quegli anni i gruppi di simmetria erano un argomento praticamente sconosciuto alla totalità dei fisici, mentre matematici come Weyl e von Neumann ne conoscevano la teoria ma ancora non ne capivano l'importanza per la fisica.

L'applicazione da parte di Wigner dei metodi gruppali alla meccanica quantistica precede di qualche anno i lavori di Weyl; inoltre, nel già ricordato lavoro del 1927²⁰ egli fu probabilmente il primo scienziato ad impiegare considerazioni di simmetria per provare una legge fisica (nel caso specifico, la derivazione teorica della regola empirica di Laporte sulla parità degli stati nelle transizioni spettroscopiche).

Wigner stesso raccontava in un aneddoto: "Conoscevo l'esistenza dei gruppi grazie a Weisseberg. Un giorno lui mi diede in mano il testo di algebra di Heinrich Weber dicendomi: Leggetelo, e poi mi dimostrerai che le posizioni stabili degli atomi in un cristallo corrispondono ai punti di massima simmetria".

Bibliografia per la parte 1

Da questa bibliografia sono, con poche eccezioni, esclusi i lavori scientifici relativi ad applicazioni e verifiche sperimentali del momento angolare. L'intento di questa lista, le cui citazioni numeriche si ritrovano nel testo precedente, è semplicemente quello di fornire una base bibliografica-storica per eventuali approfondimenti degli sviluppi metodologici della teoria quantistica del momento angolare.

1. E.T. WHITTAKER, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, vol.II, Thomas Nelson ed., New York 1953.
2. A. SOMMERFELD, *Annalen der Physik* **51** (1916), p. 1.
3. A. RABINOWICZ, *Physikalische Zeitschriften* **19** (1918) p. 441 e 465.
4. A. SOMMERFELD, *Annalen der Physik* **70** (1923) p. 32.
5. E. BACK E A. LANDÉ, *Zeemaneffekt und Multiplettstruktur der Spektrallinien*, Springer-Verlag, Berlino 1924.
6. M. BORN, W. HEISENBERG, P. JORDAN, *Zeitschrift für Physik* **35** (1926) p. 557.
7. P. A. M. DIRAC, *Proceedings of the Royal Society* **A111** (1926) p. 281.
8. J. LEHRER-ILAMED, *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* **60** (1964) p. 61
9. W. R. HAMILTON, "Lectures on Quaternions", Dublin 1853.
10. H. S. M. COXETER, W. O. J. MOSER, "Generators and Relations for Discrete Groups", *Ergebnisse der Mathematik* **14**, Springer-Verlag, Berlino 1957.
11. W. THOMSON, P. G. TAIT, *Treatise on Natural Philosophy*, Cambridge 1867, ristampato col titolo *Principles of Mechanics and Dynamics*, Dover, New York 1962.
12. E. P. WIGNER, *Annalen der Mathematik* **40** (1939), p. 149.
13. B. L. VAN DER WAERDEN, *Mathematische Zeitschriften* **36** (1932) p. 780.
14. J. VON NEUMANN, *Mathematische Zeitschriften* **30** (1927) p. 3.
15. J. VON NEUMANN, E. P. WIGNER, *Zeitschrift für Physik* **47** (1928) p. 203.
16. B. L. VAN DER WAERDEN, "Exclusion principle and spin", in *Theoretical physics in the 20th century: a memorial volume to Wolfgang Pauli*, edito da M. Fierz e V. F. Weisskopf, Wiley-Interscience, New York 1960.
17. W. PAULI, *Zeitschrift für Physik* **43** (1927) p. 601.
18. C.G. DARWIN, *Proceedings of the Royal Society* **A116** (1927) p. 227.
19. W. HEISENBERG, P. JORDAN, *Zeitschrift für Physik* **37** (1926) p. 263.
20. E. P. WIGNER, *Zeitschrift für Physik* **43** (1927) p. 624.
21. H. WEYL, *Zeitschrift für Physik* **46** (1927) p. 1.
22. H. WEYL, *Mathematische Zeitschriften* **23** (1925) p. 271; ibidem, **24** (1926) p. 328; ibidem, **24** (1926) p. 377; ibidem, **24** (1926) p. 789.
23. F. PETER, H. WEYL, *Mathematischen Annalen* **97** (1927) p. 737.
24. L. C. BIEDENHARN, C. VAN DAM, *Quantum theory of angular momentum: a collection of reprints and original papers*, Academic Press, New York 1965.
25. J. SCHWINGER, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.* **46** (1960) p. 570.
26. H. WEYL, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, Hirzel Verlag, Lipsia, 1931.
27. E. P. WIGNER, J. VON NEUMANN, *Zeitschrift für Physik* **47** (1928) p. 203, **49** (1928) p. 73 e **51** (1928) p. 844.

Il momento angolare

Vediamo di capire meglio che cosa sia il momento angolare con un esempio più semplice del tuffatore o della ballerina, anche se meno noto: il manubrio.

Questo oggetto è composto da due sbarre di massa trascurabile unite insieme a forma di croce; lungo i due bracci di una sbarra, ciascuno di lunghezza d , si trovano due palle di metallo di massa M , poste simmetricamente rispetto all'altra sbarra. Il manubrio può ruotare liberamente intorno alla sbarra su cui non abbiamo fissato le sfere (asse di rotazione).

Diamo ora una spinta al manubrio per farlo cominciare a girare. La sbarra con le due sfere comincerà a ruotare con una certa velocità di rotazione (o velocità angolare) che chiamiamo w . Se durante la rotazione raddoppiamo la massa M delle due palle, ad esempio attaccandoci dei pesi calamitati per non esercitare altre forze sul sistema, notiamo che il valore della velocità angolare w si dimezza. Se invece aumentiamo la distanza d delle palle dall'asse, ad esempio del doppio, vedremo allora che la velocità angolare si riduce ad $1/4$ del suo valore.

Se si eseguono una serie di misure cambiando di volta in volta le masse e le distanze dall'asse, si scopre che all'aumentare della massa la velocità angolare w decresce in proporzione lineare, mentre all'aumentare della distanza delle palline dall'asse, la velocità angolare decresce con il quadrato della distanza. I dati possono essere riassunti in una equazione:

$$L \approx M d^2 w$$

che definisce il momento angolare L (nel caso del tuffatore e della pattinatrice le cose non sono così

semplici perchè la massa è distribuita lungo tutto il corpo, e non solo agli estremi come nell'esempio, ma tralasciamo queste complicazioni). La scrittura \approx significa "proporzionale a" e ci evita di dover specificare dettagliatamente i coefficienti numerici dell'equazione legati alle unità di misura.

Il momento angolare L è la grandezza che non cambia, al variare combinato di M , d ed w . Infatti, cambiando M in $2M$ e simultaneamente

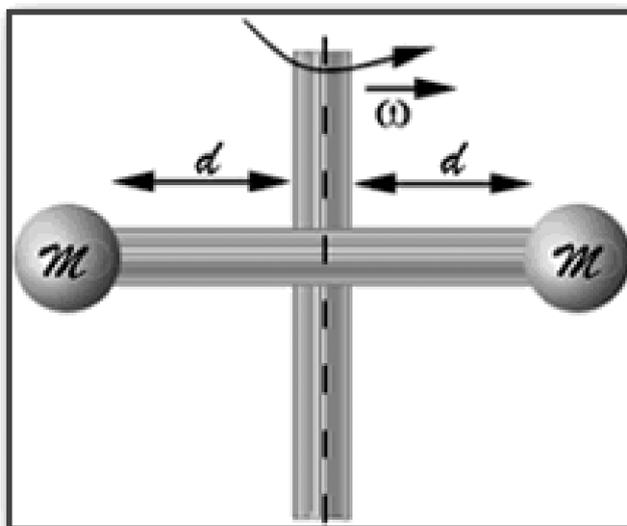
w in $w/2$, oppure d in $2d$ e w in $w/4$, otteniamo sempre lo stesso valore di L . Questa osservazione esprime la **conservazione del momento angolare** in tutti i processi in cui non intervengono forze esterne sul sistema, a meno che le forze non siano applicate sull'asse di rotazione. Quest'ultima precisazione è importante, ad esempio, per la rotazione delle stelle (vedi riquadro a pag. 83). Notiamo che è il

momento angolare è un vettore, in quanto la velocità angolare è riferita ad un asse orientato nello spazio lungo una direzione non definita a priori.

In meccanica classica il momento angolare di un corpo di massa m in movimento a velocità \mathbf{v} è dato dal prodotto vettoriale di posizione e velocità:

$$\mathbf{L} = m(\mathbf{r} \times \mathbf{v}) = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$$

Da questa formulazione è evidente che il momento angolare è nullo per una particella che si muove di moto rettilineo ogni volta che i vettori \mathbf{r} e \mathbf{p} sono paralleli, mentre è diverso da zero ogni volta che la velocità della particella ha una componente, anche piccola, perpendicolare alla direzione del moto come nel caso di moti rotatori.



Il rallentamento delle stelle

La seconda legge di Keplero recita scolasticamente: "Per ogni pianeta che orbita intorno al Sole il raggio vettore avente come primo estremo il sole e come secondo estremo il pianeta descrive aree uguali in tempi uguali".

Keplero (Johannes Kepler, 1570-1631) dedusse le sue tre leggi del moto planetario dalla enorme mole di osservazioni celesti accumulata dal suo maestro Tycho Brahe. La seconda legge (che peraltro fu la prima ad essere scoperta, nel 1602) in realtà è una espressione della legge di conservazione del momento angolare per la rotazione di ciascun pianeta di massa M , intorno al sole preso come origine del sistema di riferimento. Dato che le orbite dei pianeti seguono delle ellissi giacenti in un piano dato, con il sole posto in uno dei due fuochi, ogni pianeta varia istante per istante la sua distanza dal sole e la sua velocità angolare. La scoperta kepleriana che l'area di due qualunque settori S_1 e S_2 lungo l'ellisse (vedi Figura 1) è costante comunque si scelgano i settori, equivale ad affermare che la velocità angolare del pianeta nel tratto sotteso da S_2 (a maggiore distanza dal sole) è inferiore a quella nel tratto S_1 . Se combiniamo la velocità del pianeta con il quadrato della distanza, troveremo che il momento angolare è costante lungo tutta la traiettoria ellittica.

Senza neanche effettuare ulteriori misure speri-

Seconda Legge di Keplero $S_1 = S_2$

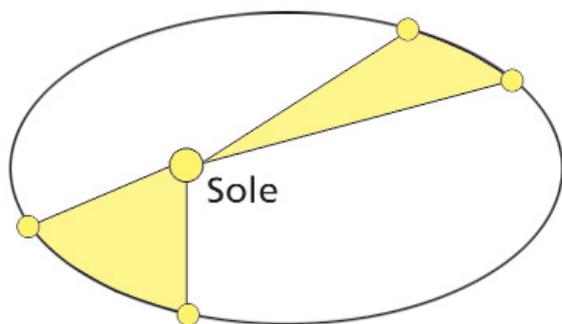


Figura 2
Sopra, uno schema della seconda legge del moto planetario

mentali, possiamo indurre l'osservazione che l'universo nel suo complesso possiede una quantità fissata di momento angolare, distribuita tra tutti gli oggetti in rotazione su sé stessi e in orbite reciproche: galassie, stelle, pianeti, satelliti, comete, tutti i corpi celesti hanno un moto rotazionale che risulta dall'equilibrio delle reciproche attrazioni gravitazionali. Proprio come nell'esempio del tuttfattore e della ballerina, il momento angolare dell'universo si conserva nel suo complesso, anche se le singole stelle e galassie e pianeti cambiano continuamente di massa, velocità e distanze reciproche.

In astrofisica non esiste ancora una teoria soddisfacente che spieghi perché il momento angolare del sistema solare si trovi praticamente tutto concentrato nei pianeti. Come abbiamo detto nel riquadro precedente, il momento angolare è una grandezza che si conserva e che dipende dalla massa, dalla velocità e dalla distanza. Nel Sole è concentrata più del 99% della massa dell'intero Sistema Solare, quindi esso dovrebbe detenere anche la maggior parte del momento angolare. Ma così non è, dato che la nostra stella ruota su se stessa molto lentamente, in circa 26 giorni. Se si fanno i conti tenendo conto della grande massa del Sole, si trova che questo corrisponde ad una quantità di momento angolare piuttosto piccola rispetto a quella corrispondente alla rotazione dei pianeti intorno al Sole e su sé stessi. E non si riesce a comprendere bene come ciò sia possibile, se è vero che il Sistema Solare è nato da una progressiva contrazione di una immensa nube di gas la quale, mentre si addensava al centro creando il Sole, ha lasciato lungo la strada dei frammenti che hanno poi costituito i pianeti. Come la pattinatrice aumenta la propria velocità se contrae le braccia verso il corpo, così il Sole dovrebbe ruotare sempre più velocemente all'addensarsi progressivo della

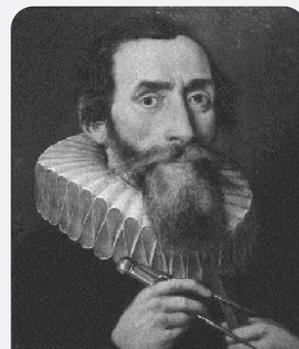


Figura 1
Il ritratto di Johannes Kepler dallo Sternwarte (Osservatorio Astronomico) di Kremsmunster, Austria.

nube di gas. A meno che il Sole non abbia in qualche modo trasferito all'esterno gran parte del suo momento angolare. Le spiegazioni fornite, per il momento non esaustive, chiamano in causa fenomeni magnetici come possibili "veicoli" per il trasferimento di momento angolare e come possibili cause di "frenamento" della rotazione solare. Ma, di fatto, la questione sembra ancora aperta.

Basandosi sulle teorie di evoluzione stellare nelle fasi iniziali di vita delle stelle e sulla teoria dinamica del campo magnetico (o magneto-idrodinamica), è stata formulata la seguente spiegazione che, a tutt'oggi, sembra la più convincente. Ogni stella rotante è dotata di "vento stellare", il flusso di particelle emesse dalla superficie della stella e pilotate dai fortissimi campi elettrici e magnetici anche ad enormi distanze dalla stella stessa. Stelle dotate anche di un forte campo magnetico iniziale tendono a diminuire la loro velocità rotazione per un effetto di "frenamento", dovuto al flusso delle particelle del vento lungo le linee di forza del campo magnetico. In questo caso il momento angolare della stella varia, poiché le forze magnetiche esercitano una coppia proprio sull'asse di rotazione. Si può ver-

ificare che la variazione di momento angolare è compensata esattamente dalla coppia in modo da conservare l'energia totale del sistema. La proiezione di materia nel campo magnetico può determinare un trasporto delle particelle ad una distanza a maggiore del raggio R della stella, che allo stesso tempo interagendo col campo magnetico generano una specie di "attrito magnetico" come delle vele lanciate nel vento. Anche una piccola perdita di massa può produrre una grande perdita di momento angolare, in quanto il cambiamento di massa sarebbe proporzionale ad $(a/R)^2$.

È stato calcolato che, se la perdita di massa fosse anche solo di 0,003 Masse Solari per anno, un tale meccanismo sarebbe sufficiente per rallentare il periodo di rotazione del Sole.

Nelle stelle giovani, del tipo *T-Tauri*, sono state misurate delle forti perdite di massa associate alla più intensa attività magnetica legata alle parti iniziali del ciclo termonucleare, e quindi un forte decremento del periodo di rotazione. Il Sole altro non sarebbe che un esempio dell'evoluzione di questi tipi di stelle giovani.

Atomi e spin

Il momento angolare appare legato alla rotazione di masse fisiche più o meno distribuite intorno ad un asse di rotazione ben definito. Mentre nella "vecchia" formulazione della meccanica quantistica di Bohr e Sommerfeld, del 1913-15, gli elettroni erano descritti come delle palline lungo orbite di tipo planetario intorno al nucleo atomico, la formulazione successiva, del 1923-25, in termini di matrici ed operatori (Heisenberg) o, in forma equivalente, delle funzioni d'onda (Schrödinger), potrebbe porre qualche difficoltà concettuale. Ci si può quindi chiedere come il concetto di momento angolare possa tradursi in questo contesto, laddove le particelle vengono rappresentate come onde di densità di probabilità e le direzioni spaziali non sono ben definite (ricordiamo che per il momento angolare di atomi ed elettroni si può specificare solo un asse di quantizzazione z orientato nello spazio, mentre gli altri due assi x e y restano indefiniti).

In meccanica quantistica le grandezze osservabili vengono calcolate applicando un **operatore** ad una **funzione d'onda**. Ad esempio, per calcolare il momento angolare di una data particella (ad esempio un elettrone intorno ad un protone, nell'atomo

di idrogeno), bisognerà applicare l'operatore momento angolare \hat{L} alla funzione d'onda associata alla particella in quel particolare stato $|\psi\rangle$:

$$\hat{L}|\psi\rangle$$

Per essere più precisi, l'operatore momento angolare rappresenta "l'azione di misurare il momento angolare della particella". I possibili valori si ottengono risolvendo la cosiddetta equazione agli autovalori:

$$\hat{L}|\psi\rangle = \lambda|\psi\rangle$$

dove questa volta \hat{L} è l'operatore, ma λ è il risultato della misura: un numero. Come ricorderemo, Bohr introdusse l'ipotesi che in meccanica quantistica gli autovalori del momento angolare (orbitale) potessero prendere solo valori interi, multipli della costante di Planck h , cioè $\lambda = Lh$. Questa assunzione era parzialmente sbagliata, poiché in seguito Sommerfeld mostrò che la corretta regola di quantizzazione è $\lambda = \hbar\sqrt{L(L+1)}$.

In generale questa equazione ha come risultato

diversi valori di λ e $|\psi\rangle$, che corrispondono a tutti i possibili valori di momento angolare che possiamo trovare dopo aver effettuato la misura (che vengono detti **autovalori** di momento angolare), e a tutti i possibili stati in cui la particella si può trovare dopo la misura (che vengono detti **autostati** di momento angolare). Supponiamo ora di avere una particella in un certo stato $|\psi_2\rangle$ che è un autostato di momento angolare con autovalore $\lambda=2$. Effettuando la misura otteniamo:

$$\hat{I}_z|\psi_2\rangle = 2|\psi_2\rangle$$

e troviamo come risultato 2 per il valore di momento angolare.

Immaginiamo invece che la nostra particella non sia in autostato di momento angolare, ma in uno stato qualunque a noi ignoto. Si può dimostrare che qualsiasi stato può essere scritto come combinazione lineare (ovvero in forma $ax+by+cz \dots$) di tutti gli autostati di momento angolare. Cioè, la particella è descritta da una funzione d'onda che risulta dalla sovrapposizione, con diverse probabilità, di tutti i valori permessi del momento angolare. In questo caso si avrà:

$$\hat{I}_z|\psi\rangle = \hat{I}_z(a|\psi_1\rangle + b|\psi_2\rangle + c|\psi_3\rangle + \dots)$$

Il risultato della nostra misura di momento angolare sarà con probabilità $|a|^2$ il valore $\lambda=1$, con probabilità $|b|^2$ $\lambda=2$, con probabilità $|c|^2$ $\lambda=3$ e così via (in questa trattazione abbiamo ommesso volutamente alcuni dettagli tecnici, per semplificare). In breve, il momento angolare ha senso anche quando si rappresenta la particella in forma di onda, in quanto la misura è rappresentata dall'applicazione dell'operatore momento angolare.

A livello quantistico esiste però una grandezza associata all'invarianza rotazionale che non ha un analogo classico: lo **spin**. Lo spin di una particella non è legato al momento angolare "orbitale", ma può essere visto come un suo "momento angolare intrinseco". Per spiegare perchè ricorriamo all'esperimento che storicamente ha dimostrato l'esistenza dello spin dell'elettrone, l'esperimento di Stern e Gerlach del 1924.

L'apparato sperimentale è descritto nella Figura 1: un fascio di atomi evaporati da un campione attraverso un campo magnetico non uniforme ed incontra uno schermo fluorescente. Il campo magnetico dell'esperimento è costruito in modo da aumentare dal basso verso l'alto.

Un campo magnetico variabile \mathbf{B} esercita una forza \mathbf{F} su una particella solo se questa è dotata di un momento magnetico non nullo μ :

$$\mathbf{F} = \mu \times \text{grad } \mathbf{B}$$

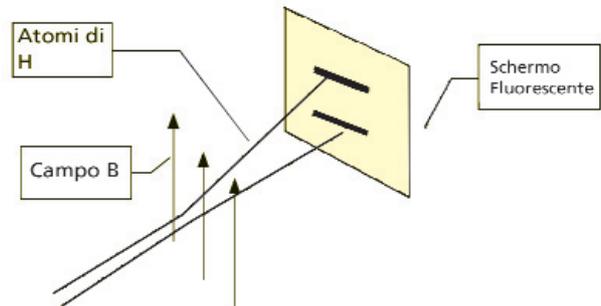


Figura 1

Schema del dispositivo sperimentale di Stern e Gerlach.

dove $\text{grad } \mathbf{B}$ è la variazione nello spazio del campo magnetico.

Se interpretiamo il momento angolare orbitale \mathbf{L} associato allo stato stazionario dell'elettrone come rappresentativo di uno stato di "rotazione", essendo l'elettrone una carica elettrica in rotazione possiamo derivare una espressione semiclassica del momento magnetico associato come:

$$\mu = \frac{-e}{2m} \lambda = \frac{-e\hbar}{2m} \sqrt{L(L+1)}$$

dove e è la carica dell'elettrone, m la sua massa, λ il momento angolare (inteso come valore, non come operatore), con $\hbar\sqrt{L(L+1)}$ l'espressione quantistica dell'autovalore, che per grandi valori di L tende all'espressione "classica" $\lambda=L\hbar$. La quantità $\mu_B = e\hbar/2m$ è presa come unità di misura del momento magnetico degli elettroni ed è detta *magnetone di Bohr*.

Passando attraverso la regione dove esiste il campo magnetico, il fascio di atomi puntiforme si dovrebbe distribuire in una macchia di forma ellittica, corrispondente al fatto che il momento angolare nella meccanica classica è una grandezza che prende valori continui. Il fatto che nell'esperimento di Stern e Gerlach invece apparissero sullo schermo, per diverse specie di atomi, una serie di righe equamente spaziate (e in numero dispari) rappresenta la conferma dell'ipotesi di Bohr che, quantisticamente, il momento angolare può prendere solo valori discreti.

Un caso particolare analizzato da Stern e Gerlach si verificava per atomi che non hanno momento angolare orbitale, perchè venivano mantenuti nello stato fondamentale. In questo caso, sia classicamente che quantisticamente, il fascio di atomi avrebbe dovuto attraversare indisturbato l'apparato sperimentale. Invece si trovava che in questo caso apparivano sempre almeno due righe (cioè un numero pari). Questa evidenza fu interpretata come l'esistenza di un momento angolare "intrinseco" S di valore $1/2$, la cui proiezione lungo l'asse del campo \mathbf{B} può quindi prendere i due soli valori

+1/2 o -1/2, che venne attribuito all'elettrone (un singolo elettrone, per l'atomo di idrogeno, o l'unico elettrone del guscio più esterno per gli atomi alcalini come potassio o sodio). Il momento angolare intrinseco, o "spin", fu introdotto teoricamente da Wolfgang Pauli poco tempo dopo l'esperimento di Stern e Gerlach. A livello elementare lo spin (dal verbo inglese che significa "ruotare") viene spesso descritto come dovuto alla rotazione dell'elettrone sul proprio asse, ma questa è un'interpretazione troppo "materialistica". Fra l'altro, nessuno è ancora riuscito a dimostrare che l'elettrone abbia una dimensione finita, ma si conosce solo un valore limite. Nella trattazione non relativistica della meccanica quantistica il termine di spin viene aggiunto "a mano", tra le cosiddette "correzioni relativistiche". Nella più completa trattazione relativistica dell'elettrodinamica quantistica invece lo spin compare automaticamente, come conseguenza, in un certo senso, del fatto che le equazioni del moto (o equazioni di Dirac) vengono scritte in quattro dimensioni.

Il momento angolare totale J di un elettrone risulta dalla somma del suo momento orbitale L e del momento di spin S , il quale a differenza di L che prende solo valori interi, può prendere solo valori semi-interi. Per far tornare i valori sperimentali, il valore di S dell'elettrone è moltiplicato per una costante $g=2$ detta rapporto *giromagnetico*, cioè scrivendo per S una espressione analoga a quella sopra scritta per L si ha:

$$\mu = -g \frac{e\hbar}{4m} \sigma = -g \frac{e\hbar}{4m} \sqrt{S(S+1)}$$

dove s indica l'autovalore $\hbar\sqrt{S(S+1)}$ del momento angolare di spin. Il valore previsto teoricamente per la costante g dall'elettrodinamica quantistica è leggermente superiore a 2, ed in effetti le misure sperimentali più raffinate danno $g=2,002319304386$. Notiamo che l'esistenza dello spin fu dedotta da S. Goudsmit e G. Uhlenbeck nel 1925; questi però non pubblicarono la loro interpretazione dietro consiglio del loro maestro Paul Ehrenfest, sembra perché intimoriti da alcune severe critiche dello stesso Pauli.

Giri e rotazioni

Consideriamo come una rotazione può essere generata da due riflessioni: gli oggetti essenziali sono l'asse, definito dall'intersezione dei due piani di riflessione, e l'angolo, dato dall'angolo diedro tra i due piani (vedi figura 1). Possiamo rappresentare questa informazione con un arco orientato di un cerchio sulla sfera unitaria (vedi figura 2). Questo oggetto è il "giro" di Hamilton, da lui introdotto nel 1857 con la teoria dei quaternioni. Il giro associato con una

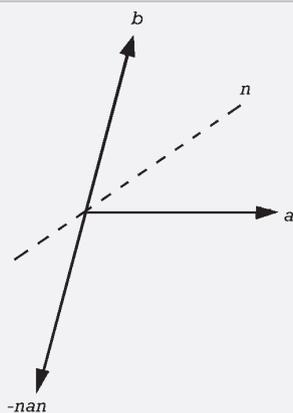


Figura 1
Rotazione $a \rightarrow b$ espressa come doppia riflessione. Individuato il piano n , la prima riflessione di a porta in $-b$ (indicato come $-nxa$), la seconda da $-b$ in b

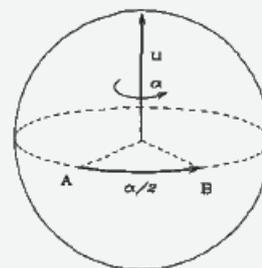


Figura 2
Rappresentazione della rotazione da a in b mediante un "giro di Hamilton": l'arco orientato su di un cerchio massimo preso sulla sfera unitaria

rotazione R_{na} di un angolo α intorno alla normale n , è un arco orientato di ampiezza $\alpha/2$ sulla sfera unitaria. (ad esempio in: S. F. Gull, A. N. Lasenby e C. J. L. Doran. "Imaginary Numbers are not Real: the Geometric Algebra of Spacetime", Foundations of Physics vol. 23 (1993) p. 1175; J. M. Aguirregabiria, A. Hernandez e M. Rivas, "A note on the graphical representation of rotations", European Journal of Physics, vol. 13 (1993) p. 139). Un giro può essere trasportato con un moto rigido lungo la circonferenza di giacitura senza cambiarne le proprietà. Due giri sono considerati equivalenti se possono essere portati a coincidere mediante una traslazione lungo la circon-

ferenza comune. Da notare anche che una certa rotazione può essere rappresentata da due giri distinti, come risultato del fatto peculiare che esistono due distinti giri (zero e 2π) equivalenti alla rotazione nulla (questa è la doppia "copertura" del gruppo delle rotazioni). Per calcolare il prodotto di due rotazioni spaziali nella teoria dei giri di Hamilton si procede così: si muovono rigidamente i due giri corrispondenti lungo le rispettive circonferenze finché la testa di uno coincide con la coda dell'altro; la rotazione prodotta è rappresentata dall'arco orientato che va dalla coda del primo alla testa del secondo giro (vedi figura 3). Per trovare le regole di commutazione delle rotazioni si esamina l'analogo della regola del parallelogramma per i vettori degli spostamenti. È chiaro che per i giri composti $AB \neq BA$, se A e B sono due giri giacenti su circonferenze diverse, poiché l'operazione di rotazione non è commutativa. Man mano che i giri A e B diventano più piccoli, d'altra parte, A e B approssimano sempre meglio due vettori paralleli cosa che, su una sfera, implica che i giri composti AB e BA si intersecano il più lontano possibile.

È interessante notare che un metodo molto simile è stato usato da Wigner per caratterizzare le trasformazioni di Lorentz nella relatività ristretta [12]. In questo caso la regola è un po' più complicata geometricamente poiché le trasformazioni non si svolgono sulla sfera $x^2+y^2+z^2=1$, ma sull'iperboloide $x^2+y^2+z^2-(ct)^2=1$. Nella figura 4 rappresentiamo l'iperboloide in 3 dimensioni, x, y, t (dato che il disegno in 4 dimensioni è obiettivamente un po' troppo complicato da proiettare sulle due dimensioni di una pagina!). Le rotazioni, o combinazioni di traslazioni a velocità finita ("spinte", o *boost*, di Lorentz) e rotazioni, sono rappresentate da archi sulla superficie dell'iperboloide anziché da archi di circonferenza sulla sfera. La regola di composizione delle rotazioni (eventualmente con una componente temporale) è la stessa di Hamilton, con una difficoltà aggiuntiva: è evidente che mentre tutti gli archi sulla sfera sono elementi di una circonferenza chiusa, gli archi sull'iperboloide possono essere archi di una curva infinita. Questo fa sì che si debbano adottare combinazioni di movimenti rigidi molto particolari per far "coincidere" la testa e la coda di due rotazioni sull'iperboloide (per maggiori approfondimenti si può vedere: P. K. Aravind, "Simulating the Wigner angle with a parametric amplifier", *Physical Review A* **42** (1990) 4077; R. Simon, N. Mukunda e E. C. G. Sudarshan, *Physical Review Letters* **62** (1989) 1331).

Ma cosa significa l'affermazione, ripetuta in più punti di questo articolo, che "il momento angolare è il generatore del gruppo delle rotazioni"? Senza scendere in troppi dettagli analitici, proviamo a dare una esemplificazione intuitiva, anche se matematica-

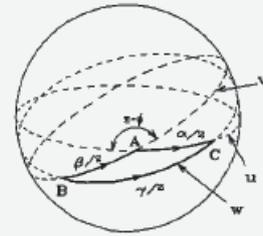


Figura 3
Composizione di due rotazioni $BA+AC=BC$ mediante "somma" dei rispettivi giri di Hamilton

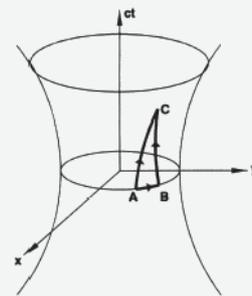


Figura 4
L'iperboloide di equazione $x^2+y^2-(ct)^2=1$. Sulla sua superficie sono mostrati tre elementi: la semplice rotazione AB, la "spinta" temporale o Lorentz boost BC, la somma di rotazione + spinta AC. I tre elementi sono anche i generatori del gruppo $SU(1,1)$

mente non rigorosa, di questa affermazione. Consideriamo la generazione di una rotazione degli assi cartesiani di un vettore infinitesimo $\delta\theta$ come un operatore $\hat{R}(\delta\theta)$ (indicato dal "cappello") che trasforma una funzione d'onda $|\psi(\vec{r})\rangle$ in $|\psi(\vec{r} + \delta\vec{r})\rangle$ essendo $\delta\vec{r} = \delta\theta \times \vec{r}$. Scrivendo l'azione dell'operatore come una serie di Taylor al prim'ordine, troviamo:

$$\begin{aligned} \hat{R}(\delta\theta)|\psi(\vec{r})\rangle &= |\psi(\vec{r})\rangle + (\delta\theta \times \vec{r}) \cdot \hat{V}|\psi(\vec{r})\rangle \\ &= |\psi(\vec{r})\rangle + \delta\theta(\hat{r} \times \hat{V})|\psi(\vec{r})\rangle \\ &= \left(1 - \frac{i}{\hbar} \delta\theta \cdot \hat{L}\right)|\psi(\vec{r})\rangle \end{aligned}$$

dato che $\hat{p} = -i\hbar\nabla$ e $\hat{L} = \vec{r} \times \hat{p}$ l'azione dell'operatore di rotazione è pari al prodotto dell'operatore (che dice di quanto ruotiamo) e del momento angolare \hat{L} . Per passare da una rotazione infinitesima ad una rotazione finita si può immaginare di comporre insieme un numero tendente ad infinito di rotazioni infinitesime, ed usare l'identità:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{N}\right)^N = e^x$$

tramite la quale si ritrova la ben nota forma dell'operatore di rotazione:

$$\hat{R}(\vec{\theta})|\psi(\vec{r})\rangle = e^{\frac{i}{\hbar} \vec{\theta} \cdot \hat{L}}|\psi(\vec{r})\rangle$$

Sull'esistenza di una relazione diretta fra la costante di struttura fine e le due costanti di Feigenbaum

EMILIO SANTORO

ENEA,

UTS Tecnologie Fisiche Avanzate

Esiste una relazione semplice fra le costanti che appaiono nei fenomeni di raddoppiamento di periodo e nelle transizioni ordine-caos (costanti α_δ e δ di Feigenbaum) e la costante di struttura fine α . Il presente lavoro ne evidenzia la struttura, sottolineando la possibilità, in base alla coincidenza numerica trovata, di determinare la costante di struttura fine con precisione arbitraria.

La più recente determinazione della costante di struttura fine raccomandata dal NIST¹ (CODATA *Recommended Values of the Fundamental Physical Constants*, 2002), assegna ad α il valore:

$$\alpha = 7.297\,352\,568(24) \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

con una incertezza relativa pari a:

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = 3.3 \cdot 10^{-9} \quad (2)$$

Le considerazioni che sono

oggetto di questa nota nascono da una coincidenza numerica. Si definiscano a questo proposito, sottolineando la quasi identità dei valori:

$$\varphi \equiv \frac{2\alpha}{1 - 100\alpha} = 5.400151334 \cdot 10^{-2} \quad (3)$$

$$\varphi_\delta \equiv \sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_\delta}} = 5.399583137 \cdot 10^{-2}, \quad (4)$$

avendo indicato con:

$$\alpha_\delta = 2.502907875095893... \quad (5)$$

la seconda costante di Feigenbaum, relativa alla successione di rapporti fra l'ampiezza dei rami dell'albero nei processi di biforcazione della mappa logistica³⁻⁶:

$$x(t+1) = rx(t)[1 - x(t)],$$

con $r \in [0,4]$. Tale ampiezza è in rapporto costante con l'am-

piezza che si registra nella biforcazione precedente (segmenti w_n nella figura 1). La prima costante di Feigenbaum, δ , si ricava invece dalla successione di rapporti fra la distanza che separa due ramificazioni successive nella biforcazione (segmenti α_n nella figura). Anche in questo caso, tale distanza è in rapporto costante con la distanza tra le ramificazioni precedenti. Si ha quindi, per questa costante:

$$\delta = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_n - a_{n-1}}{a_{n+1} - a_n} = 4.669201609102991... \quad (6)$$

Analoghe considerazioni valgono per il calcolo della seconda costante di Feigenbaum, che si ottiene, in base a quanto detto, da:

$$\alpha_\delta = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{w_n}{w_{n+1}} = 2.502907875095893...$$

Una opportuna combinazione dei termini α, δ e α_δ , dà luogo alla relazione:

$$\frac{\varphi_\delta - 2\alpha}{\varphi_\delta \alpha} + \frac{\alpha}{2} + \delta \alpha^2 = 100.000000025... \quad (7)$$

Si può notare che se α assumesse il valore α_t "teorico":

$$\alpha_t = 7.297\,352\,569\,553\,915... \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

La (7) darebbe come risultato *esattamente* 100. Rispetto al valore della costante di struttura fine fornita da CODATA, si trova che la deviazione relativa di α_t è:

$$\left| \frac{\alpha - \alpha_t}{\alpha} \right| = 2.13 \cdot 10^{-10}, \quad (9)$$

cioè un ordine di grandezza inferiore alla (2). Modificando opportunamente la (7) col nuovo valore di α_t così ottenuto, si ottiene facilmente la relazione:

$$\frac{(2\delta\alpha_t^3 + \alpha_t^2 - 200\alpha_t + 2)^2}{16\alpha_t\alpha_\delta} = 1 \quad (10)$$

La (10) potrebbe essere interpretata come una semplice coincidenza numerica, ma un'analisi più approfondita mostra la presenza in essa un certo ordinamento. Se infatti si pone:

$$\lambda(\alpha_t) \equiv \frac{\alpha_t^2 - 200\alpha_t + 2}{4\sqrt{\alpha_t}} = 1.582047493655951\dots \quad (11)$$

la (10) diventa:

$$\alpha_\delta = \left[\lambda(\alpha_t) \frac{1}{2} \delta \alpha_t^2 \right]^2 - \lambda^2(\alpha_t) \left[\frac{1}{\lambda(\alpha_t)} \frac{\delta^2 \alpha_t^2}{4 \lambda^2(\alpha_t)} \right] \quad (12)$$

La (12) può essere riscritta nei termini di una serie:

$$\alpha_\delta = \lambda^2(\alpha_t) \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{1}{2^{n+1}} \frac{\alpha_t^2}{\lambda(\alpha_t)} \delta \right]^n = 2.502907875095893\dots \quad (13)$$

in perfetta identità con la (5). La (13) esprime una relazione funzionale fra le due costanti di Feigenbaum e la costante di struttura fine, al grado di precisione con cui è stato effettuato il calcolo. Data la convergenza della (13) (per $n=3$ non si hanno variazioni già sulla quindicesima cifra decimale), si potrebbe ipotizzare la validità della sua generalizzazione:

$$\alpha_\nu = \lambda^2(\alpha_t) \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{1}{2^{n+1}} \frac{\alpha_t^2}{\lambda(\alpha_t)} \delta \right]^n \quad (14)$$

in considerazione del numero

di decimali conosciuti e tabulati per le due costanti di Feigenbaum. La (14), in base a quanto accennato più sopra, imporrebbe alla costante α_t una variazione di ordine ancora inferiore, α_t^1 , rispetto alla variazione operata sulla costante di struttura fine per ottenere il valore utilizzato in questo lavoro. Sarà infatti lecito supporre che:

$$\left| \frac{\alpha_t - \alpha_t^1}{\alpha_t} \right| < 10^{-10}.$$

C'è un significato profondo nascosto nella (13) o si tratta solo di una straordinaria coincidenza di numeri in combinazione arbitraria tra di loro? Di fatto, la (13), o magari la (14), mette per la prima volta in relazione diretta le due costanti di Feigenbaum, mostrando una loro interdipendenza che si esplica proprio tramite α ; in più, essa potrebbe fornire il valore della costante di struttura fine con la precisione voluta, una volta introdotto in essa un adeguato numero di cifre significative per δ e α_δ .

Se le speculazioni che si fanno intorno alla dipendenza dal

tempo della costante α dovessero in futuro rivelarsi qualcosa in più di semplici ipotesi, come potrebbe questo riflettersi nella relazione (13) e quindi nella struttura delle transizioni ordine-caos?

In realtà, esistono altre notevoli coincidenze, di cui questa che è stata presentata è forse la più straordinaria, che suggeriscono l'esistenza di un quadro molto più ampio di correlazioni fra grandezze di natura diverse, *numericamente coerente*, basato proprio sulla variazione delle costanti fondamentali. Ad esempio, la (4) appare ricorrente in alcune espressioni che coinvolgono rapporti con altre costanti di accoppiamento ed in alcune relazioni con grandezze cosmologiche.

Ma questo potrebbe essere oggetto di un prossimo lavoro.

Note

- 1 //physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html
- 2 Fonte: www.mathsoft.com - Mathsoft Resources.

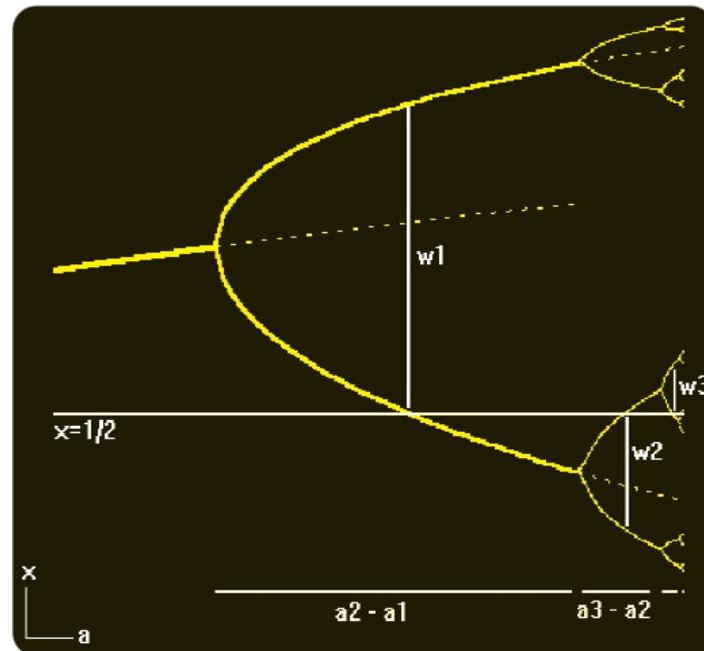


Figura 1
Diagramma di biforcazione della mappa logistica²

Nel C.R. ENEA di Portici in funzione il primo sistema fotovoltaico a media concentrazione

ANGELO SARNO

ENEA,

UTS Fonti Rinnovabili e Cicli Energetici Innovativi

Nel Centro Ricerche Enea di Portici, nell'ambito del progetto PhoCUS (Photovoltaic Concentrators to Utility Scale), è stato installato e messo in funzione il primo sistema fotovoltaico a concentrazione operante in Italia (figura 1).

La facility, che ha una notevole valenza sperimentale e dimostrativa, rappresenta uno dei principali obiettivi del progetto, il cui scopo ultimo è quello dello sviluppo di una tecnologia nazionale per il fotovoltaico a media concentrazione, capace di dimostrare la fattibilità tecnica di tale soluzione applicativa e le sue maggiori potenzialità rispetto al fotovoltaico piano.

Il sistema è costituito da una struttura di sostegno per l'inseguimento del sole su due assi. Il movimento alt-azimutale è assicurato da un sistema meccanico di riduttori, con-

trollato da uno specifico sistema di movimentazione e controllo, in grado di ottenere l'accuratezza di inseguimento richiesta.

Il generatore è costituito da un array di moduli fotovoltaici nella cui struttura sono state integrate le ottiche rifrattive che permettono di far lavorare le celle sotto una concentrazione della radiazione solare pari a 200X. Il modulo si basa su una scatola, realizzata in materiale plastico, caricato con fibre di vetro, la cui chiusura superiore è costituita da un parquet di 24 ottiche prismatiche e sul cui fondo sono alloggiati le 24 celle in silicio cristallino ad alta efficienza, incollate sui rispettivi dissipatori termici in alluminio. La potenza massima attesa del singolo modulo nelle condizioni standard operative (SOC) è dell'ordine dei 100 W.

L'ottica utilizzata, costituita da un concentratore prismatico (brevetto ENEA), realizzato in materiale acrilico (PMMA) mediante stampaggio ad iniezione, è in grado di assicurare, con un'efficienza superiore all'80%, sulla cella la concentrazione della radiazione solare con la necessaria uniformità.

La soluzione progettuale adottata nella realizzazione del modulo (brevetto ENEA-EniTecnologie) ha permesso di affrontare separatamente e dare soluzione alle criticità derivanti dalla forte interazione tra gli aspetti termici, elettrici, strutturali e di assemblaggio, consentendo di ottenere valori di efficienza fino al 16%.

Le tecnologie che sono alla base dei dispositivi e componenti peculiari del sistema sono state sviluppate presso i laboratori fotovoltaici ENEA (Casaccia e Portici), in alcuni casi nell'ambito di specifici contratti di collaborazione con Università ed operatori industriali: in particolare la Galileo Avionica per la struttura ad inseguimento, EniTecnologie per il modulo e la Borromini per la realizzazione delle ottiche prismatiche.

Per le prove di accettazione dei singoli componenti il sistema, attualmente il generatore è costituito da moduli fotovoltaici e da moduli dummy opportunamente strumentati.



dal **MONDO****Nuovo rapporto IPCC****Germania: incentivi alle rinnovabili****Il programma energetico USA****NUOVO RAPPORTO IPCC**

Il nuovo rapporto IPCC, approvato nella Sessione Plenaria dell'IPCC, tenuta ad Addis Abeba dal 6 al 9 aprile, riguarda i gas fluorurati come gli HFC (idrofluorocarburi) e i PFC (perfluorocarburi) che sono dei gas ad altissimo effetto serra normalmente usati nei frigoriferi, nei condizionatori, nei sistemi antincendio e nei solventi. Poiché i CFC (clorofluorocarburi) sono gas ad alto effetto serra, negli ultimi venti anni questi gas (HFC e PFC) sono stati usati come sostitutivi dei CFC.

Ma per gli HFC ed i PFC, ritenuti dei sostituti, le cose vanno molto peggio: hanno un potere riscaldante decine di migliaia di volte quello dell'anidride carbonica ed hanno una vita media in at-

mosfera che raggiunge perfino i 50 mila anni. Tuttavia, per ora le loro concentrazioni in aria sono estremamente basse e non destano significative preoccupazioni per quanto riguarda il clima, anche se maggiori preoccupazioni esistono per quanto riguarda lo strato di ozono stratosferico. Per il futuro, occorre evitare non solo che aumentino, ma si deve procedere ad una riduzione delle loro emissioni in atmosfera soprattutto da parte dei frigoriferi e nelle catene del freddo industriali.

Il rapporto IPCC va nei dettagli ed analizza tutti i vari gas fluorurati, mettendo in evidenza sia l'azione deleteria che hanno questi gas sullo strato di ozono stratosferico sia l'azione fortemente riscaldante che hanno come gas ad effetto serra.

Il rapporto IPCC raccomanda anche diverse opzioni per ridurre la emissione di questi gas fluorurati.

L'Unione Europea già si è posta il problema ed è in fase di studio un'apposita normativa comunitaria che regoli l'uso dei gas fluorurati.

GERMANIA: INCENTIVI ALLE RINNOVABILI

Da alcuni mesi è in vigore in Germania la nuova legge sulle energie rinnovabili, che intende rafforzare l'efficacia del regime di sostegno per tali fonti. Il nuovo schema di incentivazione favorisce alcune fonti (solare, biomasse) rispetto ad altre ormai ritenute alle soglie della maturità, come l'eolico.

In particolare per il settore solare fotovoltaico, il nuovo sistema abbandona il criterio misto (incentivo all'investimento e alla produzione) e passa al "Full Cost Rate". Con il nuovo sistema sarà garantita per 20 anni una remunerazione compresa tra 45,70 eurocents/kWh e 62,40 eurocents/kWh, in funzione dell'impianto e della lo-

calizzazione, a decrescere su base annua (5-6,5 per tipo d'installazione).

Il provvedimento interessa sia gli impianti *roof-mounted* (privilegiati) sia quelli *open-space*, ma gli esperti ritengono che potrà far decollare i grandi impianti centralizzati (oltre 1 MWp).

A questo tipo di investimento puntano ora alcuni fondi specializzati europei che lo propongono ai risparmiatori come una forma alternativa di impiego *risk-free* del capitale.

Shell nel frattempo ha costruito a Leipzig (Germania orientale), insieme a Geosol e WestFonds, il più grande impianto fotovoltaico del mondo connesso alla rete elettrica, composto da 33.500 moduli e con una capacità di 5 MW. L'impianto potrà soddisfare la domanda di energia elettrica di 1.800 famiglie e far risparmiare fino a 3.700 t/anno di emissioni di CO₂.

IL PROGRAMMA ENERGETICO USA

Il Presidente Bush ha recentemente presentato, nell'Ohio, il suo programma energetico, che sarà sottoposto all'approvazione dei due rami del Congresso. I punti salienti saranno la gestione efficiente delle risorse, l'incremento della produzione interna e l'energia nucleare.

Per il Presidente USA l'impiego di risorse provenienti dagli altri paesi aumenta i rischi per la sicurezza interna.

Gli Stati Uniti dovranno pertanto lavorare per ridurre gli sprechi ed al contempo aumentare la produzione interna di energia, anche con il rilancio delle perforazioni nel mare Artico, ricche di gas naturale e petrolio.

Bush ha poi annunciato che sono in cantiere progetti per la realizzazione di nuove centrali nucleari "che permetteranno di produrre energia pulita e sicura".

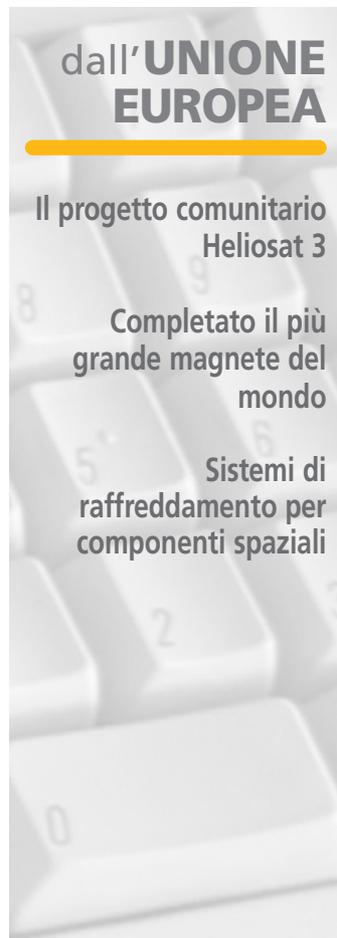
cronache

dall'**UNIONE EUROPEA**

Il progetto comunitario Heliosat 3

Completato il più grande magnete del mondo

Sistemi di raffreddamento per componenti spaziali



IL PROGETTO COMUNITARIO HELIOSAT 3

Sono stati recentemente presentati, presso l'Istituto Fraunhofer dei Sistemi Energetici Solari di Friburgo (Germania), gli obiettivi del progetto triennale Heliosat 3. Obiettivo principale del progetto, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito della ricerca su energia, ambiente e sviluppo sostenibile, è quello di sostenere chi opera nel campo dell'energia solare nello sforzo di aumentare efficienza, economicità e accettabilità delle fonti rinnovabili.

Il successo dell'integrazione dell'energia solare nell'attuale sistema energetico dipende, infatti, anche dalla conoscenza della risorsa solare. Heliosat 3

fornirà dati di alta qualità sulla radiazione solare sia con l'osservazione dalla Terra sia mediante i satelliti Meteosat di seconda generazione.

La qualità dei dati attesa è decisamente superiore ai dati ottenuti con i sistemi finora usati, sia per l'accuratezza sia per la copertura geografica.

Dati specifici potranno interessare, oltre all'industria energetica solare, anche a chi si occupa di clima.

COMPLETATO IL PIÙ GRANDE MAGNETE DEL MONDO

Al CERN di Ginevra è stato recentemente completato il più grande magnete superconduttore del mondo, in grado di creare un campo magnetico di 100mila volte superiore al campo magnetico terrestre.

Il magnete è stato realizzato con una vasta collaborazione internazionale nell'ambito del progetto CMS (Compact Muon Solenoid).

L'ambizioso obiettivo è di riuscire a catturare una delle particelle più sfuggenti, inseguita da anni dai fisici di tutto il mondo, il bosone di Higgs.

SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO PER COMPONENTI SPAZIALI

Il 9 marzo presso il C.R. Casaccia, l'ENEA ha presentato i risultati ottenuti con la prima campagna sperimentale in volo parabolico per lo studio dei sistemi di raffreddamento su componenti spaziali in condizioni di assenza di gravità, nell'ambito di un Progetto di ricerca finanziato dall'ESA, Agenzia Spaziale Europea, e dalla Snecma Moteurs, industria ae-

rospaziale francese.

La campagna di sperimentazione è stata condotta nell'ottobre 2004 sui cieli dell'Oceano Atlantico e del Mediterraneo, tra la costa francese e la Sardegna, a bordo dell'Airbus A300 zero-gravity dell'ESA, sul quale era stato installato l'impianto sperimentale ENEA progettato e realizzato con finanziamenti ASI, l'Agenzia Spaziale Italiana.

I risultati consistono nella caratterizzazione del fenomeno dell'ebollizione in condizioni di gravità ridotta che ha permesso di realizzare una prima mappa di riferimento circa l'effetto della gravità sulle capacità di asportare calore da parte del fluido di raffreddamento, tipicamente peggiorativa al di sotto di una velocità critica del refrigerante.

Negli anni futuri, le aspettative per i sistemi spaziali, come i satelliti per telecomunicazione e le piattaforme spaziali abitate dall'uomo (Stazione Spaziale Internazionale) cresceranno rapidamente e, all'aumento delle prestazioni, inevitabilmente corrisponderà un aumento delle potenze termiche in gioco.

Una strada da percorrere per asportare maggiori quantità di calore è quella di progettare sistemi di raffreddamento che operano con cambiamento di fase (ebollizione di fluidi), specie in convezione forzata (ovvero con il fluido in movimento), almeno sotto certe condizioni e/o in alcuni componenti del sistema.

Tali sistemi risultano particolarmente efficienti perché sfruttano il trasporto del calore latente di vaporizzazione e permettono di ridurre la dimensione ed il peso di piattaforme spaziali e di satelliti.

dall'**ITALIA****L'AIRI
per le nanotecnologie****Progetto SPINTA: la
ricerca si fa impresa****La scienza intorno al
faro****L'AIRI
PER LE NANOTECNOLOGIE**

Nell'ambito delle attività svolte dall'AIRI (Associazione Italiana per la Ricerca Industriale), nel 2003 è stato creato il Centro Italiano per le Nanotecnologie, Nanotec IT, che oltre a porsi come punto di riferimento in Italia per il settore nanotecnologie, ha l'obiettivo di trasformare i risultati della ricerca in vantaggio competitivo delle imprese italiane, favorendo l'applicazione di tecnologie emergenti, lo sviluppo di nuovi prodotti, la creazione di nuovi business.

Tra le iniziative avviate da Nanotec IT (seminari, convegni, newsletter, sito web www.nanotec.it) va menzionato il primo censimento nazionale delle nanotecnologie, che comprende 120 organizzazioni, mentre a livello europeo coordina due progetti comunitari: Nano-

RoadMap e NAoMITEC. Il primo ha lo scopo di definire l'evoluzione delle nanotecnologie nei settori dell'energia, dei materiali e della salute nei prossimi dieci anni, il secondo ha l'obiettivo di far partecipare piccole e medie imprese a progetti di ricerca del VI Programma Quadro.

NAoMITEC, è una Specific Support Action cofinanziata dalla Commissione Europea e vede la partecipazione di 16 partner appartenenti a 12 paesi.

Il progetto, che terminerà nel dicembre 2006, verte su micro e nanotecnologie applicate in cinque settori: aerospazio, ambiente, automotive, salute e tecnologie dell'informazione.

Per informazioni, Piero Bufalini, tel. 06.8848831.

e-mail: naomitec@airi.it.

**PROGETTO SPINTA: LA
RICERCA SI FA IMPRESA**

Presso il C.R.Casaccia è stato presentato, nel marzo scorso, il Progetto SPINTA (Servizi per la Promozione di Imprese Nuove a Tecnologia Avanzata), promosso dal Consorzio IMPAT (Consorzio per la promozione di IMPrese ad Alta Tecnologia). Il Consorzio, costituito da ENEA, Università di Ferrara e Tecnopolis Csata, si propone un duplice obiettivo: da un lato valorizzare, promuovere e sfruttare economicamente i risultati delle attività di ricerca, dall'altro sviluppare tra i ricercatori una cultura imprenditoriale per la nascita di imprese ad alta tecnologia.

Per questo è nato il Progetto SPINTA che si rivolge a singoli gruppi, in possesso di adeguata qualificazione tecnico-scientifica e manageriale, interessati ad avviare un'attività imprenditoriale e ad aziende ad alta tecnologia di recente costituzione. Il Progetto si propone di predisporre circa 50 studi di fattibilità, di accompagnare almeno 30 imprese nella fase di costituzione e di crear-

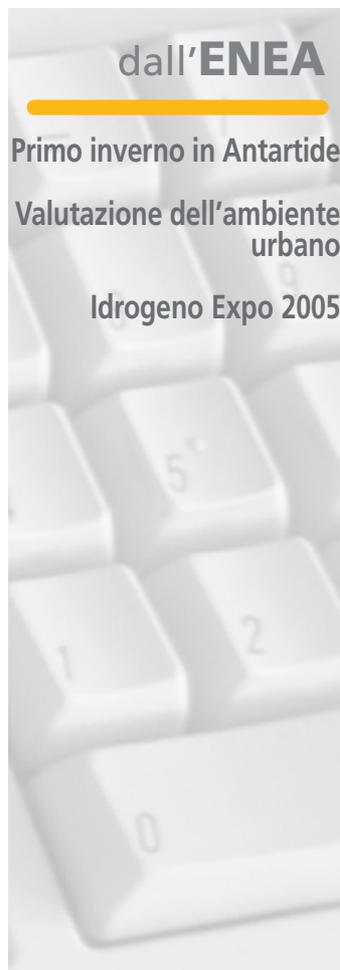
ne non meno di 15. Al momento sono già pervenuti 18 progetti di impresa, presentati in gran parte da piccoli gruppi costituiti prevalentemente da giovani. Il percorso proposto si articola in due fasi distinte: una fase di preincubazione della durata media di 8 mesi e una fase di incubazione della durata media di 6 mesi.

Le domande di partecipazione dovranno essere inviate entro il 31 maggio 2006, registrandosi sul sito del Consorzio all'indirizzo <http://www.consorzioimpat.it> dove è possibile scaricare il modulo di presentazione della proposta e consultare le informazioni su regolamento del bando, tecnologie di interesse, servizi offerti dal Consorzio e modalità di valutazione.

**LA SCIENZA INTORNO
AL FARO**

Nell'ambito delle manifestazioni per la XV Settimana della Cultura S&T, promossa dal MIUR, l'ENEA il 18 e 19 marzo ha organizzato a Lampedusa, presso la Stazione di Osservazioni Climatiche dell'ENEA, il convegno "La scienza intorno al faro", in collaborazione con l'Area Marina Protetta "Isole Pelagie".

L'osservatorio ENEA, che fa parte della rete mondiale di sorveglianza climatica Global Atmosphere Watch dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale delle ONU, costituisce il punto di rilevamento più attrezzato e più importante del Mediterraneo per le osservazioni del clima. Le relazioni tecniche, svolte dai ricercatori dell'ENEA hanno affrontato il tema dell'ambiente marino, con particolare riferimento al Mediterraneo e sono state principalmente indirizzate agli studenti delle scuole di Lampedusa, che hanno avuto così l'occasione di conoscere i laboratori, le attività condotte dall'ENEA per la caratterizzazione e la salvaguardia dell'ambiente marino, e di approfondire le tematiche relative ai cambiamenti climatici.



PRIMO INVERNO IN ANTARTIDE

Il 15 febbraio si è aperta la prima stagione invernale presso la Stazione italo-francese Concordia, situata sul plateau antartico (sito di Dome C - 74° 06' S, 123° 21' E - quota: 3230 m, temperatura invernale oltre -80 °C).

Concordia è il risultato di una collaborazione paritaria, iniziata nel 1993, tra l'Istituto Polare francese Paul-Emile Victor (IPEV) e Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA).

La costruzione della Stazione ha coperto 5 stagioni dell'estate australe, per un totale di 50 settimane, ed ha richiesto l'utilizzo di innovazioni tecnologiche e logistiche e le capacità specifiche del personale addetto.

Questa prima stagione invernale sarà dedicata alla qualificazione ed alle prove dei principali impianti. Nella preparazione di questa missione, particolare attenzione è stata rivolta ai sistemi di sicurezza tenendo conto dell'isolamento estremo e dell'ambiente particolarmente ostile, nel quale si troveranno ad operare 9 tecnici e 4 ricercatori.

VALUTAZIONE DELL'AMBIENTE URBANO

È stato messo a punto dall'ENEA un nuovo software per la valutazione dell'impatto ambientale. Il software è stato realizzato nell'ambito del Progetto ISHTAR, un progetto finalizzato all'ottimizzazione delle politiche ambientali urbane, al miglioramento della qualità della vita e alla conservazione del patrimonio artistico.

Il software è in grado di valutare l'impatto ambientale di interventi sull'ambiente urbano prendendo in considerazione fattori, quali la salute, l'efficienza e la sicurezza del sistema di trasporto, i beni monumentali. Roma, Bologna, Grenoble, Bruxelles, Parigi, Graz ed Atene sono le città prese in esame per testare il software proprio per le loro diversificate condizioni ambientali, urbane e di trasporto.

I risultati ottenuti con il progetto ISHTAR sono stati presentati a Roma il 17 e 18 marzo.

La Commissione Europea ha finanziato il Progetto nell'ambito del V PQR&S, con un budget di circa 1,6 milioni di euro, coprendo oltre la metà dei costi previsti. L'ENEA, che ha svolto il ruolo di coordinatore del Progetto, ha ottenuto un finanziamento di circa 300 mila euro. Partecipano al Progetto anche altri istituti nazionali di ricerca, imprese private e 7 partner appartenenti a diversi paesi dell'Unione Europea, nonché le grandi

città europee scelte come primi utenti del software finale.

IDROGENO EXPO 2005

Divenuta ormai il punto di riferimento per operatori specializzati e aziende di settore, la manifestazione espositiva "Idrogeno Expo 2005" ha presentato a Milano dal 30 marzo al 2 aprile per il terzo anno consecutivo le ultime novità nell'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico e nelle applicazioni delle celle a combustibile. Come ormai tradizione, parallelamente alla manifestazione espositiva si è svolto anche un convegno con la partecipazione di autorevoli relatori (manager di aziende del settore, docenti, ricercatori, specialisti e rappresentanti della Pubblica Amministrazione).

L'ENEA, ha partecipato anche quest'anno, con lo spazio espositivo, *L'idrogeno una sfida possibile*, dove veniva illustrato il ruolo determinante che l'idrogeno e le celle a combustibile svolgeranno in un futuro ormai prossimo per lo sviluppo di un nuovo sistema energetico sostenibile. In questo ambito sono state illustrate le attività di ricerca che l'Ente conduce sia nella produzione di idrogeno da solare ad alta temperatura e da fonti fossili in cicli termici avanzati sia su i sistemi per l'accumulo dell'idrogeno, per poterlo stoccare ed utilizzare come combustibile quando necessario, per esempio sui veicoli a celle a combustibile.

Ma oltre alle attività dell'ENEA, sono state mostrate le misure proposte dall'Unione Europea necessarie per sviluppare un'economia basata sull'idrogeno nei prossimi 20-30 anni, illustrandole in una visione di insieme su come le nuove tecnologie si integreranno in un sistema energetico sostenibile.

INCONTRI

Tecnologie per la cultura

Ambiente e progettazione

Salvaguardie e recupero del territorio

TECNOLOGIE PER LA CULTURA

Dal 7 al 10 aprile, si è svolta a Ferrara, la 12ma edizione di Restauro, la prima e più importante manifestazione italiana dedicata al restauro, alla conservazione ed alla protezione del patrimonio storico e artistico.

L'ENEA ha partecipato con lo spazio espositivo, "Tecnologie per la cultura", dedicato all'applicazione di tecnologie innovative e nuovi materiali nel settore. Sono stati presentati alcuni fra gli interventi realizzati su opere e beni italiani e nei Paesi in via di sviluppo, nell'ambito dei programmi UNESCO per la conservazione del patrimonio architettonico e artistico mondiale. L'ENEA era presente anche nel settore della protezione sismica

ed ha presentato sistemi di isolamento sismico e a dissipazione di energia oltre a dispositivi in leghe a memoria di forma.

Per le opere pittoriche, sono state illustrate le indagini diagnostiche effettuate tramite radiografia, riflettografia e fluorescenza sull'"Adorazione del Bambino", un tondo di Fra' Bartolomeo conservato presso la Galleria Borghese.

AMBIENTE E PROGETTAZIONE

La SIGEA, Società Italiana di Geologia Ambientale, organizza due corsi di aggiornamento dal 25 al 27 maggio e dal 15 al 17 giugno 2005, rispettivamente sulla Valutazione di Impatto Ambientale e sulla Progettazione del paesaggio.

I corsi si svolgeranno a Roma, presso la Casa Internazionale delle Donne - Via della Lungara, 19 - dureranno ognuno 21 ore. Al termine di ciascun corso sarà rilasciato un attestato di frequenza e saranno distribuite le dispense.

Per informazioni: tel. 06 5406964, fax 06 233 239783, email:

territorio@italianostra.org, <http://www.la-sintesi.it/corsisigea>

SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL TERRITORIO

Alle nostre latitudini la desertificazione è un processo, determinato soprattutto dall'impatto delle attività dell'uomo, di degrado delle terre lento, ma inesorabile, di cui non si percepisce sufficientemente il rischio ambientale ed economico.

Il Workshop "Desertificazione e Agricoltura", che si è svolto il 24 febbraio presso il C.R. ENEA della Casaccia, ha voluto evidenziare il ruolo dell'agricoltura nella salvaguardia del territorio e quali

possono essere gli interventi di recupero, mitigazione ed adattamento alle diverse forme di degrado.

All'agricoltura si chiede multifunzionalità, non solo attività produttiva di qualità, ma anche protettiva, di tutela ambientale e del paesaggio agrario, di turismo sostenibile e di sviluppo rurale. D'altra parte il settore agricolo, sempre più schiacciato nella morsa della competizione sui mercati internazionali, rappresenta ben poca cosa nell'economia del Paese, in termini di redditività per gli agricoltori.

La lotta al degrado delle risorse naturali comporta necessariamente un costo sociale, e questa consapevolezza deve estendersi anche, con un forte impegno di cooperazione internazionale, nella lotta alla desertificazione dei PVS, per contribuire, così, a contenere gli inarrestabili flussi migratori di uomini che fuggono da terre inospitali.

L'ENEA conduce attività di ricerca sulla lotta alla desertificazione con progetti nazionali (RIADE) ed europei (DESERTNET e DESERTWATCH), finanziati dal MIUR, dall'Unione Europea e dall'Agenzia Spaziale Europea. Le collaborazioni in corso con le PMI hanno permesso di avviare iniziative di spin-off per la costituzione di nuove imprese nel campo della tutela degli ecosistemi, con giovani titolari di Master di specializzazione, che hanno seguito una fase di affiancamento alle diverse attività di progetto. E hanno consentito, inoltre, di sviluppare conoscenze, processi innovativi, tecnologie di punta (agronomiche, fisico-chimiche, e informatiche) e di attivare meccanismi di trasferimento, creando sinergie tra mondo scientifico, imprese high-tech e Amministrazioni locali.

LETTURE

Dalla caverna
alla casa ecologica

ArtEnergy

Scenari energetici
italiani

pre più raffinate, dall'introduzione del vetro alle finestre e del riscaldamento fino all'arrivo dell'acqua in casa e alla svolta dell'energia elettrica, che hanno consentito un modo di vivere infinitamente più confortevole. Il comfort ha un prezzo in termini di costi economici, sociali e ambientali. Di qui la sfida di una casa che, pur disponendo di tutto ciò a cui difficilmente oggi è difficile rinunciare, sia sostenibile in termini energetici e di progettazione. Per l'autore è già possibile oggi costruire "case sostenibili" in un contesto più comodo e sofisticato dell'attuale: "Le tecnologie che occorrono per cominciare ci sono già e altre sono all'orizzonte".

ARTEENERGY

Cesare Biasini Selvaggi
e Anna Parisi
coedizione Bucaneve 2003,
Lapis edizioni, 2005, pagine 10
distribuzione gratuita

Il volume, in un modo originale in cui arte e scienza si fondono, si propone di far riflettere i bambini sulla loro energia, la creatività, e su quella energia che viene prodotta, trasformata e impiegata per la nostra vita quotidiana.

"Spiegare l'energia ai bambini non è semplice, ma fatto in un certo modo può diventare... un gioco da ragazzi", scrive nella presentazione Carlo Andrea Bollino, Presidente del GRTN, l'ente pubblico preposto al dispacciamento dell'energia elettrica in Italia, che ha sostenuto il volume. Nel libro infatti oltre alla spiegazione delle opere d'arte pubblicate i bambini possono divertirsi con dei giochi da realizzare "smontando" alcune pagine del libro o seguendo le istruzioni per costruire in casa una pila elettrica

per accendere una lampadina. Il libro contiene anche dieci utili consigli su come risparmiare energia, un tema sempre più attuale e che necessita di una forte sensibilizzazione, in particolare da parte delle nuove generazioni.

Per informazioni: Bucaneve 2003,
tel./fax 065809840, email: info@artenergy-museum.it

SCENARI ENERGETICI ITALIANI

Francesco Gracceva,
Mario Contaldi
ENEA, ottobre 2004, pagine 154

Lo studio descrive alcuni possibili scenari di sviluppo del sistema energetico italiano, relativi ai prossimi 30 anni, dal punto di vista economico, energetico ed ambientale.

Dopo un'analisi dei modelli utilizzati nella letteratura internazionale per l'elaborazione di scenari prossimi venturi e una descrizione dell'evoluzione tendenziale del sistema energetico ed economico italiano, vengono esaminati tre scenari alternativi. Lo scenario Rinnovabili analizza costi e benefici di un rafforzamento del nuovo meccanismo di incentivazione delle fonti rinnovabili basato sui Certificati Verdi. Un secondo, Efficienza, valuta gli effetti dell'incremento di efficienza del sistema energetico derivante dall'attuazione dei decreti ministeriali dell'aprile 2001. Un terzo scenario, Carbon Tax, valuta l'utilità di una consistente tassazione del carbonio.

Il lavoro evidenzia le principali differenze e analizza in particolare un elemento che ha spesso grande rilievo nel dibattito sull'opportunità delle misure di mitigazione, cioè l'impatto di queste misure sulla crescita economica.

DALLA CAVERNA ALLA CASA ECOLOGICA

Federico M. Butera
Edizioni Ambiente, Milano 2004,
pagine 256, euro 18,60

Il libro è un *excursus* sulla vita quotidiana dalla preistoria ai giorni nostri e sui livelli di comfort che le tecnologie hanno via via consentito, fino all'ipotesi di una casa davvero "sostenibile" e disponibile per tutti. La rassegna parte dalla caverna preistorica e dalla capanna neolitica, passa per la casa dell'antica Roma, prosegue con le dimore medievali e rinascimentali per giungere fino all'attuale abitazione superacessorizzata occidentale.

Un cammino scandito da invenzioni geniali e da tecnologie sem-