

# ENERGIA, AMBIENTE E INNOVAZIONE

ANNO 51 GENNAIO - FEBBRAIO 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 febbraio 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** Studio di ruota idraulica, Leonardo da Vinci, Cod. Atl. f. 258r. b

**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](http://www.enea.it)

www.enea.it

4

## RAPPORTO ENERGIA E AMBIENTE 2004 THE 2004 ENERGY AND ENVIRONMENT REPORT

Il Rapporto, di cui pubblichiamo il compendio, è l'occasione annuale di analisi della situazione energetico-ambientale del Paese.

Partendo dal quadro economico ed energetico internazionale, vengono approfonditi la domanda e l'offerta di energia in Italia, gli scenari al 2020 in presenza di alti prezzi, le emissioni di gas serra, il ruolo delle Regioni nella pianificazione energetica, le spese per la ricerca

*The Report, of which we publish a summary, provides an annual picture of the nation's energy and environment situation. After describing the international economic and energy context, it analyzes energy supply and demand in Italy, high-prices scenarios to 2020, greenhouse-gas emissions, the role of regional governments in energy planning and research expenditures*

34

## I VALORI DELLA CONOSCENZA E DELLA PARTECIPAZIONE THE VALUES OF KNOWLEDGE AND PARTICIPATION

Luigi Rossi

Nel X Anniversario dello Scarascia Mugnozza Genetic Resource Centre, uno degli allievi del Professor Scarascia Mugnozza testimonia alcune scelte illuminate di carattere scientifico e i valori umani e culturali che il Professore ha trasmesso durante tutta la sua attività didattica

*The tenth anniversary of the Scarascia Mugnozza Genetic Resource Centre was celebrated at the Senate on December 7, 2004. We publish the recollections of one of Prof. Scarascia Mugnozza's students*

40

## VULNERABILITÀ E ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI DEL CLIMA ADAPTING TO CLIMATE CHANGE

Vincenzo Ferrara

Malgrado le azioni per la mitigazione dei cambiamenti climatici siano fondamentali, è necessario realizzare una strategia che permetta al mondo attuale di adattarsi ad un futuro sicuramente diverso per quanto è già accaduto o accadrà

*Although steps to mitigate climate change are essential, a strategy must be worked out to enable today's world to adapt to a future that will certainly be different, because of what has already happened and what is bound to happen*

48

## IL TRASFERIMENTO ELETTRONICO DIRETTO TRA BIOMOLECOLE ED ELETTRODI MODIFICATI CON POLIMERI CONDUTTORI DIRECT ELECTRON TRANSFER BETWEEN BIOMOLECULES AND ELECTRODES MODIFIED WITH CONDUCTIVE POLYMERS

L. Della Seta, J. Maly, E. Cianci, T. Farneti, V. Foglietti, M. Ilie, B. Lanza, A. Masci, M. R. Montareali, W. Vastarelli, R. Pilloton

Nel quadro della ricerca sui biosensori per gli erbicidi è stato realizzato un nuovo metodo di immobilizzazione che sfrutta le proprietà di un polimero conduttore depositato elettrochimicamente su un elettrodo d'oro, ottenendo il trasferimento elettronico diretto dal centro red-ox di una proteina senza impiegare mediatori chimici

*In the field of herbicide biosensor research, a new immobilization technique based on a conducting polymers deposited electrochemically on a gold electrode enables direct electron transfer from a protein' red-ox centre without any chemical mediator*

61

## CREAZIONE DI IMPRESE AD ALTA TECNOLOGIA CREATION OF HIGH-TECH ENTERPRISES

Davide Fratini, Sandra Romagnosi, Alessandro Mancini

Una delle misure più importanti per il sostegno alla creazione di imprese ad alta tecnologia in Italia è rappresentata dal Decreto Legislativo 297/99 e dal Decreto Ministeriale 593/2000

Nell'articolo vengono analizzati i risultati di un questionario rivolto a coloro che hanno beneficiato dei provvedimenti governativi per misurarne l'efficacia e l'impatto

*Two of the most important measures enacted in Italy to encourage the creation of high-tech enterprises are Legislative Decree 297/99 and Ministerial Decree 593/2000. An analysis of the results of a questionnaire sent to beneficiaries of these measures to measure their effectiveness and impact*

## 74 SACRO E TECNOSCIENZA: UN MECCANISMO TENEBROSO

### THE SACRED AND TECHNOSCIENCE: A PITCH-BLACK MECHANISM

Fausto Borrelli

Il "sacro" è connesso a "potenza" e "violenza"; ma il "sacro" oggi è connesso anche a "tecnoscienza". È un meccanismo tenebroso che si espande a livello planetario. In pochi anni, si è passati dall'equilibrio del terrore al disequilibrio del terrorismo, in condizioni di continuo aumento della potenza tecnologica degli strumenti bellici.

Per gettare un po' di luce su questo tenebroso meccanismo, ci rivolgiamo a tre grandi studiosi del sacro: Rudolf Otto, Mircea Eliade e René Girard

*The idea of the sacred has always been connected with power and violence, but today it is also connected to technoscience. This is a pitch-black mechanism that is expanding worldwide. In just a few years, we have gone from the "balance of terror" to the "imbalance of terrorism," while the technological power of weapons of war is constantly increasing. To shed some light on this "murky mechanism," we turn to three great scholars of the sacred: Rudolf Otto, Mircea Eliade and René Girard.*

#### NOTE TECNICHE

## 84 SISTEMA AUTOMATICO DI LETTURA DI DOSIMETRI PER NEUTRONI VELOCI

### AUTOMATIC READING SYSTEM FOR FAST NEUTRON DOSIMETERS

Bruna Modelli, Roberto Bedogni, Francesca Mariotti, Elena Fantuzzi

## 88 BREVETTATO UN PREPARATO VEGETALE PER LA MEDICINA VETERINARIA

### PATENT RECEIVED FOR A VETERINARY PREPARATION BASED ON PLANT PRODUCTS

Fiorella Carnevali, Andrew Van der Esch, Chiara Clementel

## 89 UN SISTEMA INNOVATIVO PER RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA

### AN INNOVATIVE INTRAOPERATION RADIOTHERAPY SYSTEM

Concetta Ronsivalle

#### 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
  - 2005 Anno della Fisica **91**
  - Cresce la siccità e il rischio desertificazione **91**
  - In dubbio il futuro di Hubble **91**
- dall'Unione Europea
  - Approvate le decisioni in materia di clima **92**
  - Settimana Verde per le scuole 2005 **92**
  - Consorzio per rilevamento ambientale **92**
- dall'Italia
  - Nubi sullo sviluppo dell'eolico **93**
  - La e-mail diventa certificata **93**
  - Recupero apparecchiature elettroniche **93**
- dall'ENEA
  - Strumenti ecologici on line per le imprese **94**
  - Un progetto per le aree industriali **94**
  - Nuovo Centro Euro-Mediterraneo sul clima **94**
- Incontri
  - La COP-10 di Buenos Aires **95**
  - Impatto ambientale dei termovalorizzatori **95**
- Letture
  - E-Learning nella scuola **96**
  - Una nuova filiera per la produzione di pasta disinchiostata da carta da macero **96**
  - Libro Bianco, Energia-Ambiente-Edificio **96**

# Rapporto Energia e Ambiente 2004

**ENEA**  
Unità di Agenzia per lo Sviluppo  
Sostenibile



primo piano

Il Rapporto, di cui pubblichiamo la sintesi, è l'occasione annuale di analisi della situazione energetico-ambientale del Paese. Partendo dal quadro economico ed energetico internazionale, vengono approfonditi la domanda e l'offerta di energia in Italia, gli scenari al 2020 in presenza di alti prezzi, le emissioni di gas serra, il ruolo delle Regioni nella pianificazione energetica, le spese in ricerca

## The 2004 Energy and Environment Report

*The Report, of which we publish a summary, provides an annual picture of the nation's energy and environment situation. After describing the international economic and energy context, it analyzes energy supply and demand in Italy, high-prices scenarios to 2020, greenhouse-gas emissions, the role of regional governments in energy planning and research expenditures*

## IL QUADRO DI RIFERIMENTO INTERNAZIONALE

### Economia

L'attività economica mondiale ha mostrato una marcata crescita (+3,9%) a partire dalla seconda metà del 2003, in coincidenza con la ripresa degli investimenti in tecnologie informatiche negli Stati Uniti. Hanno contribuito al rilancio anche le politiche monetarie e di bilancio di orientamento espansivo adottate dalle autorità dei principali Paesi. In questa fase le quotazioni azionarie hanno evidenziato recuperi notevoli su tutti i mercati.

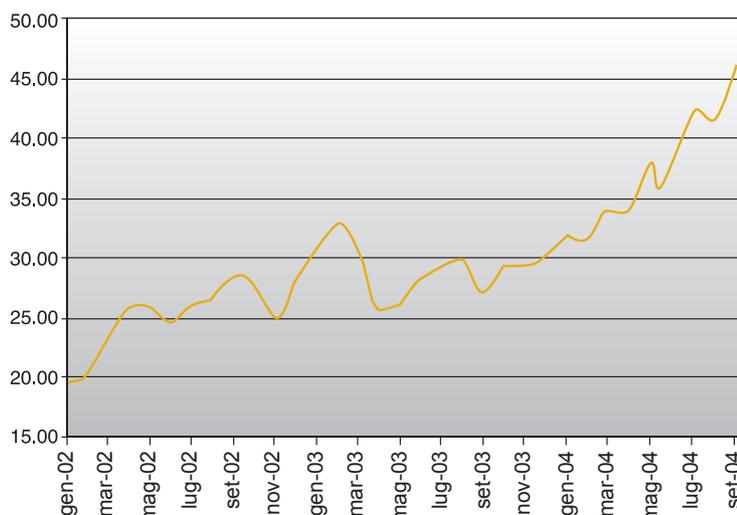
L'accelerazione della ripresa negli Stati Uniti e la fase di forte crescita dell'economia cinese hanno agevolato la crescita del commercio internazionale (+4,5%).

L'espansione degli scambi ha favorito principalmente i Paesi asiatici, che hanno accresciuto del 12% il volume delle esportazioni e hanno mantenuto elevata la propria competitività contenendo l'apprezzamento delle proprie valute mediante l'accumulazione di riserve monetarie in dollari. L'apprezzamento dell'euro ha invece influito sulla competitività dei Paesi europei le cui esportazioni hanno ristagnato.

Nel 2003 il prezzo del greggio, quale media tra Dubai, Brent e WTI, ha sfiorato i 30 dollari al barile, segnando un incremento di circa il 16% rispetto al 2002 (figura 1).

Il prezzo del greggio ha risentito in una prima fase della crisi in Iraq e successivamente della ripresa dell'attività produttiva mondiale, ma anche della decisione dei Paesi produttori di mantenere le quotazioni su livelli elevati per compensare la perdita di potere d'acquisto dovuta all'indebolimento del dollaro. Nei primi mesi del 2004, la crescita dell'economia mondiale, le pressioni speculative, il peggioramento della situazione politica mediorientale e la decisione dei Paesi dell'OPEC di attuare tagli alla produzione hanno determinato ulteriori rialzi fino ai 38 dollari al barile alla fine di maggio. Nonostante l'incremento della produzione OPEC agli inizi di settembre le quotazioni hanno superato i 50 dollari al barile ad ottobre.

Sulla fase espansiva del ciclo economico gravano alcuni elementi di squilibrio che potrebbero attenuarne l'intensità. In primo luogo, l'ulteriore ampliamento del disavanzo di parte corrente degli Stati Uniti ha amplificato le pressioni al ribasso sul cambio del dollaro. Ciò ha determinato una riduzione di competitività dei Paesi dell'area dell'euro e la ripresa economica non si è estesa in maniera uniforme a tutte le aree geografiche. In secondo luogo l'elevato ritmo di sviluppo dell'economia cinese implica una crescita sostenuta della domanda di prodotti energetici e materie prime; la rigidità dell'offerta e il deprezzamento del dollaro hanno determinato



**Figura 1**

Prezzo del petrolio\* (US\$/barile)

\* Media tra Dubai, Brent e WTI.

Fonte: elaborazione ENEA su dati DOE e IEA

una brusca impennata delle quotazioni, amplificata, nel caso del petrolio, dai fattori di incertezza connessi alla situazione geopolitica mediorientale.

La ripresa economica coincide con il rilancio della domanda negli Stati Uniti favorita dalla svalutazione del dollaro, dall'orientamento espansivo della politica monetaria e dall'incremento del deficit del bilancio federale. Il livello particolarmente basso dei tassi di interesse ha consentito l'avvio di un radicale processo di ristrutturazione che sfrutta le nuove tecnologie informatiche e della comunicazione per ottenere guadagni di efficienza e accrescere la flessibilità dei processi produttivi. Il notevole incremento della produttività ha consentito l'espansione dei profitti e la ripresa degli investimenti, in particolare nel comparto dei beni capitali a tecnologia avanzata.

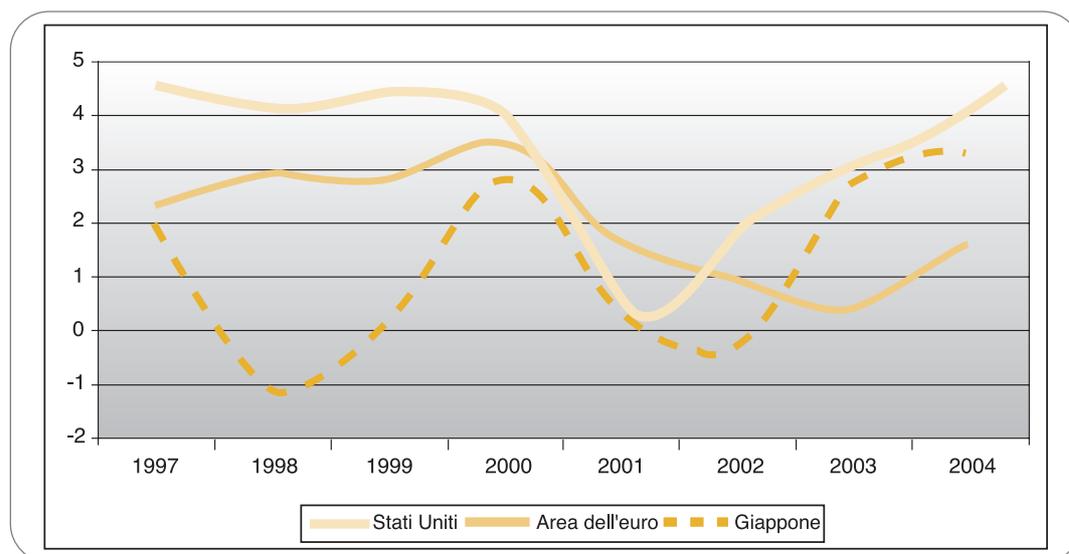
Anche la politica di bilancio ha impresso un ulteriore, forte impulso alla domanda: la crescita delle spese militari e per la sicurezza interna e gli effetti degli sgravi fiscali, hanno determinato un ampliamento nel disavanzo del bilancio che attraverso vari canali ha consentito un incremento dei consumi delle famiglie.

L'accresciuto divario tra il tasso di crescita economica degli Stati Uniti e quello dei principali *partner* commerciali ha determinato un ulteriore peggioramento dei conti con l'estero degli Stati Uniti. La bilancia delle partite correnti, in particolare, ha fatto registrare un ulteriore aggravio del disavanzo pari al 5% del PIL nel 2003: il livello massimo del secondo dopoguerra.

Il disavanzo della bilancia commerciale è stato compensato dall'afflusso di capitali dall'estero: particolarmente rilevanti risultano gli investimenti in titoli obbligazionari statunitensi delle autorità ufficiali cinesi e di altri Paesi asiatici, che hanno accumulato riserve al fine di contrastare l'apprezzamento delle loro valute nei confronti del dollaro.

L'economia giapponese è cresciuta nel 2003 a ritmi elevati e superiori alle attese (figura 2). Il prodotto interno lordo è aumentato del 2,5% grazie all'impulso fornito dalle esportazioni verso gli altri Paesi asiatici e dagli investimenti privati. L'accumulazione di capitale è ripresa dopo un lungo periodo di ristagno, favorita dal recupero di redditività delle imprese, in particolare di quelle di grandi dimensioni del comparto manifatturiero. Il risultato, in parte riconducibile al miglioramento ciclico, è anche frutto del processo di ristrutturazione finanziaria e organizzativa del sistema industriale intrapreso dalla metà degli anni novanta, volto ad accrescerne la produttività.

Nell'area dell'euro il prodotto interno lordo nel 2003 è aumentato in media dello 0,4%, un tasso di crescita inferiore allo 0,9% del 2002 e alle previsioni del 2002 (1,1%). La crescita è stata ancora più modesta in Germania, in Italia e in Francia, mentre in Spagna è stata superiore alla



**Figura 2**  
PIL reale – Variazioni tendenziali (%)

Fonte: elaborazione ENEA su dati FMI

media dell'area. La debolezza delle domande nazionali e l'andamento sfavorevole dell'interscambio con l'estero hanno contribuito a frenare la crescita.

L'apprezzamento dell'euro ha concorso a una drastica riduzione della competitività sui mercati internazionali che ha determinato una stagnazione delle esportazioni; contemporaneamente sono cresciute le importazioni per cui l'apporto dell'interscambio con l'estero alla formazione del PIL è stato negativo in tutte le principali economie dell'area.

I consumi delle famiglie sono aumentati in misura contenuta e in relazione all'andamento dell'occupazione nei diversi Paesi.

Gli investimenti, nonostante il permanere nell'area di favorevoli condizioni di finanziamento, hanno subito una flessione per il terzo anno consecutivo, frenati dal basso grado di utilizzo della capacità produttiva e dalle aspettative degli imprenditori improntate al pessimismo.

Anche nel 2003, dati gli elevati livelli dei disavanzi nei principali Paesi dell'area, la politica di bilancio non ha potuto contrastare la debolezza ciclica con misure espansive. L'indebitamento netto delle Amministrazioni pubbliche è salito nell'anno al 2,7% del prodotto, dal 2,3 nell'anno precedente; in molti Paesi i risultati di bilancio sono stati significativamente peggiori degli obiettivi fissati nei rispettivi Programmi di stabilità. Sul mancato conseguimento degli obiettivi ha influito soprattutto una crescita del prodotto inferiore alle attese.

Le economie emergenti nel 2003 hanno fatto registrare una crescita del prodotto superiore al 6%, dal 4,6% nell'anno precedente, con un elevato grado di disomogeneità fra le diverse aree. L'accelerazione dell'attività produttiva è stata più consistente in Cina, in India, nell'ex Unione Sovietica e nei principali Paesi dell'Africa.

L'eccezionale espansione dell'economia cinese (9,1% nel 2003) è stata trainata dalla forte crescita degli investimenti. La Cina assume oggi un peso rilevante negli scambi commerciali dell'area asiatica: il prodotto cinese rappresenta oltre il 45% di quello della regione (13% a livello mondiale); le sue importazioni (14% delle esportazioni dei Paesi emergenti della regione) agevolano lo sviluppo delle altre economie asiatiche; la crescente interdipendenza tra le economie dell'area agevola anche il flusso opposto: le esportazioni cinesi sono arrivate a costituire circa il 16% delle importazioni degli altri Paesi dell'area. La penetrazione dei prodotti cinesi coinvolge anche il mercato statunitense nel quale la Cina è il secondo esportatore, dopo il Canada.

La crescita del prodotto mondiale e l'espansione del commercio internazionale prevista per il biennio 2003-2004 poggia sull'espansione fiscale degli Stati Uniti, che ha sorretto la ripresa economica internazionale. Questa situazione, però, non potrà durare ancora a lungo in quanto il finanziamento del deficit statunitense sottrarrà risorse agli investimenti privati negli Stati Uniti ma anche all'estero. L'innalzamento dei tassi a lungo termine nel mercato del capitale privato, assieme al timore di ulteriori shock dovuti al rincaro dei prodotti energetici e delle altre materie prime, generano aspettative al rialzo anche per i tassi di riferimento delle autorità monetarie. Tutto ciò potrebbe condurre ad un innalzamento dei prezzi, che frenerebbe la ripresa accentuando il tasso di indebitamento delle famiglie e delle imprese già elevato in alcune economie (Regno Unito, Australia, Stati Uniti, Irlanda, Nuova Zelanda e i Paesi asiatici di nuova industrializzazione).

Il doppio squilibrio nei conti degli Stati Uniti, ossia il deficit di bilancio e quello delle partite correnti, risulta ora sostenibile solo grazie alla capacità di accumulo di riserve monetarie in dollari e di *Treasury Bonds* da parte dei Paesi asiatici. Per fronteggiare tale situazione l'Amministrazione americana si è impegnata, col programma presentato nel febbraio 2004, a ridurre lo squilibrio del saldo del bilancio federale all'1,6% del prodotto nel 2009, attraverso una severa azione di contenimento della dinamica delle spese discrezionali, incluse quelle per la difesa.

Tali misure potrebbero comportare il contenimento della dinamica della domanda interna degli

*l'apprezzamento dell'euro ha concorso a una riduzione della competitività*

Stati Uniti in un quadro di stabilità dei mercati dei cambi e di quelli finanziari, anche se occorre tener presente il rischio derivante dall'instabilità geopolitica, difficilmente quantificabile, e dalle pressioni inflazionistiche innescate, nel breve periodo, dalla rigidità dell'offerta dei prodotti energetici.

## Energia

Nel 2003, secondo le statistiche della British Petroleum, i consumi mondiali di energia primaria sono cresciuti del 2,9%. Tale crescita appare particolarmente sostenuta in Asia e nel Pacifico (+6,3%), trainata dall'economia cinese, ma è robusta anche in Africa (+4,4%) e nei Paesi dell'ex-Unione Sovietica (+3%); le aree con minor crescita risultano il Nord America (+0,2%) e l'Europa occidentale (+1,8%) (tabelle 1 e 2).

Nel 2003 circa il 37,3% dei consumi mondiali era rappresentato dal *petrolio*, il 26,5% era rappresentato dal carbone e il gas naturale copriva poco meno del 24%. Il restante 12,2% era costituito in quote uguali da energia idroelettrica e nucleare. In termini relativi la quota del carbone sull'offerta primaria nel 2003 continua la sua crescita mentre la quota delle altre fonti considerate diminuisce. Questo è il risultato di una crescita dei consumi globali di carbone del 6,9% nel periodo 2002-2003, un tasso più che doppio rispetto al tasso di crescita dei consumi nel loro complesso. Nonostante una lieve diminuzione nella sua quota sui consumi primari di energia (passata dal 38% nel 2002 al 37,3% nel 2003), il petrolio resta la fonte energetica più utilizzata a livello mondiale. Nel 2003 la domanda mondiale di petrolio è cresciuta del 2,1% rispetto all'anno precedente.

Il petrolio soddisfa oltre il 40% della domanda energetica del Nord America: i suoi consumi sono cresciuti a seguito della ripresa economica che poco ha risentito dell'aumento dei prezzi. La domanda è salita soprattutto in Canada, mentre la crescita è stata inferiore negli Stati Uniti ed in Messico. I consumi di petrolio dell'America centrale e meridionale hanno subito una contrazione dell'1,2%, pesante in Venezuela (-11%) per l'instabilità politica e il blocco della produzione petrolifera; in calo è anche il consumo di petrolio per la generazione di energia elettrica in Brasile e in Cile a seguito dello sviluppo di grandi bacini idroelettrici nel primo caso e alla costruzione di impianti alimentati a gas naturale nel secondo.

I consumi di petrolio nei Paesi dell'Europa occidentale hanno avuto un incremento moderato di appena lo 0,8%; tuttavia, tra i prodotti petroliferi si registra il crescente utilizzo di gasolio per motori diesel e la contestuale riduzione dei consumi di benzina.

	2002	2003	Variazione 2003/2002 (%)	Quota 2003 (%)
Nord America	2721,0	2727,3	0,2	28,0
America centrale e meridionale	454,5	4465,5	2,4	4,8
Europa occidentale*	1793,0	1824,4	1,8	18,7
Ex URSS, economie in transizione**, Turchia	1057,5	1089,0	3,0	11,2
Medio Oriente	416,8	426,8	2,4	4,4
Africa	286,9	299,6	4,4	3,1
Asia e Pacifico	2734,8	2908,4	6,3	29,9
Mondo	9464,5	9741,1	2,9	100,0
di cui: Unione Europea (15)	1471,5	1498,1	1,8	15,4
OCSE	5356,2	5397,9	0,8	55,4
Ex URSS	958,0	987,0	3,0	10,1

\* Include i 10 nuovi entrati nella UE

\*\* Bulgaria, Romania

**Tabella 1**

Consumi di energia primaria per area geografica (Mtep)

Fonte: elaborazioni ENEA su dati BP

	QUOTE PER FONTE (%)					Totale
	Petrolio	Gas naturale	Carbone	Nucleare	Idro-elettrico	
Nord America	40,1	25,2	22,5	7,4	4,9	<b>100,0</b>
America centrale e meridionale	46,5	21,2	3,8	1,0	27,5	<b>100,0</b>
Europa occidentale*	39,9	23,2	17,9	12,5	6,6	<b>100,0</b>
Ex-URSS, EiT**, Turchia	19,8	50,8	19,3	5,3	4,9	<b>100,0</b>
Medio Oriente	50,4	47,0	2,0	—	0,7	<b>100,0</b>
Africa	40,2	20,1	32,4	1,0	6,3	<b>100,0</b>
Asia e Pacifico	36,1	10,7	44,9	3,6	4,7	<b>100,0</b>
<b>Mondo</b>	<b>37,3</b>	<b>23,9</b>	<b>26,5</b>	<b>6,1</b>	<b>6,1</b>	<b>100,0</b>
di cui: UE (15)	37,3	23,9	26,5	6,1	6,1	<b>100,0</b>
OCSE	42,7	24,3	14,9	13,6	4,6	<b>100,0</b>
Ex URSS	41,2	22,9	21,4	9,4	5,2	<b>100,0</b>
	VARIAZIONE 2003/2002 (%)					
Nord America	2,1	-3,5	2,5	-1,9	-1,7	<b>0,2</b>
America centrale e meridionale	-1,2	8,7	1,1	6,8	4,2	<b>2,4</b>
Europa occidentale*	0,8	4,6	3,5	1,0	-4,7	<b>1,8</b>
Ex-URSS, EiT**, Turchia	1,7	3,0	6,0	3,2	-2,9	<b>3,0</b>
Medio Oriente	0,8	4,0	2,4	—	15,4	<b>2,4</b>
Africa	2,2	8,3	5,8	3,4	0,0	<b>4,4</b>
Asia e Pacifico	4,0	5,6	10,3	-11,0	5,1	<b>6,3</b>
<b>Mondo</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>6,9</b>	<b>-2,0</b>	<b>0,4</b>	<b>2,9</b>
di cui: UE (15)	0,5	4,3	3,7	0,6	-1,4	<b>1,8</b>
OCSE	1,6	0,1	2,7	-3,5	-2,2	<b>0,8</b>
Ex URSS	1,6	2,2	7,3	5,6	-1,0	<b>3,0</b>

\* Include i 10 nuovi entrati nella UE  
 \*\* Economie in Transizione: Bulgaria, Romania

**Tabella 2**

Energia primaria: consumo per fonti e aree geografiche. Anno 2003 (%)

Fonte: elaborazioni ENEA su dati BP

I Paesi africani, invece, coprono col petrolio il 40,2% dei loro fabbisogni energetici complessivi, con un incremento del 2,2% rispetto al 2001. Tale crescita proviene dal settore trasporti mentre il consumo rimane sostanzialmente basso nel settore industriale e nella generazione elettrica per la disponibilità di altre fonti energetiche (gas naturale in Algeria ed Egitto, carbone ed energia nucleare in Sud Africa) e nel residenziale per l'utilizzo di combustibili tradizionali.

La rapida crescita economica registratasi nel 2003 nell'area asiatica (soprattutto in Cina e in altre aree del Sud-Est) ha dato un forte impulso alla domanda di prodotti petroliferi, il cui consumo è aumentato del 4% rispetto al 2002 (in Giappone del 2,1%). Le economie dell'area asiatica e del Pacifico coprono attualmente il 28,8% della domanda mondiale di petrolio e potrebbero superare i consumi del Nord America nell'arco del 2004.

La produzione mondiale di petrolio è cresciuta del 3,8% rispetto al 2002. L'incremento ha interessato principalmente i Paesi OPEC, che hanno aumentato la produzione di 91,2 Mt (+6,6%), e i Paesi dell'ex-Unione Sovietica (+10,2%); si è registrata una leggera riduzione per i Paesi non-OPEC (-0,2%). Lo scoppio della guerra in Iraq ha determinato una riduzione drastica dell'*output* iracheno (-33,8%), in parte compensato dall'aumento della produzione di Arabia Saudita, Kuwait, Iran ed Emirati Arabi. Crescente importanza nel soddisfare la domanda mondiale sta assumendo la produzione petrolifera di varie zone dell'Africa (+5,5% nel 2003), dove accanto ai tradizionali pro-

duttori come Algeria, Libia e Nigeria, se ne affiancano di nuovi come Angola, Repubblica del Congo, Guinea Equatoriale, Sudan e Ciad.

Il *carbone* ha soddisfatto una quota pari al 26,5% del fabbisogno energetico complessivo, rappresentando la seconda fonte di energia a livello mondiale. Mentre in Medio Oriente e in America centrale e meridionale la sua quota non arriva al 4% della domanda energetica regionale, il carbone copre quasi il 45% del fabbisogno energetico complessivo dell'Asia e più del 50% di alcuni Paesi come Cina e India. Nel 2003 il carbone rappresentava il 22,5% del consumo energetico degli Stati Uniti, il 14,9% di quello dell'Unione Europea e il 21,4% di quello dell'ex Unione Sovietica. I consumi di carbone sono incrementati rispetto all'anno precedente del 6,9%; la variazione più forte nei consumi si è verificata nell'area asiatica e del Pacifico (10,3%), dove in diversi casi (Nuova Zelanda, Hong Kong, Filippine, Cina e Pakistan) si registrano tassi di crescita superiori al 10%; è la Cina a detenere il primato assoluto come utilizzatore di questa fonte energetica col 31% del consumo globale.

L'incremento dei consumi è stato sostanzioso anche in Africa (5,7%), da attribuire quasi esclusivamente al Sud Africa, principale potenza economica e principale produttore di carbone del continente. La crescita della domanda è stata tale da produrre un incremento della quota del carbone sul totale del fabbisogno energetico mondiale. In una fase in cui petrolio e gas seguono traiettorie di prezzo ascendenti, ciò è dovuto al recupero di competitività dell'industria del carbone che, nell'ultimo decennio, è riuscita a mantenere bassi costi e prezzi, grazie a un continuo, seppur lento, miglioramento delle tecnologie di estrazione, allo sfruttamento delle miniere a cielo aperto, e al minor rischio in termini di sicurezza dell'approvvigionamento.

A fronte dell'incremento della domanda mondiale, la produzione è cresciuta per il terzo anno consecutivo (+5,9% rispetto al 2002), soprattutto per la forte crescita della produzione asiatica (+10,9%, di cui 15,1% è di origine cinese), e dell'ex Unione Sovietica (+6,2%).

Quasi il 24% della domanda energetica mondiale, nel 2003, è stata soddisfatta dal *gas naturale*, con un incremento del 2% rispetto all'anno precedente; si tratta di un tasso che, sebbene coerente con quelli storici per l'ultimo decennio, risulta più basso del tasso di crescita dei consumi energetici globali. Il rallentamento è dipeso dal raggiungimento dei limiti di capacità di offerta in Nord America e dall'innalzamento dei prezzi del gas, dovuto ad una domanda tendenzialmente elevata, che ha favorito la sostituzione di questa fonte con altre più competitive. Tale sostituzione è avvenuta per lo più a vantaggio del carbone. In tutte le altre aree geografiche il tasso di crescita della domanda di gas naturale è stato più rapido di quello della domanda di energia nel suo complesso: America latina ed Africa più dell'8%, Asia 5,6% ed Europa occidentale 4,6%.

La produzione a livello mondiale ha registrato un incremento complessivo del 3,4% rispetto al 2002, nonostante il già citato andamento negativo del Nord America. Negli Stati Uniti, la domanda eccedente la produzione interna o le importazioni via gasdotto da Canada e Messico viene soddisfatta attraverso le importazioni di gas naturale liquefatto (GNL) da Trinidad e Tobago. La produzione di gas naturale in Europa occidentale, è cresciuta di un modesto 0,9%, per l'incremento (+12%) nella produzione norvegese; in tutte le altre aree (Olanda, Regno Unito ed Italia) la produzione è in diminuzione dal 2001. In quest'area il divario tra domanda e produzione viene coperto ricorrendo alle importazioni di GNL da Algeria e Africa occidentale, e di gas naturale da Algeria e Russia, la cui produzione è cresciuta del 4,2% coprendo da sola ben il 22% del gas naturale prodotto nel mondo. Significativi incrementi percentuali di produzione sono stati registrati in America centrale e meridionale, e in Africa, dove è stato rilevato un interessante potenziale. Queste ultime due aree coprono assieme ancora meno del 10% della produzione mondiale al 2003.

Per quanto riguarda la *produzione elettrica* mondiale, nel 2003 essa ha seguito esattamente lo stesso *trend* della domanda di energia nel suo insieme, con un tasso di crescita del 2,9%, più basso rispetto a quello del PIL. Le fonti idroelettrica e elettronucleare hanno soddisfatto una quota del

la produzione  
elettrica  
mondiale ha lo  
stesso trend  
della domanda  
di energia nel  
suo insieme

	Mondo		OCSE		UE-15		Italia	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Offerta energia totale	10.230,7	5.345,7	5.390,8	1.489,4	1.513,1	172,7	180,7	
Biomassa	1.117,7	178,4	181,1	56,7	59,7	2,5	3,1	
Solare, eolico	8,8	7,6	8,2	3,8	4,4	0,2	0,2	
Geotermia	41,5	24,8	26,3	3,8	5,2	3,5	4,8	
Idroelettrico	223,7	105,8	104,7	24,1	24,0	3,4	3,2	
Totale Rinnovabili	1.391,6	316,6	320,3	88,493,4	9,6	11,3		
% Rinnovabili	13,60	5,92	5,94	5,94	6,17	5,54	6,24	

**Tabella 3**

Contributo delle fonti rinnovabili al fabbisogno energetico (Mtep). Anni 2002-2003

Fonte: International Energy Agency

fabbisogno mondiale di energia primaria pari al 6,1% ciascuna. La maggior parte della produzione elettronucleare mondiale proviene dai Paesi appartenenti all'OCSE. Nel corso dell'anno si è registrata una sua diminuzione del 2%, soprattutto dovuta alla riduzione della produzione in Giappone (-26,7%) per la necessità di sottoporre a controlli e manutenzione alcune centrali negli ultimi mesi dell'anno, e negli Stati Uniti (-2,1%). Tali riduzioni sono state solo in parte compensate dall'adozione di programmi nucleari in Argentina e Sud Africa. La produzione idroelettrica mondiale è dovuta principalmente ai Paesi OCSE, ed è il Nord America, grazie al Canada (1° produttore mondiale) e agli Stati Uniti (3° produttore mondiale) a coprire da solo il 22,5% della produzione complessiva; mentre la quota di produzione dell'Unione Europea è del 11,6% e dell'8,6% quella dei Paesi appartenenti all'ex URSS. Tuttavia nel corso dell'anno l'incremento della produzione è stato solo dello 0,4% a livello mondiale a causa dello scarso afflusso idrico nei bacini.

Tra le fonti energetiche ampiamente utilizzate a livello mondiale, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo devono essere menzionate le biomasse e i rifiuti. Queste fonti alternative iniziano sempre più spesso a figurare nelle statistiche ufficiali e nei bilanci energetici dei Paesi sviluppati dell'OCSE. Le stime dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA) per il 2002 (ultimo anno per cui il dato è disponibile) indicano valori globali di circa 1.391,6 Mtep che rappresentano circa il 10,7% del consumo mondiale di energia; poiché tale percentuale è variata di poco negli ultimi anni è verosimile supporre, per il 2003, lo stesso ordine di grandezza (tabella 3).

L'intensità energetica, ovvero l'energia necessaria all'unità di prodotto lordo (misurato in dollari a prezzi costanti del 1995), è lievemente diminuita a livello mondiale rispetto al 2002, frutto di un diverso andamento a seconda delle aree economiche considerate (tabella 4).

	1995	2000	2001	2002	2003
Nord America	96,7	85,9	83,8	83,1	81,1
America centrale e meridionale	97,7	101,9	101,5	102,8	103,9
Europa occidentale*	91,4	84,4	84,1	82,5	83,2
Ex URSS, economie in transizione**, Turchia	11,5	97,7	94,7	90,9	88,7
Medio Oriente	102,4	103,0	104,2	105,6	103,4
Africa	101,7	94,9	93,0	92,7	93,6
Asia e Pacifico	95,5	79,0	79,4	83,1	84,0
Mondo	92,9	82,0	81,1	81,5	81,2

**Tabella 4**

Intensità energetica per area geografica. Numeri indice 1990=100

\* Include i 10 nuovi entrati nella UE;

\*\* Bulgaria, Romania

Fonte: elaborazioni ENEA su dati BP

L'intensità energetica risulta in diminuzione nel Nord America, nell'ex Unione Sovietica ed in Medio Oriente, mentre aumenta in Europa occidentale, in Asia, in America centrale e meridionale ed in Africa. In particolare, in Asia l'intensità cresce sia per l'incremento di attività economiche *energy-intensive* che per l'aumento dei consumi del settore trasporti; in Europa occidentale l'andamento dell'intensità energetica dipende dalla crescita dei consumi nel residenziale e terziario e dalla modesta crescita dell'economia.

## Ambiente

L'accordo di Marrakech del novembre 2001, considerando in modo "realistico" il ruolo del Protocollo di Kyoto ed assumendo il principio di integrare le ragioni e le prospettive della crescita economica con quelle della riduzione delle emissioni di anidride carbonica, ha di fatto recepito molte delle osservazioni già formulate dagli USA ed ha, nello stesso tempo, definito procedure e modalità per favorire la ratifica da parte del Giappone, Canada e Russia. Esso ha pertanto contribuito alla ratifica del Protocollo da parte di Canada e Giappone. L'Australia, una delle nazioni considerate importanti per il raggiungimento del livello di riduzione complessivo previsto dal Protocollo, ha invece deciso di non ratificare, preferendo una "via nazionale" alla riduzione delle emissioni senza essere assoggettata a vincoli legali internazionali.

Gli USA hanno confermato la loro posizione di non ratifica del Protocollo, considerato troppo vincolante e troppo oneroso per l'economia USA, ed hanno avviato nel corso del 2003 iniziative diverse, se non proprio alternative al Protocollo, finalizzate alla realizzazione di programmi globali su base volontaria: essenzialmente si tratta di *partnership* per lo sviluppo di una nuova economia energetica basata sull'idrogeno e per il confinamento geologico del carbonio (*carbon sequestration*), prodotto dall'uso dei combustibili fossili.

La Russia, a conclusione di una valutazione scientifica ed economica sul "valore" ambientale del Protocollo e sugli effetti economici della sua attuazione a livello nazionale, ha dato il via libera alla ratifica del trattato.

La decisione della Russia è cruciale per l'entrata in vigore del Protocollo. Infatti affinché il Protocollo di Kyoto potesse entrare in vigore, era necessario che lo stesso fosse ratificato da 55 Paesi, responsabili almeno del 55% delle emissioni di CO<sub>2</sub> dei Paesi industrializzati (riferite all'anno 1990). Prima dell'adesione russa il Protocollo era stato ratificato da 104 Paesi, responsabili del 43,9% delle emissioni totali di CO<sub>2</sub>. Dopo il ritiro degli USA dal Protocollo di Kyoto, la Federazione Russa, le cui emissioni di gas ad effetto serra sono pari al 17,4% del totale, riveste un ruolo chiave per rendere il trattato legalmente vincolante.

In tale quadro, l'Unione Europea ha confermato il proprio impegno per la riduzione delle emissioni, nonostante la posizione USA.

Tuttavia, a seguito dell'accordo di Marrakech, le possibili opzioni di riduzione delle emissioni risultano molto più aperte, rispetto a quelle attuabili alla luce del criterio "unilaterale" adottato dalla decisione del 17 giugno 1998.

In particolare, le conclusioni della COP9, svoltasi in Italia nel dicembre 2003, in merito alla utilizzazione dei crediti di carbonio generati attraverso progetti di afforestazione realizzati nei Paesi in via di sviluppo (progetti Clean Development Mechanism forestali), consentono un'ampia flessibilità nelle scelte nazionali e favoriscono una significativa riduzione dei costi a parità di quantità di emissioni ridotte.

Inoltre, l'avvio del sistema comunitario di scambi delle quote di emissione di CO<sub>2</sub>, istituito attraverso la direttiva 2003/87/CE (direttiva "Emissions Trading") approvata nell'ottobre 2003 e attraverso la cosiddetta direttiva "Linking", potrebbe introdurre ulteriori elementi di flessibilità.

La direttiva 2003/87/CE istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a

**L'Unione  
Europea ha  
confermato il  
proprio  
impegno per  
la riduzione  
delle emissioni**

effetto serra nell'Unione Europea, al fine di promuovere la riduzione di dette emissioni secondo criteri di efficacia dei costi ed efficienza economica.

Il sistema può essere sintetizzato nei seguenti elementi.

- Il campo d'applicazione della direttiva è esteso alle attività ed i gas elencati nell'allegato I della direttiva; si tratta, in particolare, delle emissioni di anidride carbonica provenienti da attività di combustione energetica, produzione e trasformazione dei metalli ferrosi, lavorazione prodotti minerali, produzione di pasta per carta, carta e cartoni.
- La direttiva prevede un duplice obbligo per gli impianti da essa regolati:
  - ♦ la necessità per operare di possedere un permesso all'emissione in atmosfera di gas serra;
  - ♦ l'obbligo di rendere alla fine dell'anno un numero di quote (o diritti) d'emissione pari alle emissioni di gas serra rilasciate durante l'anno.
- Il permesso all'emissione di gas serra viene rilasciato dalle autorità competenti previa verifica da parte delle stesse della capacità dell'operatore dell'impianto di monitorare nel tempo le proprie emissioni di gas serra.
- Le quote d'emissioni vengono rilasciate dalle autorità competenti all'operatore di ciascun impianto regolato dalla direttiva sulla base di un piano di assegnazione nazionale; ogni quota dà diritto al rilascio di una tonnellata di biossido di carbonio equivalente.
- Il piano di assegnazione nazionale viene redatto in conformità ai criteri previsti dall'allegato III della direttiva stessa; questi ultimi includono coerenza con gli obiettivi di riduzione nazionale, con le previsioni di crescita delle emissioni, con il potenziale di abbattimento e con i principi di tutela della concorrenza; il piano di assegnazione prevede l'assegnazione di quote a livello d'impianto per periodi di tempo predeterminati.
- Una volta rilasciate, le quote possono essere vendute o acquistate; tali transazioni possono vedere la partecipazione sia degli operatori degli impianti coperti dalla direttiva, sia di soggetti terzi (intermediari, organizzazioni non governative, singoli cittadini); il trasferimento di quote viene registrato nell'ambito di un registro nazionale.
- La resa delle quote d'emissione è effettuata annualmente dagli operatori degli impianti in numero pari alle emissioni reali degli impianti stessi.
- Le emissioni reali utilizzate nell'ambito della resa delle quote da parte degli operatori sono il risultato del monitoraggio effettuato dall'operatore stesso e certificato da un soggetto terzo accreditato dalle autorità competenti.
- La mancata resa di una quota d'emissione prevede una sanzione pecuniaria di 40 euro nel periodo 2005-2007 e di 100 euro nei periodi successivi; le emissioni oggetto di sanzione non sono esonerate dall'obbligo di resa di quote.

La direttiva "Linking", approvata dal Consiglio e dal Parlamento Europeo pochi mesi dopo l'approvazione della direttiva "Emissions Trading", regola l'utilizzo dei "crediti di emissione" derivanti da progetti Joint Implementation (JI) e Clean Development Mechanism (CDM) nel mercato europeo delle quote di emissioni di gas serra.

Grazie alla direttiva "Linking" gli operatori degli impianti che ricadono nel campo di azione della direttiva potranno valutare la convenienza di acquisire crediti di emissione attraverso la cooperazione tecnologica internazionale, piuttosto che attraverso interventi sugli impianti eserciti nel mercato interno europeo al fine della restituzione delle quote ad essi assegnate. In questa prospettiva, Joint Implementation e Clean Development Mechanism possono rappresentare una straordinaria "driving force" per il trasferimento di tecnologie "pulite" nei mercati emergenti e per lo sviluppo della cooperazione economica con i nuovi protagonisti dell'economia mondiale.

In definitiva, l'applicazione delle due direttive può rappresentare una svolta dalla tradizio-

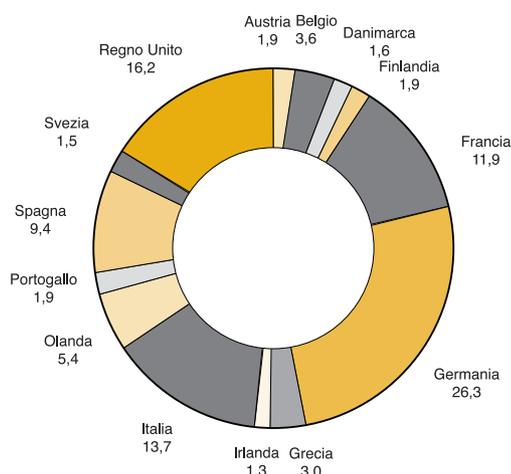
*un approccio orientato verso l'utilizzazione di meccanismi di mercato per l'incentivazione delle migliori tecnologie*

**Figura 3**

Contributo di ogni Paese al totale delle emissioni energetiche di CO<sub>2</sub> in Europa. Anno 2002 (%)

N.B.: per ragioni grafiche non è stata inserita la quota dello 0,2% relativa al Lussemburgo

Fonte: elaborazione ENEA su dati Agenzia Europea dell'Ambiente, 2004



nale e consolidata cultura europea di "command and control" ad un approccio orientato verso l'utilizzazione di meccanismi di mercato per l'incentivazione delle migliori tecnologie.

Nell'ambito del Protocollo di Kyoto, l'Unione Europea si è assunta l'impegno di ridurre entro il 2010 le proprie emissioni di gas serra per una quota pari all'8% rispetto alle emissioni del 1990. L'attenzione dei governi è rivolta principalmente alle emissioni di CO<sub>2</sub> (figura 3), che costituiscono, nell'ambito dei Paesi dell'Annesso 1, più dell'80% delle emissioni di tutti i gas serra.

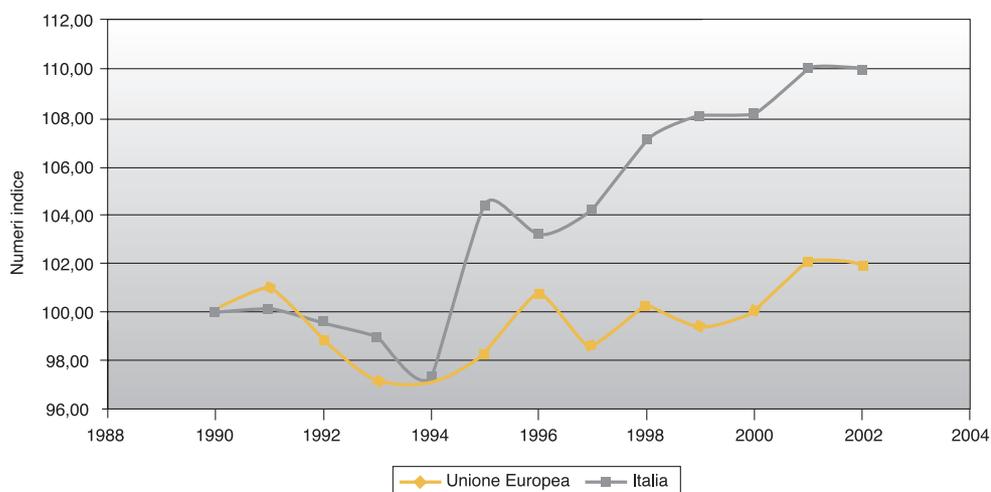
L'incremento delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> del sistema energetico dell'Unione Europea registrato nel 2002 è stato leggermente inferiore al 2% rispetto al 1990, mentre l'incremento complessivo di emissioni per l'Italia è stato di un valore superiore di circa il 9%, come mostrato dalla figura 4.

Tale risultato contenuto per l'Unione Europea è stato ottenuto soprattutto grazie alla Germania che ha fatto registrare, assieme a Regno Unito e Svezia, una riduzione delle emissioni rispetto all'anno base.

**Figura 4**

Emissioni di CO<sub>2</sub> dal sistema energetico in Italia ed in Europa (numeri indice 1990=100). Anni 1990-2002

Fonte: elaborazione ENEA su dati Agenzia Europea dell'Ambiente, 2003



	Prodotto interno lordo	Importazione e servizi fob	Consumi finali nazionali	Investimenti fissi lordi	Variiaz. scorte	Esportazioni di beni e servizi fob
2001	1,7	0,7	1,4	1,6	-373,7	2,2
2002	0,4	-0,9	0,5	0,5	-392,7	-3,2
2003	0,4	-0,9	1,3	-2,1	174,1	-3,9

\* Dati originali destagionalizzati e corretti per il diverso numero di giornate lavorative. Valori a prezzi costanti

**Tabella 5**

Conto delle risorse e degli impieghi. Variazione annua (%)\* anni 2001-2003

Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT

## Italia

### Economia

In Italia nel 2003 si è protratta la fase di rallentamento dell'economia iniziata nel secondo trimestre del 2001 (tabella 5). Il PIL è aumentato dello 0,4% (0,4% anche nel 2002) grazie soprattutto al contributo della domanda finale interna. La ripresa dei consumi (1,3% nel 2003, da 0,5% nel 2002) si è affievolita nel corso dell'anno a causa del peggioramento del clima di fiducia dei consumatori legato al diffuso timore di un graduale impoverimento del reddito disponibile delle famiglie sul quale hanno influito le vicende di alcuni grandi gruppi industriali e le aspettative sulla riforma del sistema previdenziale.

Gli investimenti fissi sono diminuiti nel corso dell'anno del 2,1% in termini reali, nonostante le favorevoli condizioni di finanziamento: ciò è avvenuto per l'esistenza di elevati margini di capacità produttiva inutilizzata (nel 2003 il grado di utilizzo degli impianti è ulteriormente sceso portandosi al livello minimo dal 1997) che hanno aggravato l'incertezza degli imprenditori circa le prospettive dell'economia. Unica eccezione è la crescita degli investimenti in costruzioni (+1,8%) grazie all'edilizia residenziale sospinta dal basso costo dei mutui e dall'ascesa delle quotazioni immobiliari. Inoltre, la componente estera della domanda ha complessivamente frenato l'espansione del PIL per una frazione pari allo 0,9% in seguito ad una lieve diminuzione delle importazioni accompagnata da una forte contrazione delle esportazioni (-3,9%). La riduzione delle esportazioni ha interessato soprattutto i settori di tradizionale specializzazione a maggior intensità di lavoro del nostro Paese, quali l'abbigliamento e l'arredamento, particolarmente esposti alla concorrenza di Paesi con più basso costo del lavoro. Nel 2003, l'inflazione in Italia si è collocata al 2,8% (dal 2,6% nel 2002). Sull'aumento dell'inflazione ha inciso la crescita dei prezzi delle voci regolamentate, connesse soprattutto con il rialzo delle imposte indirette e con il rincaro delle tariffe energetiche. Il differenziale di inflazione nei confronti della media dei Paesi dell'area dell'euro si è ampliato dallo 0,3% del 2002 allo 0,7% del 2003.

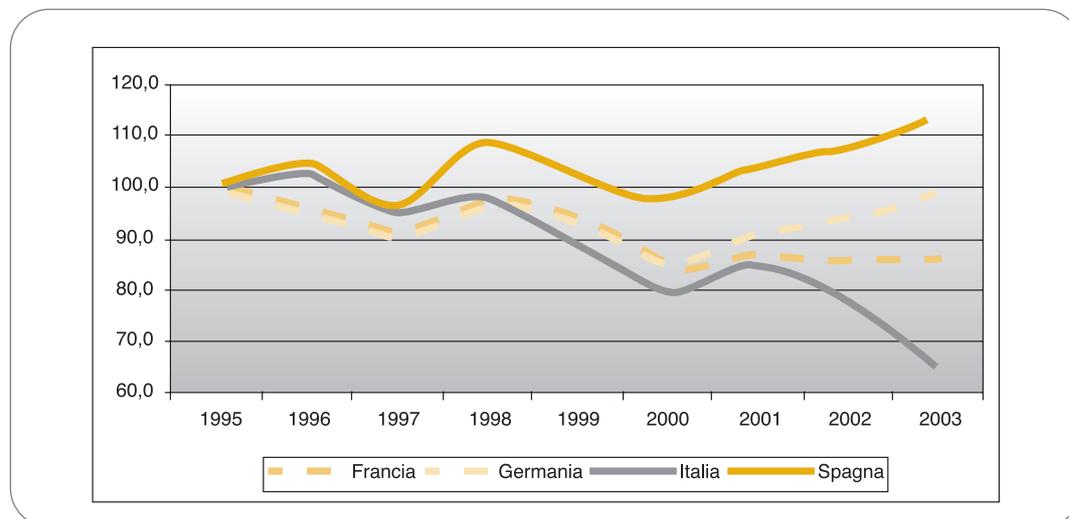
La crescita dell'occupazione ha fatto registrare un rallentamento all'1% dall'1,5% dell'anno precedente che ha comunque riguardato gli occupati a termine; anche il costo del lavoro per unità di lavoro (che comprende gli oneri sociali a carico dei datori di lavoro) è aumentato nel 2003 del 3,8%, per i numerosi contratti siglati nella seconda parte dell'anno che tendono a fissare aumenti retributivi in linea con i tassi di inflazione attesa più che con quelli ufficialmente programmati, oltre a prevedere il sostanziale recupero dello scarto tra inflazione effettiva e programmata. Tutto ciò ha contribuito all'accelerazione del costo del lavoro per unità di prodotto (CLUP). L'aumento del CLUP è stato per 4,2% superiore a quello dei principali partner europei e di un punto percentuale più elevato rispetto all'anno precedente.

Su tale dato ha influito principalmente il calo della produttività che, nel corso dell'anno, ha coinvolto sia il settore dei servizi che dell'industria. Infatti, nel 2003, la perdita di quote di mercato dei prodotti italiani è proseguita riducendosi al 3% dal 4,5% nel 1995, mentre negli altri tre maggiori

**Figura 5**

Quote delle esportazioni dei principali Paesi dell'area euro sul totale del commercio mondiale (esportazioni di beni e servizi a prezzi costanti; indici 1995=100)

Fonte: elaborazione ENEA su dati WTO, Banca d'Italia



Paesi dell'area dell'euro l'andamento delle esportazioni di beni è stato più favorevole (figura 5): le esportazioni della Germania e della Spagna sono cresciute, quelle della Francia sono lievemente calate. Tuttavia, le quote dei tre Paesi sul mercato mondiale fanno registrare uno scarto rispetto al 1995 minore di quello dell'Italia.

La differente competitività dei prodotti è imputabile al diverso andamento della produttività nei Paesi analizzati. La perdita di competitività, in Italia, è alimentata da diversi elementi strutturali.

A partire dagli anni 90, vi è stato l'avvio di una fase di sviluppo tecnologico senza precedenti che ha interessato i maggiori Paesi industriali dando vita ad una crescente diversificazione della loro collocazione competitiva e, in particolare, ad una crescente specializzazione dei singoli Paesi in specifici settori high tech. La capacità di ciascun Paese di competere nelle produzioni ad alto contenuto tecnologico appare inoltre sempre più importante nel determinare l'entità di una componente di "vincolo estero" dovuta al progressivo aumento in tutto il mondo industrializzato delle importazioni di beni ad elevato contenuto tecnologico.

Nel confronto internazionale il recupero delle posizioni competitive dell'Europa dei 15 nell'area delle produzioni *high-tech* ha consentito una qualche riduzione del "gap" tecnologico rispetto a Stati Uniti e Giappone. A tale recupero i Paesi dell'Unione hanno contribuito in misura varia e specifica su base nazionale, con importanti differenze che consentono di distinguere il contributo sostanziale delle maggiori economie del Vecchio Continente (Francia, Germania e Regno Unito) dal vero e proprio "decollo tecnologico" di una serie di "piccole" economie del Nord Europa (Irlanda, Svezia, Finlandia e Danimarca) che hanno ormai assunto posizioni di *leadership* a livello mondiale.

Totalmente assente da questo contesto è l'Italia, che si colloca in un'area costituita dai Paesi mediterranei del tutto marginali (figura 6). I motivi della debole competitività tecnologica dell'Italia vanno ricercati sia nella situazione di ritardo accumulato nei sistemi produttivi orientati ai settori a medio bassa intensità tecnologica, sia al tessuto industriale estremamente frammentato in piccole e medie imprese, sia nelle insufficienti risorse destinate alla spesa in R&S nel settore pubblico e privato. In particolare, le imprese giapponesi e statunitensi investono in ricerca più del 2% del PIL; una quota quattro volte superiore a quella italiana, mentre valori di poco inferiori caratterizzano le spese di Germania, Francia e Regno Unito. L'Italia ha mantenuto la sua despecializzazione tecnologica, misurata dal rapporto R&S/valore aggiunto; resta elevata la distanza degli altri Paesi nella farmaceutica, nella meccanica come anche nello stesso settore tessile, dove la specializzazione produttiva nel 2000 appare più concentrata e più preoccupante risulta il ritardo tecnologico.

Gli esiti di un così forte indebolimento della base tecnologica italiana possono essere riscontrati anche nell'andamento della quota di brevetti *high-tech* sul totale mondiale, pari nel triennio 1999-2001 a 1,65% con una perdita superiore al 23% rispetto all'inizio del decennio e a fronte di una

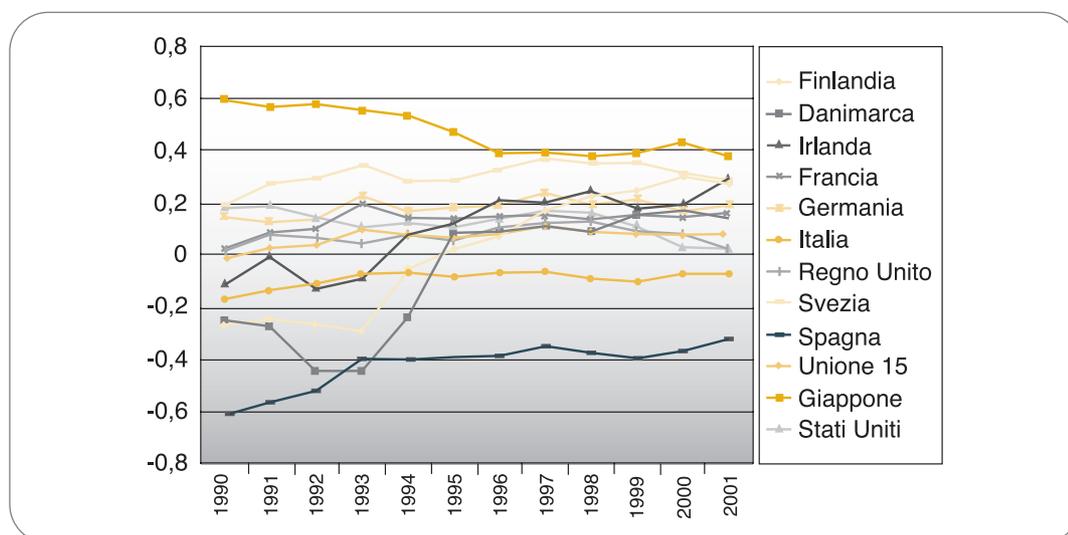


Figura 6

Saldo commerciale normalizzato nei prodotti high-tech

Fonte: Osservatorio ENEA sull'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale

crescita dell'Unione del 5%. La bassa propensione innovativa delle imprese italiane si accompagna altresì ad una spesa per investimenti nel lungo periodo superiore alla media dell'Unione Europea e mirata essenzialmente alla sostituzione del fattore lavoro. Pur in presenza di tale sforzo, la dinamica della produttività rimane stagnante, il grado di utilizzazione degli impianti risulta inferiore a quello degli altri *partner* europei, la spesa per investimenti incide in proporzione crescente sulla bilancia dei pagamenti. In tale contesto si aprono spazi per un intervento del settore pubblico volto ad agevolare un'allocazione più efficiente del risparmio nazionale e a svolgere un'attività di indirizzo e impulso all'innovazione.

Le previsioni formulate dall'OCSE, per il 2004, prevedono per l'Italia una crescita del PIL dello 0,9% per salire all'1,9% nel 2005, andamento questo confermato dai dati del primo semestre, mentre la media della zona euro dovrebbe attestarsi all'1,6% quest'anno, per poi crescere nel 2005 al 2,4%. La crescita in Italia, secondo l'OCSE, è frenata dalle attuali incertezze relative alla *corporate governance*; tali incertezze potrebbero, assieme alla diminuzione del risparmio pubblico e le prospettive di aumento del debito pubblico, indurre da un lato ad una maggiore precauzione nei risparmi privati, e dall'altro ad una stretta del credito frenando così gli investimenti.

## Domanda di energia

La stagnazione dell'economia italiana e le condizioni climatiche prevalenti (soprattutto una estate lunga e particolarmente calda) hanno determinato nel corso del 2003, l'innalzamento della domanda complessiva di energia primaria pari al 2,9% e un peggioramento dell'intensità energetica (tabella 6) rispetto all'anno precedente.

Dall'analisi del fabbisogno di energia primaria per fonti, si riscontra una riduzione dei consumi di petrolio e prodotti petroliferi pari all'1,4% ed in parallelo il consolidarsi della tendenza all'aumento dei combustibili fossili, soprattutto del carbone e del gas naturale, il cui fabbisogno cresce rispettivamente dell'8% e del 9,4%, quali fonti sostitutive nella generazione elettrica (tabella 7).

Tra gli impieghi finali di energia, particolarmente importante risulta essere l'incremento per certi versi anomalo dei consumi del settore civile, passato dai 40,5 Mtep del 2002 ai 43,6 Mtep nel 2003 (+8,4%), che comprende sia il settore residenziale sia quello dei servizi, attualmente in continua espansione (tabella 7). La ragione di questa crescita è determinata sia nei fattori climatici (inverno freddo, estate molto calda) e alle conseguenti maggiori necessità di condizionamento degli ambienti, sia a fattori legati al reddito che continuano a favorire la crescita dei consumi (maggiore penetrazione di elettrodomestici e soprattutto di dispositivi elettronici, crescita della superficie abitativa pro-capite) e infine a fattori sociali. L'incremento dei consumi ha riguardato in particola-

**Tabella 6**

Fabbisogno di energia primaria in Italia nel 2001-2003 (Mtep)

Fonte: MAP-Bilancio Energetico Nazionale 2003

	2001	2002	2003	2003/2002(%)
Combustibili solidi	13,7	14,2	15,3	8,0
Gas naturale	58,5	58,1	63,1	9,4
Importazioni di energia elettrica (A)	10,7	11,1	11,2	0,6
Petrolio	88,4	91,4	90,2	-1,4
Combustibili a basso costo (orimulsion)	1,7	1,7		
Fonti rinnovabili (A)	13,8	12,6	12,6	-0,3
Totale	186,8	187,6	192,9	2,9
PIL (miliardi di euro in lire 1995)	1.033,0	1.036,7	1.039,4	2,6
Intensità energetica (tep/M€)	180,8	180,9	185,6	2,6

(A) I kWh sono stati trasformati in tep in base alle calorie necessarie per produrre 1 kWh termoelettrico

re quelli di gas naturale (+10,4% rispetto al 2002) e di prodotti petroliferi (+7,2%) e quelli di energia elettrica (+5%); in crescita sono risultati anche i combustibili solidi e le rinnovabili. Il consumo del settore dei trasporti, invece, è stato più contenuto, passando dai 42,5 Mtep del 2002 ai 43,8 Mtep del 2003 (+2,3%), a causa dell'approssimarsi di situazioni di saturazione soprattutto nel trasporto su strada. In questo settore i consumi di prodotti petroliferi mostrano una crescita del 2,1% grazie alla crescita del gasolio quale sostituto della benzina. Infine, i consumi del settore industriale hanno avuto un incremento molto modesto: appena l'1,4%.

La figura 7 mostra l'andamento degli indici sintetici di efficienza energetica per macrosettori economici, costruiti utilizzando la base-dati ODYSSEE e considerando come anno base il 1990. Un valore dell'indice inferiore a 100 per l'anno 2000 rappresenta un miglioramento dell'efficienza energetica nel settore considerato.

Nel periodo 1990-2002, l'indicatore di efficienza energetica nei consumi finali, nel residenziale e nei trasporti ha oscillato intorno al valore dell'anno base o tutt'al più leggermente migliorato. Nel settore terziario dopo un periodo di peggioramento (dal 1992 al 1999) l'indicatore ha cominciato a migliorare rapidamente negli ultimi tre anni.

Nel settore dei trasporti si è avuto un piccolo miglioramento pari al 2,2% nell'arco di tempo considerato. Infine, il settore industriale è l'unico nel quale c'è stato un sia pur lieve peggioramento:

**Tabella 7**

Bilancio energetico nazionale di sintesi 2003 (Mtep)

Fonte: MAP-Bilancio Energetico Nazionale 2003

	Combustibili solidi	Gas naturale	Prodotti petroliferi	Rinno- vabili	Energia elettrica	Totale
Produzione	0,6	11,3	5,5	12,1		29,5
Importazione	14,5	51,2	107,4	0,5	11,3	184,9
Esportazione	0,1		22,1	0,0	0,1	22,3
Variazione scorte	-0,3	-1,1	0,6	0,0		-0,8
Disponibilità per il consumo interno	15,3	63,6	90,2	12,6	11,2	192,9
Consumi e perdite del settore energetico	-1,0	-0,5	-6,1	0,0	-44,5	-52,1
Trasformazione in energia elettrica	-10,3	-21,8	-15,4	-10,8	58,3	0,0
Impieghi finali	4,0	41,3	68,7	1,8	25,0	140,8
Industria	3,8	16,8	6,8	0,3	11,9	39,6
Trasporti		0,4	42,4	0,2	0,8	43,8
Usi civili	0,1	23,1	7,4	1,1	11,9	43,6
Agricoltura		0,1	2,6	0,2	0,4	3,3
Usi non energetici	0,1	0,9	6,2			7,2
Bunkeraggi			3,3			3,3

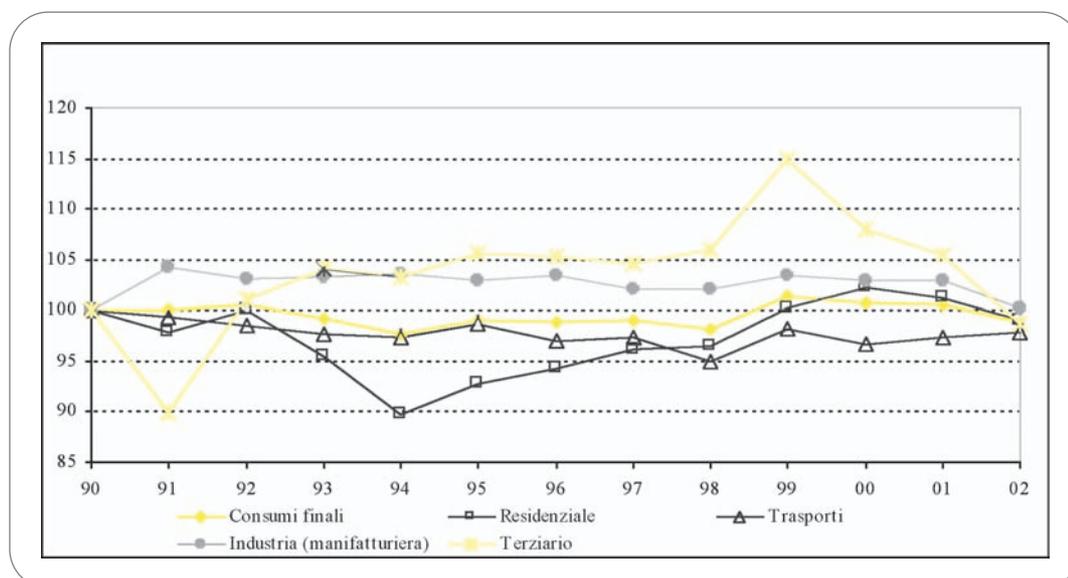


Figura 7

Indici ODEX di efficienza energetica in Italia. Anni 1990-2002 (1990=100)

Fonte: dati ODYSSEE

l'indicatore è rimasto al di sopra del valore iniziale per tutto il periodo considerato.

## Offerta di energia

Nel 2003, la produzione nazionale di fonti energetiche ha subito una leggera contrazione (-1%) rispetto all'anno precedente.

Una riduzione significativa della produzione ha riguardato il gas naturale (-6,3% rispetto al 2002) mentre più leggera è stata la riduzione che ha coinvolto la produzione di petrolio greggio, dovuto al progressivo esaurirsi dei giacimenti di idrocarburi attualmente in uso. La continuazione del *trend* negativo della produzione nazionale di gas naturale e petrolio ha determinato un aggravamento del livello di dipendenza energetica passato dall'84,1% del 2002 all'84,6 del 2003 (tabella 8).

L'aumento della dipendenza energetica nel 2003 si è tradotto in un aumento della fattura energetica dell'Italia verso l'estero che, pur beneficiando dell'apprezzamento dell'euro nei confronti del dollaro, ha risentito dell'incremento dei volumi importati, in particolare di quelli di gas naturale.

La fattura energetica complessiva (tabella 9) è, pertanto, peggiorata per circa 104 milioni di euro rispetto all'anno precedente, ma nel contempo la fattura petrolifera ha evidenziato una lieve contrazione, dovuta alla svalutazione del dollaro, che ha neutralizzato gli effetti del rialzo delle quotazioni di greggio; la spesa per il gas naturale è aumentata di circa il 9%, passando da 7.921 del 2002 a 8.646 milioni di euro del 2003.

Per il 2003, la produzione nazionale ha fatto registrare 5.540 milioni di tonnellate di greggio (pari a circa 110 mila b/g) e 13.996 miliardi Smc di gas naturale, rispettivamente un aumento dell'1% per il petrolio e una diminuzione del 6% per il gas naturale rispetto all'anno precedente.

Il modesto incremento della produzione di petrolio è imputabile alla progressiva entrata a regime della produzione dei giacimenti della Val d'Agri, mentre si è ancora in attesa di avviare le attività di sviluppo delle riserve rinvenute in Basilicata nella Valle del Sauro e Val Calastra (giacimento di Tempa Rossa), dalle quali si attende un ulteriore e significativo contributo alla produzione nazionale. Attualmente, l'82% della produzione di greggio è insediato in terraferma, mentre la restan-

	Combustibili solidi	Gas naturale	Petrolio	Totale
<b>2000</b>	97,8	77,6	95,1	83,7
<b>2001</b>	96,5	78,2	95,4	83,6
<b>2002</b>	96,0	80,2	94,0	84,1
<b>2003</b>	96,0	81,9	93,9	84,6

Tabella 8

Italia: dipendenza energetica per fonte. Anni 2000-2003 (%)

Fonte: elaborazioni ENEA su dati MAP

**Tabella 9**

Italia: la stima della "fattura energetica". Anni 1995-2003 (milioni di euro)

Fonte: Unione Petrolifera

	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Combustibili solidi	990	783	753	996	1.223	1.142	1.129
Gas naturale	2.661	3.424	3.642	7.834	8.782	7.921	8.646
Petrolio	9.023	7.312	9.653	18.651	15.985	15.511	15.003
Altre	1.563	1.459	1.418	1.524	1.751	1.867	1.767
<b>Totale</b>	<b>14.237</b>	<b>12.978</b>	<b>15.466</b>	<b>29.005</b>	<b>27.741</b>	<b>26.441</b>	<b>26.545</b>

te produzione proviene dalle zone marine. Le importazioni di greggio sono aumentate del 4,1% rispetto al 2002; a tale aumento corrisponde però una sensibile flessione nel volume di importazioni di semilavorati, pari a 7,4 milioni di tonnellate (-6,6%), di prodotti finiti (-2,2%) e di emulsioni di greggio pesante o orimulsion (-18,1%).

L'approvvigionamento di prodotti petroliferi è avvenuto per il 70% dal Medio Oriente e dal Nord Africa e per il restante 30% dalla Federazione Russa e dagli altri Paesi europei.

Per il gas naturale, il 2003 ha confermato il declino della produzione nazionale iniziato dal 1994. Il maggior contributo alla produzione nazionale proviene dal Mare Adriatico, che detiene anche il 46% delle riserve nazionali. Poiché negli ultimi anni il gas naturale è divenuto la fonte di energia più utilizzata per produrre energia elettrica (dal 16% nel 1992 si è passati al 40,6% nel 2003), il ricorso alle importazioni è in aumento, coprendo nel 2003 ben l'80% del fabbisogno. I flussi di importazione provengono dalla Russia (35,9%), dall'Algeria (34,5%), oltre che da apporti limitati da altre produzioni europee a cui si aggiunge un 5,6% di gas naturale proveniente dall'Africa come GNL. Data la crescente importanza che assume il gas naturale, numerosi risultano essere i progetti per la realizzazione di nuovi gasdotti come il Galsi che collegherà l'Algeria alla Francia passando dalla Sardegna, o quello tra Grecia e Italia, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del regolamento del Trans European Network (TEN), e di ampliamento di gasdotti già esistenti. Sebbene dal 1° gennaio 2003, vi è stata la piena apertura del mercato del gas naturale, di fatto non si sono registrati trasferimenti significativi di utenze civili da un fornitore ad un altro, per l'assenza di effettiva competizione tra le imprese locali.

L'unica risorsa carbonifera italiana è concentrata nel bacino del Sulcis Iglesiente, localizzato nella Sardegna sud-occidentale, le cui attività estrattive, sospese nel 1972, sono riprese nel 1997 nel quadro del Piano di disinquinamento del territorio stesso. Le importazioni totali di combustibili solidi fossili sono aumentate dell'11% circa, passando dai 19,8 milioni di tonnellate del 2002 ai 22,1 milioni di tonnellate del 2003: il contributo maggiore è derivato dal carbone da vapore (+13%) e da altre tipologie di carboni (+32%), mentre il carbone da coke ha fatto registrare un calo del 9%; minima è stata l'attività di esportazione di combustibili solidi, indirizzate verso i Paesi UE ed il resto verso Paesi terzi, da ascrivere per oltre l'86% al flusso di coke metallurgico.

Nel 2003, la richiesta di energia elettrica sulla rete è stata di 320.659 GWh, il 3,2% in più dell'anno precedente (tabella 10). La richiesta suddetta è stata soddisfatta per l'84,1% con produzione nazionale, che è cresciuta del 3,3% rispetto al 2002, e per il 15,9% dal saldo fra import ed export con l'estero, di poco superiore (+0,7%) al valore del 2002.

La produzione lorda nazionale proviene per il 15,1% da fonti idrica, l'82,6% da quella termica e il 2,3% da geotermica e rinnovabili (escluse le biomasse). La provenienza da fonte termica è aumentata (+5,1%) per fare fronte alla maggiore richiesta sulla rete ed al contemporaneo minore contributo di quella idrica (-6,3%). L'energia da fonte geotermica e rinnovabile ha subito un buon incremento (+11,4%), ma rimane quasi invariato (+0,2%) il contributo al fabbisogno totale.

Il contributo delle fonti energetiche rinnovabili (FER) al bilancio energetico nazionale è cresciuto, dal 1995 al 2003, del 23% circa (in media +2,9% ogni anno), e allo stesso tempo l'energia prodotta dalle FER non tradizionali è quasi triplicata passando da poco più del 10% a oltre il 25% del totale delle rinnovabili (tabella 11).

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili ammonta nel 2003 a circa 48 TWh, pari al

	2002	2003	Variazione 2002/03 (%)
Produzione idroelettrica lorda	47.262	44.277	-6,3
Produzione termoelettrica lorda	231.069	242.784	5,1
Produzione geotermoelettrica	4.662	5.341	14,5
Produzione eolica e fotovoltaica lorda	1.408	1.463	3,9
<b>Totale produzione lorda</b>	<b>284.401</b>	<b>293.865</b>	<b>3,3</b>
Consumi servizi ausiliari	13.619	13.682	0,5
<b>Totale produzione netta</b>	<b>270.783</b>	<b>280.183</b>	<b>3,5</b>
Energia destinata ai pompaggi	10.654	10.492	-1,5
<b>Produzione netta destinata al consumo</b>	<b>260.129</b>	<b>269.691</b>	<b>3,7</b>
Importazioni	51.519	51.486	-0,1
Esportazione	922	518	-43,8
<b>Richiesta totale Italia</b>	<b>310.726</b>	<b>320.659</b>	<b>3,2</b>
Perdite	19.766	20.870	4,5
<b>Totale consumi</b>	<b>290.960</b>	<b>299.789</b>	<b>2,8</b>

**Tabella 10**

Bilancio dell'energia elettrica in Italia. Anni 2002-2003 (GWh)

Fonte: GRTN (dati provvisori 2003)

14% del consumo interno lordo<sup>1</sup> di energia elettrica e a più del 16% della produzione lorda interna (293,9 TWh).

Rispetto all'anno precedente, si assiste ad una contrazione della produzione di elettricità da FER imputabile esclusivamente al ridotto contributo della fonte idroelettrica. Tutte le altre fonti energetiche rinnovabili hanno fatto registrare tassi di incremento annui positivi (tabella 12).

La produzione di calore da FER proviene principalmente:

- da collettori solari termici (stimata in 673 TJ nel 2003);
- dagli utilizzi diretti dell'energia geotermica (8.900 TJ);
- da impianti di teleriscaldamento che utilizzano legna, localizzati principalmente in Lombardia, in Piemonte e in Trentino Alto Adige (circa 1.200 TJ nel 2003);
- da impianti industriali che utilizzano residui della lavorazione (legna ed assimilati) per la produzione

Fonti energetiche	1995	2000	2001	2002	2003
Idroelettrica <sup>1</sup>	8.312	9.725	10.298	8.694	8.068
Eolica	2	124	259	309	321
Solare fotovoltaico	3	4	4	4	5
Solare termico	7	11	11	14	16
Geotermia	969	1.248	1.204	1.239	1.388
Rifiuti	97	461	721	818	1.038
Legna e assimilati <sup>2</sup>	1.976	2.344	2.475	2.489	2.782
Biocombustibili	65	66	87	94	177
Biogas	29	162	196	270	296
<b>Totale</b>	<b>11.460</b>	<b>14.144</b>	<b>15.255</b>	<b>13.931</b>	<b>14.092</b>
di cui non tradizionali <sup>3</sup>	1.247	2.017	2.519	2.932	3.536

<sup>1</sup> Solo elettricità da apporti naturali valutata a 2200 kcal/kWh

<sup>2</sup> Non include risultato indagine ENEA sul consumo di legna da ardere nelle abitazioni

<sup>3</sup> Eolico, solare, rifiuti, legna (esclusa legna da ardere), biocombustibili, biogas

**Tabella 11**

Energia da fonti energetiche rinnovabili in Italia in equivalente fossile sostituito (ktep)\*

\* Inoltre, da considerare 9,8 TWh prodotti da reflui industriali che corrispondono a 2,1 Mtep sostituiti (dati GRTN)

Fonte: elaborazioni ENEA su dati di origine diversa

<sup>1</sup> Il consumo interno lordo è uguale alla produzione lorda di energia elettrica più il saldo degli scambi con l'estero.

Tabella 12

Energia elettrica da fonti rinnovabili. Anni 1995-2003 (GWh)

\*Stime ENEA

Fonte: elaborazioni ENEA su dati GRNT

	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Idroelettrico	37.781	41.213	45.358	44.205	46.810	39.519	36.674
Idroelettrico <10 MW	7.440	8.320	8.602	8.117	8.657	8.048	7.192
Idroelettrico >10 MW	30.341	32.893	36.756	36.088	38.154	31.472	29.483
Eolico	10	231	403	563	1.179	1.404	1.458
Solare fotovoltaico*	13	14	15	16	16	18	23
Geotermoelettrico	3.436	4.214	4.403	4.705	4.507	4.662	5.341
Rifiuti solidi urbani	168	464	653	804	1.259	1.428	1.812
Legna	116	271	587	537	644	1.052	1.648
Biogas	103	494	583	566	684	943	1.033
<b>A - Totale</b>	<b>41.627</b>	<b>46.901</b>	<b>52.002</b>	<b>51.396</b>	<b>55.100</b>	<b>49.027</b>	<b>47.989</b>
<b>B - Consumo interno</b>							
<b>lordo (TWh)</b>	<b>279</b>	<b>301</b>	<b>308</b>	<b>321</b>	<b>327</b>	<b>336</b>	<b>345</b>
<b>A/B (%)</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>14</b>

di calore (39.600 TJ);

- da calore recuperato in impianti di termotrattamento di rifiuti solidi urbani (stimato in quasi 5.700 TJ nel 2003);
- da impianti industriali, collegati alla rete elettrica, che bruciano legna e residui legnosi per la produzione di elettricità e recuperano calore in cogenerazione (più di 5.400 TJ nel 2003);
- da impianti per la produzione di energia elettrica alimentati a biogas che recuperano calore in cogenerazione (più di 1.600 TJ nel 2003).

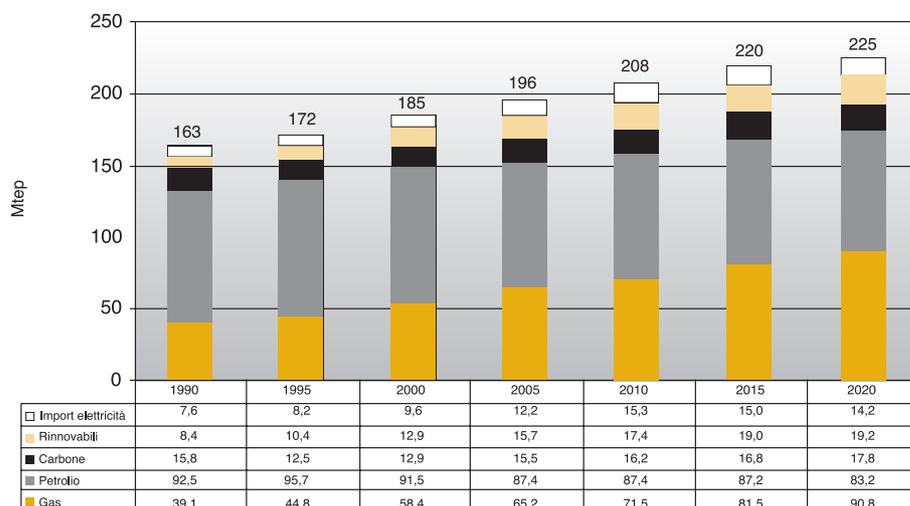
L'apporto di gran lunga più importante proviene però dall'utilizzo della legna da ardere nel settore civile (46.055 TJ nel 2003). Tale dato tiene conto della biomassa legnosa commercializzata e rilevata dalle statistiche nazionali. Gran parte dei consumi di biomassa legnosa nel settore residenziale sfuggono però alle rilevazioni ufficiali. Un'indagine statistica sulle famiglie italiane condotta, per conto dell'ENEA, da una società specializzata, ha indicato un consumo sostituito di circa 14 Mt di legna da ardere nelle abitazioni (149.900 TJ nel 2002) alimentato prevalentemente da materiale non commerciale.

Negli ultimi anni, per il riscaldamento nel settore civile, si registra un crescente utilizzo di legno sminuzzato e di legno pastigliato in impianti automatizzati; questi impianti sono alimentati sia con prodotti già disponibili (ad esempio sansa esausta), sia con scarti di segherie, sia con materiale importato (si valuta una produzione nazionale nel 2001 di 70.000 tonnellate di pastiglie su un consumo di circa 100.000 tonnellate).

## Scenari

Una valutazione dell'evoluzione "tendenziale" al 2020 del sistema energetico italiano, elaborata con il modello Markal, è riportata nelle figure 8 e 9.

Nel primo decennio dello scenario il consumo di energia aumenta ad un tasso medio annuo dell'1,2% (lo stesso degli anni 90), mentre nel secondo decennio aumenta ad un tasso annuo dello 0,8%. Come mostrato dalle figure 8 e 9, perdura la tendenza in atto alla sostituzione del petrolio con il gas naturale (principalmente nella generazione elettrica) e la progressiva convergenza delle rispettive quote sul consumo totale, fino a quando, entro la fine del prossimo decennio, il gas diviene la prima fonte nel sistema energetico italiano. Tuttavia, lo scenario tendenziale non comporta miglioramenti rispetto alla situazione attuale: la dipendenza totale resta intorno all'85% per tutto l'orizzonte temporale (con una leggera tendenza alla crescita). Restano marginali anche le fonti energetiche rinnovabili, nonostante lo scenario incorpori l'incremento della soglia di obbligo per i Certificati Verdi dello 0,35% all'anno dal 2004 al 2006, che restano sempre ben al di sotto del 10% del consumo totale di energia.

**Figura 8**

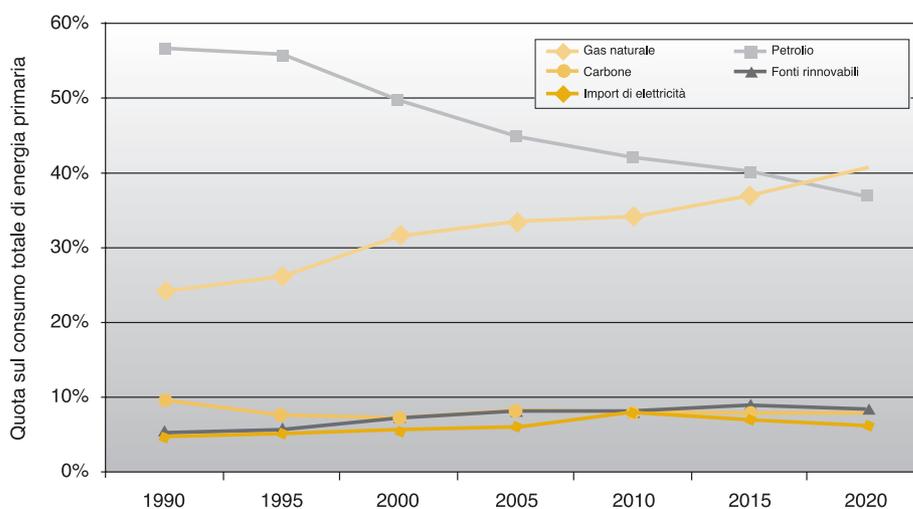
Scenario tendenziale: evoluzione della domanda di energia primaria (Mtep)

Fonte: elaborazioni ENEA e APAT

Infine, le emissioni di CO<sub>2</sub>, che in questo scenario non sono soggette a limiti, aumentano per tutto l'orizzonte di riferimento ad un tasso medio annuo dello 0,7%, come da figura 10.

La crescita delle emissioni è relativamente modesta nel primo quinquennio (+0,5% in media all'anno), grazie alla riduzione delle emissioni nel settore industriale e alla costanza di quelle dei settori elettrico (per la sostituzione dell'olio combustibile con il gas naturale e per l'aumento dell'import) e civile, mentre non presentano rallentamenti le emissioni dei trasporti; dopo il 2005 esse riprendono ad aumentare a ritmi più sostenuti (+0,9% m.a. fino al 2015) per l'esaurirsi dei fattori che nel quinquennio precedente le avevano frenate. Nel 2010, anno medio del periodo di riferimento del Protocollo di Kyoto, le emissioni previste in questo scenario sono superiori del 7% rispetto ai valori del 2000 e del 12% rispetto ai valori del 1990, a fronte di un impegno di riduzione di circa il 6,5% delle emissioni di tutti i gas serra per l'Italia.

Una ulteriore valutazione dell'evoluzione del sistema energetico, per tener conto del presente rapido aumento dei prezzi dell'energia, in modo da esaminare l'impatto possibile del protrarsi di una situazione di rialzo sostenuto del prezzo dell'energia è mostrata nella figura 11

**Figura 9**

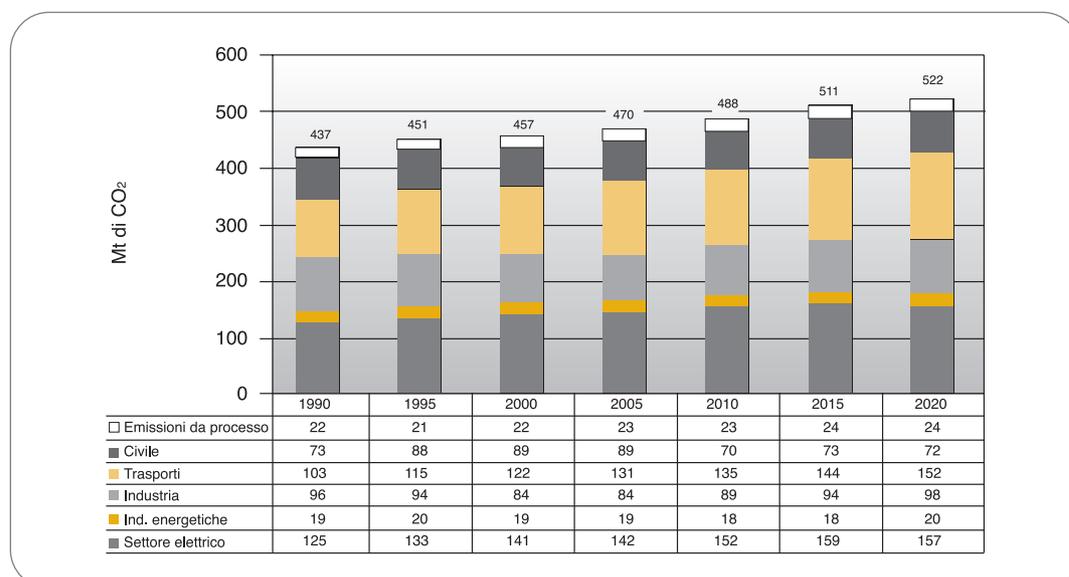
Scenario tendenziale: quota delle singole fonti sulla domanda totale di energia (%)

Fonte: elaborazioni ENEA e APAT

**Figura 10**

Scenario tendenziale:  
emissioni settoriali di CO<sub>2</sub>  
dal sistema energetico  
(Mt)

Fonte: elaborazioni  
ENEA e APAT



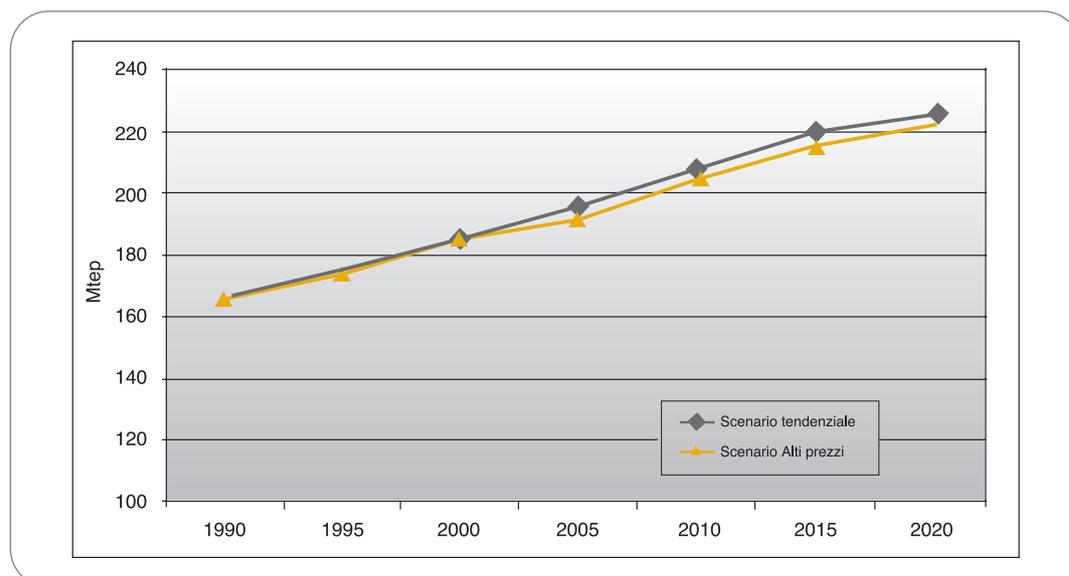
(scenario "alti prezzi"). Tale scenario ipotizza che il prezzo del petrolio salga nel 2005 dai 26 \$/bbl dello scenario tendenziale a circa 34 \$/bbl e che questa differenza rimanga costante per tutto l'orizzonte temporale dello scenario. Il primo risultato di rilievo dello scenario ad alti prezzi è costituito dalla riduzione del consumo totale di energia primaria rispetto all'evoluzione tendenziale (figura 11): i consumi si riducono di circa 4 Mtep già nel 2005, successivamente la differenza tra i due scenari resta sostanzialmente costante, su valori compresi tra i 3 e i 4 Mtep. In termini di fonti, un permanente rialzo dei prezzi dell'energia sembra avere come effetto principale un'accelerazione della sostituzione del petrolio con il gas naturale, in misura più marcata che nello scenario tendenziale, e crescente nel tempo.

Infine, una conseguenza di rilievo della diversa evoluzione del sistema energetico in seguito a questo scenario è che le emissioni di anidride carbonica (dal settore energetico) si riducono in modo piuttosto consistente rispetto all'evoluzione tendenziale. Infatti, le emissioni di CO<sub>2</sub> arrivano addirittura a ridursi in termini percentuali a valori compresi tra il 2 e il 3%, grazie al rilevante cambiamento nel mix di combustibili nel settore elettrico, ma anche nell'industria e nel civile.

**Figura 11**

Evoluzione dei consumi di  
energia primaria nello  
scenario tendenziale e  
nello scenario alti prezzi  
(Mtep)

Fonte: elaborazione  
ENEA



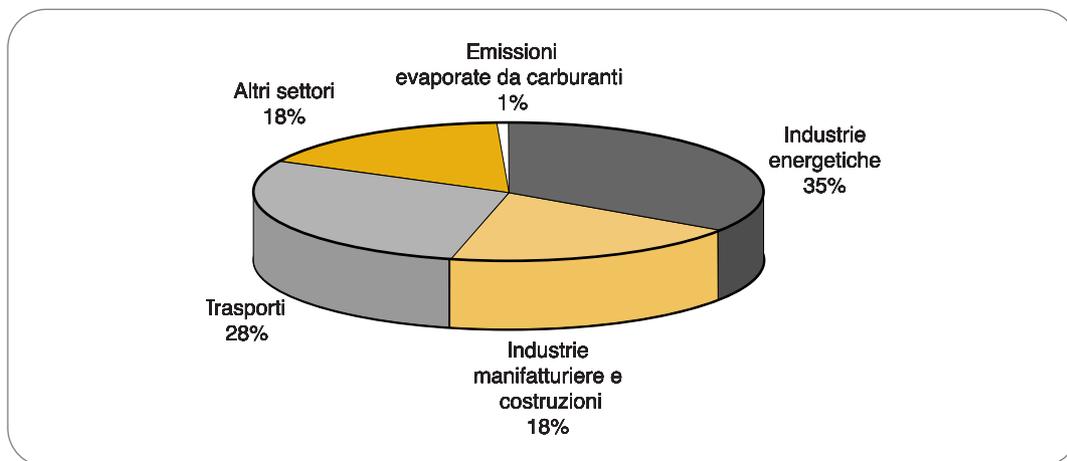


Figura 12

Emissioni di CO<sub>2</sub> dal sistema energetico in Italia. Anno 2002 (Gg)

Fonte: APAT, 2004

## Ambiente

Per quanto riguarda le emissioni italiane di gas serra ed in particolare di CO<sub>2</sub> nel 2002, le figure 12-14 forniscono alcune importanti informazioni. Il settore energetico italiano nel suo complesso è stato responsabile nel 2002 dell'emissione di circa 443 Mt di anidride carbonica. Il 35% di queste emissioni proviene dai processi di trasformazione dell'energia, il 28,2% dal settore dei trasporti, il 18% dalle industrie manifatturiere e delle costruzioni e un altro 18% dagli altri settori (figura 12). Nella figura 13 è illustrata, invece, l'evoluzione dei macrosettori su base biennale; è evidente che le emissioni dalle industrie energetiche sono aumentate significativamente nel decennio passato, anche se con alcune oscillazioni, laddove il settore dei trasporti ha registrato un incremento costante. Il settore dei trasporti è responsabile dell'incremento più elevato (22,7%) rispetto all'anno 1990, seguito dal settore della produzione e trasformazione energetica (15,3%). Solo il settore delle industrie manifatturiere e delle costruzioni ha evidenziato una contrazione del livello di emissioni (3,3%), attribuibile in parte a un miglioramento delle tecnologie impiegate e a una migliore efficienza energetica, ma anche alla crisi produttiva di alcuni comparti industriali (figura 14).

Questi dati indicano che le emissioni dell'Italia hanno una traiettoria crescente che renderebbero oggettivamente difficile il rispetto degli impegni di riduzione assunti al momento della ratifica del Protocollo di Kyoto e degli accordi di "burden sharing" presi con i 15 Paesi dell'Unione Europea. Le misure previste dalla delibera CIPE 123/2002 e descritte in maggior dettaglio nell'ambito del

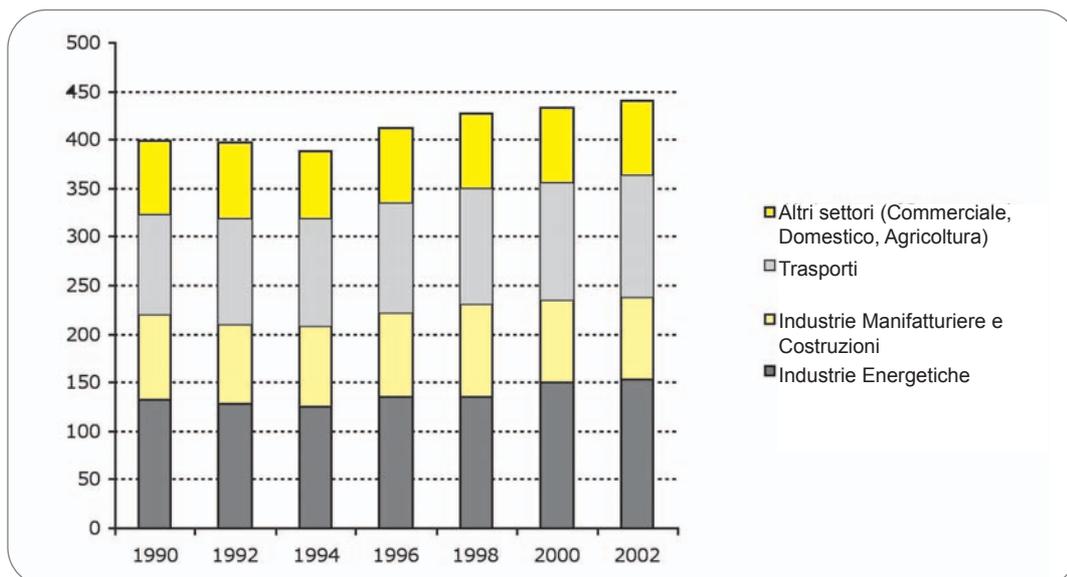


Figura 13

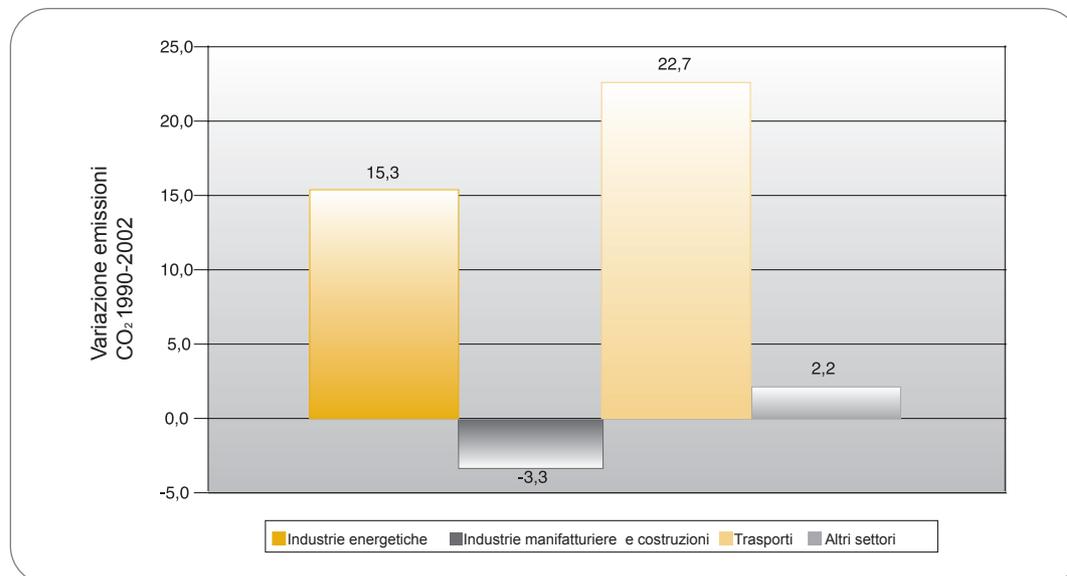
Emissioni di CO<sub>2</sub> per macrosettori energetici in Italia. Anni 1990-2002 (Tg)

Fonte: elaborazione ENEA su dati APAT, 2004

**Figura 14**

Variazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nei principali macrosettori energetici in Italia. Anni 1990-2002 (%)

Fonte: elaborazione ENEA su dati APAT, 2004



Piano nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, sono state formulate sulla base delle indicazioni della legge di ratifica del Protocollo di Kyoto del 1° giugno 2002 e tenendo in considerazione il ruolo fondamentale del sistema energetico nell'ambito dello sviluppo del Paese.

In particolare si è tenuto conto di tre criteri principali :

1. i programmi per la riduzione delle emissioni nel mercato interno devono assumere come dato di partenza gli elevati standard di efficienza energetica e la bassa "intensità di carbonio" dell'economia italiana. La dimensione e la tipologia delle misure nazionali per la riduzione delle emissioni devono considerare l'esigenza di non determinare effetti negativi sulla competitività e sull'efficienza dell'economia italiana;
2. dovrà essere ottimizzata la capacità "nazionale" di assorbimento di carbonio atmosferico, sia attraverso un nuovo inventario e una più efficiente gestione del patrimonio forestale e boschivo, sia attraverso la realizzazione di nuove piantagioni forestali, avendo presente l'obiettivo di contribuire nello stesso tempo alla sicurezza idrogeologica del territorio ed all'aumento del volume di biomassa disponibile per la produzione di energia da fonti rinnovabili;
3. dovranno essere promossi e facilitati i programmi per la acquisizione di "crediti di carbonio" e di "crediti di emissione" nell'ambito dei meccanismi del Protocollo di Kyoto Clean Development Mechanism e Joint Implementation, sia attraverso progetti in campo energetico e forestale delle imprese italiane, sia attraverso la partecipazione ai Carbon Fund istituiti presso le istituzioni finanziarie internazionali o le Agenzie nazionali dei Paesi in via di sviluppo e dei Paesi con economia in transizione.

Sulla base di queste premesse il piano individua i programmi e le misure da attuare per rispettare l'obiettivo di riduzione delle emissioni dei gas serra attribuito all'Italia. Nello stesso tempo il piano stabilisce le procedure di verifica e aggiornamento delle misure.

I dati di riferimento del piano<sup>2</sup>, aggiornati al settembre 2004, sono i seguenti:

- ♦ entro il 2008-2012, le emissioni dovranno essere ridotte del 6,5%, rispetto al 1990, ovvero le emissioni dovranno passare da 508,0 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti (MtCO<sub>2</sub>eq.) del 1990 a 475,0 MtCO<sub>2</sub>eq. Pertanto il "gap" teorico da colmare è pari a 33 MtCO<sub>2</sub>eq.; al 2002 le emissioni ammontavano a 553,8 MtCO<sub>2</sub>eq., e secondo lo "scenario tendenziale" (sce-

<sup>2</sup> Gli scenari utilizzati per il Piano nazionale di riduzione sono stati elaborati a partire dal modello CEPRI e includono oltre le emissioni del sistema energetico anche quelle industriali ed agricole.

nario che si verificherebbe qualora non fossero adottate misure), le emissioni di gas serra al 2010 ammonteranno a 613,3 MtCO<sub>2</sub>eq.;

- ♦ considerando gli effetti di misure individuate al 30 giugno 2002, ancorché non attuate, che concorrono al raggiungimento dell'obiettivo di riduzione delle emissioni, la crescita di emissioni al 2010 è stimata in 563,7 MtCO<sub>2</sub>eq. contro 613,3 MtCO<sub>2</sub>eq dello "scenario tendenziale": questo è il cosiddetto "scenario di riferimento", cui corrisponde un "gap" di 88,7 MtCO<sub>2</sub>eq. Tali misure comprendono non solo quelle di carattere nazionali, ma anche le numerose iniziative di cooperazione bilaterale già avviate dal Governo italiano e riconducibili a progetti di Joint Implementation e Clean Development Mechanism;
- ♦ Le misure per l'assorbimento di carbonio nel settore agricolo e forestale a livello nazionale, comprendono iniziative per l'aumento e la migliore gestione delle aree forestali e boschive, il recupero di territori abbandonati, la protezione del territorio mediante afforestazione e riforestazione. Tali misure possono consentire un aumento della capacità di assorbimento del carbonio, corrispondente a riduzioni equivalente di emissioni per un totale di 10,8 MtCO<sub>2</sub>eq.. Il "gap" che separa il nostro Paese dal raggiungimento dell'obiettivo di Kyoto si riduce pertanto a 77,9 MtCO<sub>2</sub>eq.;
- ♦ per colmare il "gap" è stato individuato un set di opzioni per "ulteriori misure" che consentono di raggiungere il miglior risultato con il minor costo
  - a livello nazionale, nei settori dell'energia, dell'industria, dei servizi, dei trasporti, dell'agricoltura e dei rifiuti, con una riduzione potenziale fino a circa 47 MtCO<sub>2</sub>eq.;
  - a livello internazionale attraverso i progetti di cooperazione nei settori energetico e forestale nell'ambito dei meccanismi JI e CDM, con una riduzione potenziale fino a 48 MtCO<sub>2</sub>eq.

Come rilevato sopra, il "gap" che ci separa dal raggiungimento dell'obiettivo di Kyoto, che risulta essere pari a 77,9 MtCO<sub>2</sub>eq., richiede al nostro Paese uno sforzo notevole.

In generale, le misure individuate con il criterio della migliore efficienza e del minor costo fanno riferimento per almeno il 40-50% a programmi e iniziative da realizzare mediante i meccanismi di cooperazione internazionale previsti dal Protocollo di Kyoto. Il Piano nazionale per la riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra costituisce pertanto un'agenda e una guida per lo sviluppo sostenibile dell'Italia e per la promozione di un nuovo ruolo delle imprese italiane nei mercati internazionali delle tecnologie pulite per la protezione dell'ambiente globale.

I criteri di riferimento per la definizione del piano nazionale per la riduzione delle emissioni (i punti 1-3 esaminati sopra) hanno orientato anche le norme approvate dal governo per il recepimento della direttiva "Emissions Trading" in Italia. Gli obiettivi politici di sviluppo economico del Paese, implicano che tale "gap" non comporti l'imposizione al settore industriale di oneri tali da compromettere la concorrenzialità dello stesso. Per tale ragione il "gap" che ci separa dal raggiungimento dell'obiettivo di Kyoto, dovrà essere colmato per almeno il 50% dello sforzo di riduzione mediante il ricorso ai meccanismi di Kyoto (scelta compatibile con quanto al momento deciso nelle sedi internazionali).

Tale strategia appare come l'unica perseguibile; infatti, se è pur vero che l'utilizzo dei meccanismi flessibili JI/CDM comporta un trasferimento di risorse economiche verso l'esterno del sistema nazionale, limitando gli eventuali benefici d'indotto che sarebbero associati a tali risorse se fossero investite sul territorio nazionale, tuttavia è evidente che tali benefici siano minori dei maggiori costi delle misure nazionali, costi determinati non solo dai limitati margini tecnici di riduzione delle emissioni, ma anche dalla tempistica di breve e medio termine nell'ambito della quale tale riduzione dovrebbe essere effettuata per rispettare gli accordi internazionali già sottoscritti (si ricorda che l'obiettivo stabilito dal Protocollo di Kyoto deve essere raggiunto nel periodo 2008-2012). Tale tempistica, infatti, si contrappone a tutti gli effetti agli attuali obiettivi politici di sviluppo economico del

*il "gap" che ci separa dall'obiettivo di Kyoto richiede al nostro Paese uno sforzo notevole*

Paese, in quanto implicherebbe l'imposizione di oneri al settore industriale che potrebbero compromettere la concorrenzialità dello stesso.

Le iniziative intraprese dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio per l'Istituzione dell'Italian Carbon Fund presso la World Bank, per la partecipazione ai Biocarbon Fund e al Community Development Carbon Fund della Banca Mondiale ed alla creazione, sempre presso la Banca Mondiale, di un fondo dedicato allo sviluppo di Progetti CDM in Cina, non sono sufficienti a garantire il rispetto dell'obiettivo stabilito dal Protocollo di Kyoto. Per assicurare il rispetto dell'impegno di Kyoto, contenendo i costi di riduzione delle emissioni, occorre avviare un'azione massiccia e tempestiva.

Per quanto riguarda gli interventi da intraprendere a livello nazionale, le azioni che al momento risultano essere perseguibili in termini non soltanto di costi di attuazione, ma anche di efficacia in termini di riduzione delle emissioni in relazione ai criteri stabiliti dal Protocollo di Kyoto, riguardano da un lato l'incentivazione della realizzazione di impianti di microgenerazione (si tratta infatti di iniziative particolarmente efficaci grazie ai tempi brevi di realizzazione e all'impiego di moderne tecnologie ad alta efficienza energetica, con benefici indiretti in termini di alleggerimento del ricorso alle grandi reti di trasmissione dell'energia elettrica), dall'altro l'aumento dell'assorbimento di CO<sub>2</sub> attraverso il potenziamento delle attività di afforestazione, riforestazione, gestione forestale, gestione dei suoli agricoli, pascoli e rivegetazione.

## *i ruoli del Governo e delle Regioni e la continua ricerca di un equilibrio tra di essi*

### Regioni

Il rapporto tra i ruoli del Governo e delle Regioni e la continua ricerca di un equilibrio tra di essi hanno costituito un elemento importante nella diverse scelte energetiche necessarie nell'anno a livello locale.

Un primo esempio ha riguardato i criteri di autorizzazione di nuove centrali elettriche a fronte del gran numero di domande. La Conferenza dei Presidenti delle Regioni ha ritenuto necessario "preliminarmente alla emanazione di un provvedimento come quello in oggetto... proporre al Governo la riapertura di un tavolo di confronto sulla materia energetica (Ministeri delle Attività Produttive e dell'Ambiente, Regioni, Autorità per l'energia elettrica e il GRTN) con la finalità di ridefinire le forme di cooperazione istituzionale e gli strumenti normativi ad oggi esistenti". Infatti criteri e procedure che individuino alcuni progetti come prioritari sono utili ma solo se logicamente conseguenti a "uno stretto coordinamento fra politiche energetiche, ambientali e territoriali, che tenga conto del ruolo della pianificazione regionale". Le procedure ministeriali esistenti dovrebbero prevedere un esame preliminare alla luce degli atti di programmazione regionali come anche

**Figura 15**

La situazione aggiornata dei Piani energetico-ambientali nelle varie Regioni

Fonte: ENEA



degli obiettivi nazionali di politica energetico-ambientale.

D'altra parte sono ormai più della metà le Regioni dotate di strumenti di programmazione energetico-ambientale (figura 15). Altre li stanno predisponendo. Altre ancora hanno varato o stanno predisponendo strumenti legislativi adeguati alla liberalizzazione dei mercati energetici e al rinnovato Titolo V della Costituzione.

Per quanto riguarda la situazione energetica regionale, una valutazione sintetica può essere tratta dalla tabella 13 che riporta i vari valori regionali di alcuni importanti indicatori.

Altro tema di confronto importante fra Ministeri e Regioni, nel 2004, è stata la revisione dei decreti sugli obiettivi di efficienza energetica a carico dei distributori di gas ed energia elettrica.

I succitati decreti erano stati emanati nel 2001 creando il sistema dei "titoli di efficienza energetica" (altrimenti detti "certificati bianchi") ma, di fronte ad alcuni problemi applicativi, il sistema non era mai partito. Il Ministero delle Attività Produttive si è quindi fatto promotore già dal 2003 di una modifica dei decreti.

Sono qui emerse due diverse visioni di massima: una afferente al governo e all'Autorità, l'altra delle Regioni.

I Ministeri dell'Ambiente e delle Attività Produttive ritengono importante l'esistenza di un unico mercato dei "certificati bianchi", e quindi di un sistema prettamente nazionale. Considerano altresì difficilmente gestibile un sistema dei certificati differenziato fra Regioni.

Le Regioni ritengono importante dare delle linee di indirizzo su come verranno realizzati sul territorio gli interventi di risparmio energetico che comportano il rilascio da parte dell'Autorità di un equivalente quantitativo di certificati bianchi. Esse non considerano per forza negativo se quanto sopra porta a un mercato dei "certificati bianchi" più settorializzato o regionalizzato. L'importante per queste è che una regionalizzazione del sistema non vada a decremento degli obiettivi com-

	Intensità energetica finale del PIL	Intensità elettrica finale del PIL	Consumi finali procapite
	(tep/M€ 95)	MWh/M€95	(tep/ab)
Piemonte	134,6	283,3	2,8
Valle d'Aosta	149,9	298,0	3,7
Lombardia	116,6	287,6	2,7
Trentino Alto Adige	108,6	244,7	2,6
Veneto	121,5	244,0	2,6
Friuli Venezia Giulia	150,8	368,2	3,1
Liguria	109,3	205,3	2,2
Emilia Romagna	140,3	260,2	3,2
Toscana	117,6	272,7	2,4
Umbria	152,4	378,3	2,7
Marche	106,8	245,1	2,0
Lazio	94,9	198,3	1,9
Abruzzo	129,2	319,0	2,0
Molise	119,7	281,3	1,7
Campania	96,4	228,1	1,1
Puglia	178,6	324,6	2,2
Basilicata	131,7	317,5	1,7
Calabria	83,0	204,6	0,9
Sicilia	114,8	294,8	1,4
Sardegna	147,9	493,1	2,0
Italia	121,1	276	2,2

**Tabella 13**

Principali indicatori di efficienza energetica regionale. Anno 2001

Fonte: elaborazioni ENEA da dati di origine diversa

pressivi nazionali ma tenda anzi a rafforzarli.

Tutti gli attori istituzionali hanno dimostrato comunque di ritenere essenziale che il sistema incominci a funzionare prima possibile. Per far quindi partire gli interventi legati ai certificati bianchi le Regioni hanno dato infine parere positivo ai nuovi decreti, in cui il governo aveva introdotto alcuni correttivi di riequilibrio territoriale, pur mantenendo l'impalcatura del sistema nazionale dei Titoli. Prossimi elementi di confronto fra Regioni e Governo nella materia energetica saranno anche i decreti previsti dal DLgs 387/03 sugli incentivi per la fonte solare e sull'utilizzo energetico dei rifiuti. Un altro tema che si svilupperà ancor più nel corso del 2005 è sicuramente quello del recepimento della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici.

### La spesa per la ricerca

L'Italia continua a situarsi molto indietro fra i Paesi aderenti all'OCSE per intensità d'investimenti in ricerca rispetto al PIL (figura 16), mentre, in termini di valore assoluto della spesa (a parità di potere d'acquisto), il nostro Paese risulta essere ben al di sotto del posto che gli spetterebbe rispetto alle dimensioni del suo sistema economico-industriale.

Tale situazione suscita preoccupazione, in particolare se si tiene conto del fatto che essa non è un fenomeno transitorio ma ha carattere strutturale, essendo la prosecuzione di un *trend* ormai storicamente consolidato. Fra le conseguenze di questo ridotto impegno in ricerca dell'economia italiana sembra esservi la minore crescita in termini di PIL conseguita in questi ultimi anni dal nostro sistema produttivo.

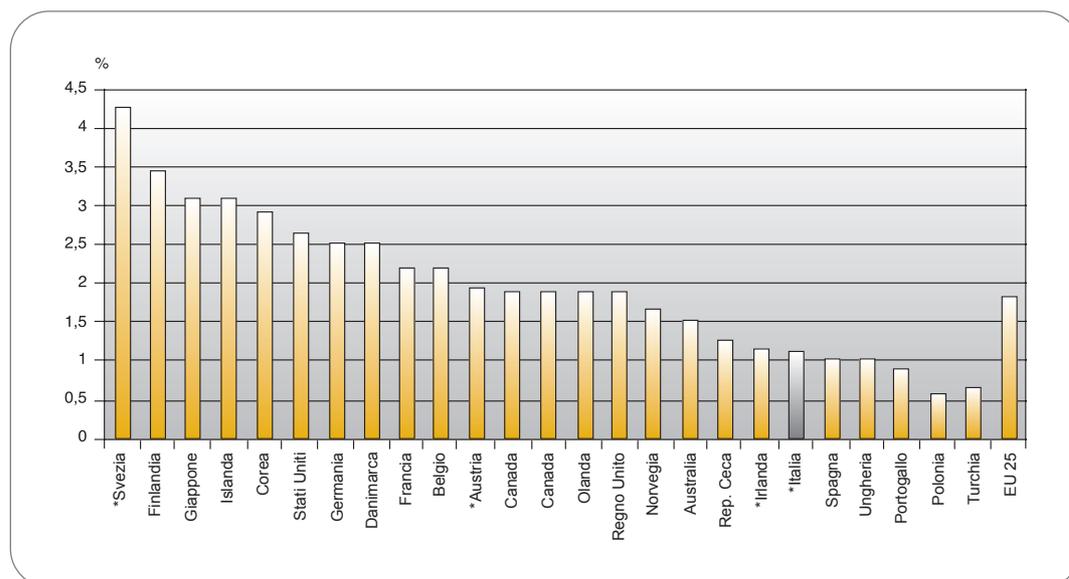
Il confronto con alcuni fra gli altri Paesi più industrializzati del mondo evidenzia una posizione dell'Italia nettamente svantaggiata. Considerando ancora l'intensità di spesa in R&S rispetto al PIL, in modo da proporzionare gli impegni in ricerca dei vari Paesi a un significativo indice delle loro disponibilità di risorse economiche, l'Italia risulta al penultimo posto fra i dieci Paesi nell'OCSE, seguita soltanto dalla Spagna, che peraltro sta rapidamente recuperando l'esiguo ritardo che ancora la separa dal nostro Paese. Nel 2001, con circa l'1,1% di spesa per R&S sul PIL, l'Italia ha un rapporto pari a poco più di un terzo di quello del Giappone e ben inferiore alla metà di quello registrato per gli Stati Uniti. Un rapporto pari a circa la metà di quello di altre nazioni direttamente concorrenti sul piano economico-commerciale, quali la Francia e la Germania.

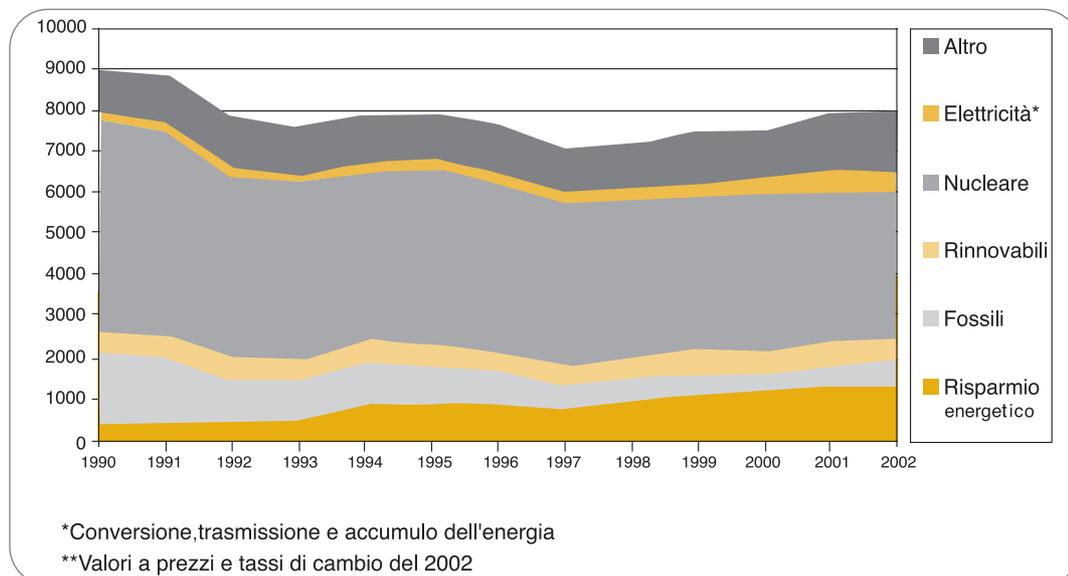
La figura 17 mostra l'aggregato delle spese di ricerca e sviluppo in campo energetico dei governi dei principali Paesi dell'OCSE (i G7), suddivise per aree tecnologiche, negli anni 1990-2002. Grazie soprattutto alla ripresa degli investimenti in Giappone e Stati Uniti il *trend* negativo sem-

**Figura 16**

Confronto fra le spese di R&S in alcuni paesi OCSE in rapporto al PIL. Anno 2002  
\* Dati 2001

Fonte: OCSE



**Figura 17**

Spese governative per R&S in campo energetico nei 7 principali Paesi dell'OCSE (milioni di \$ USA)

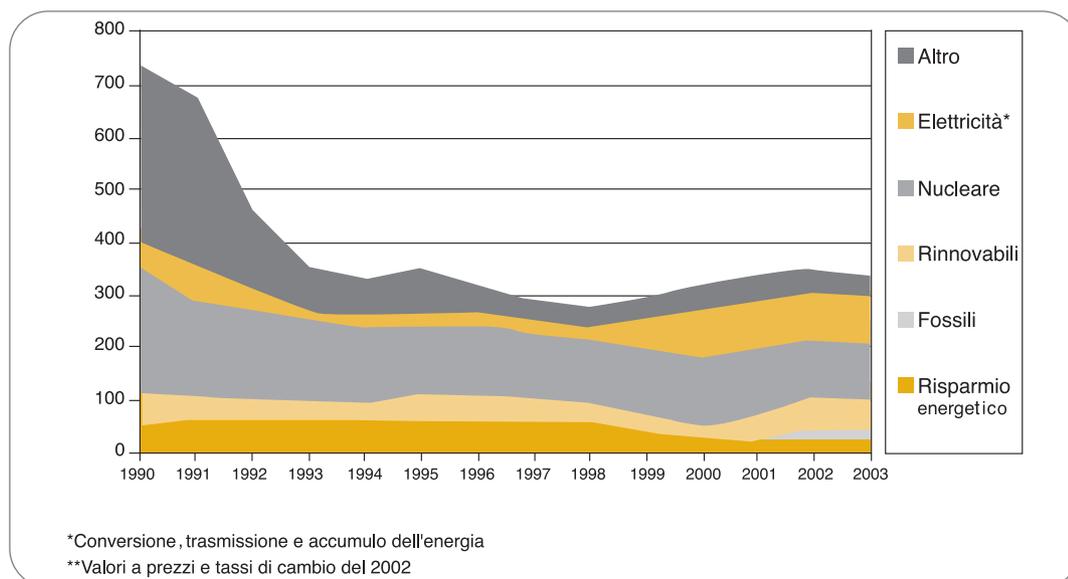
Fonte: elaborazioni ENEA su dati AIE

bra essersi arrestato. Il grafico sottolinea il forte peso degli investimenti nel settore nucleare, per quanto in diminuzione in termini relativi. Questo risultato si deve principalmente al continuo impegno in questo settore dei governi giapponese e francese, che hanno mantenuto pressoché stabili i loro livelli di spesa di ricerca sul nucleare da fissione. Negli altri Paesi, ad eccezione del Canada, le spese di ricerca sulla fusione hanno ormai superato quelle per la fissione.

Le spese per le tecnologie per la ricerca, estrazione, trasformazione e trasporto di fonti di energia fossile dopo una prolungata fase di contrazione riprendono leggermente a crescere nell'ultimo anno. Quelle per il risparmio energetico sono in graduale crescita.

Pure in crescita sono le spese di ricerca sulle tecnologie per la produzione, la trasmissione e lo stoccaggio di energia elettrica, e quelle per le tecnologie "orizzontali" (Altre aree di ricerca). La ricerca sulle rinnovabili resta più o meno stazionaria o al più in leggera crescita.

Per quanto riguarda l'Italia, la figura 18 mostra le spese pubbliche di ricerca e sviluppo in campo energetico effettuate dal 1990 al 2003. Per facilità di confronto con gli altri Paesi industriali qui sono stati utilizzati ancora i dati di fonte AIE, espressi in dollari a prezzi e tassi di cambio del 2002. Come si può notare, il livello della spesa si è ridotto a poco meno della

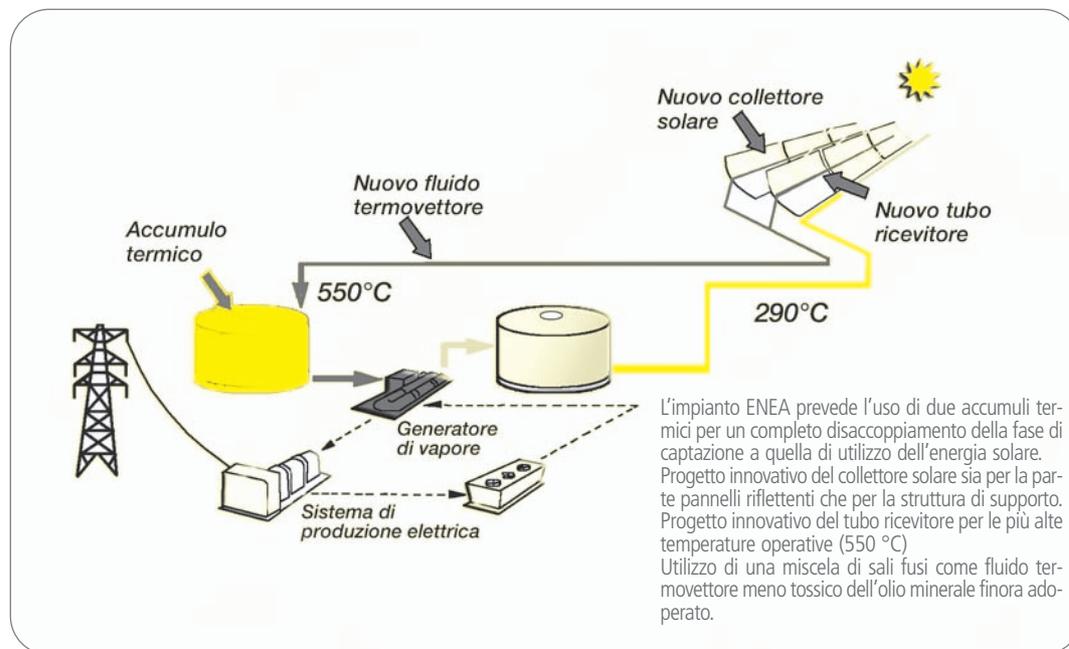
**Figura 18**

Spese governative per R&S in campo energetico in Italia

Fonte: elaborazioni ENEA su dati AIE

Figura 19

Le innovazioni del Progetto Solare Termodinamico dell'ENEA



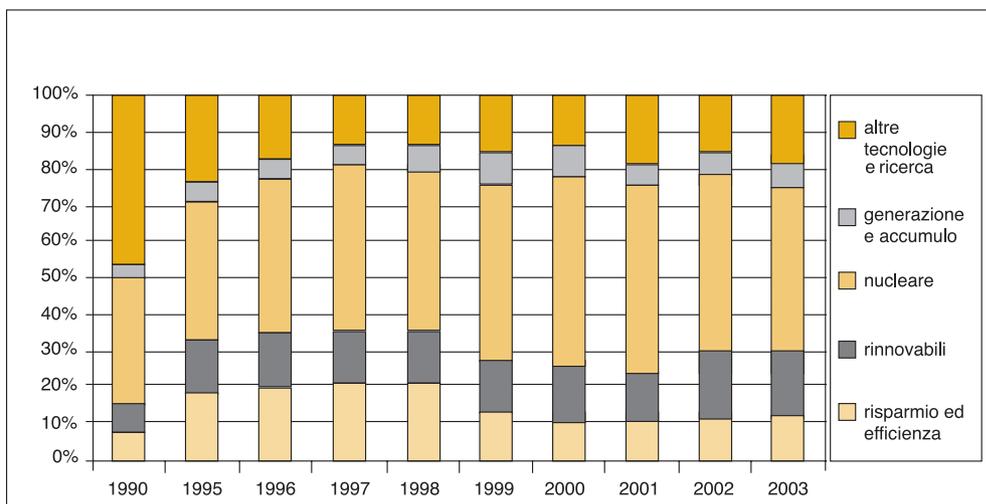
metà del livello del 1990. La riduzione ha interessato soprattutto le attività di ricerca su tecnologie orizzontali o comunque non specificamente classificate in alcuna delle altre categorie, e la ricerca sul nucleare, che si è via via andata concentrando sulla fusione termonucleare e, per la fissione, sui temi della sicurezza e del trattamento delle scorie. Tuttavia in diminuzione appare anche l'attività di ricerca riguardante il risparmio e l'efficienza energetica, che si va concentrando sul risparmio nel settore residenziale e in parte in quello industriale, con un parallelo abbandono dell'attività nei trasporti.

Le spese pubbliche di ricerca per tecnologie di prospezione, estrazione, trasporto e raffinazione di idrocarburi, nonché per la trasformazione e combustione di carbone, sono totalmente assenti, in quanto esse costituiscono essenzialmente un settore di attività dell'industria privata (principalmente aziende petrolifere o elettriche). Attualmente le spese pubbliche si concentrano sulle tecnologie nucleari, su quelle per la conversione, trasmissione e accumulo di energia elettrica, e sulle fonti di energia rinnovabile, un'area, quest'ultima, dove negli ultimi tre anni si segnala una ripresa dell'impegno di ricerca dopo un prolungato periodo di stagnazione.

Le tendenze già rilevate per i dati nazionali si ritrovano nei dati relativi alle spese di ricerca dell'ENEA. Va tuttavia osservato che l'impegno sul tema della fissione nucleare, connesso agli obblighi relativi alla sicurezza nucleare e al trattamento dei rifiuti, rappresenta negli ultimi anni circa il 20% dell'intera spesa annuale dell'Ente. A questo impegno continua ad affiancarsi l'impegno di spesa a favore della ricerca sulla fusione, strettamente connessa alla partecipazione al progetto internazionale ITER.

Rispetto al 1990 si registra il crollo dei budget di ricerca ENEA sia sulle tecnologie di generazione e accumulo di energia elettrica che su tutte quelle aree di ricerca come i materiali o altre tecnologie orizzontali difficili da classificare.

In diminuzione appare il livello di spesa sulle rinnovabili. A questo riguardo si evidenziano alcune tendenze: una tenuta delle spese di ricerca sul solare e sulle biomasse, una riduzione dell'impegno sulla generazione eolica. Per quanto riguarda il solare, negli anni più recenti è avvenuto uno spostamento dell'impegno di ricerca verso le tecnologie solari termodinamiche per la produzione di energia elettrica (figura 19).



**Figura 20**  
Spese ENEA per R&S in campo energetico (%)

Fonte: ENEA

La figura 20 mostra l'evoluzione del *mix* di ricerca in campo energetico portato avanti dall'ENEA nel periodo 1990-2003.

# I valori della conoscenza e della partecipazione

LUIGI ROSSI

ENEA

UTS – Biotecnologie, Protezione  
della Salute e degli Ecosistemi

spazio aperto

Nel X Anniversario dello Scarascia Mugnozza Genetic Resource Centre, uno degli allievi del Professor Scarascia Mugnozza testimonia alcune scelte illuminate di carattere scientifico e i valori umani e culturali che il Professore ha trasmesso durante tutta la sua attività didattica

## The values of knowledge and participation

*The tenth anniversary of the Scarascia Mugnozza Genetic Resource Centre was celebrated at the Senate on December 7, 2004. We publish the recollections of one of Prof. Scarascia Mugnozza's students*

*Il Centro di risorse genetiche, intitolato a Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, nasce nel quadro della cooperazione instaurata tra l'Accademia Nazionale delle Scienze (Roma, Italia) e la M.S. Swaminathan Research Foundation (Chennai-Madras, India), con il contributo della Direzione Generale per la Cooperazione allo Sviluppo del Ministero degli Affari Esteri italiano. Istituito nel 1994 a Chennai presso la Fondazione scientifica M.S. Swaminathan, il Centro opera per la tutela e la valorizzazione delle varietà locali ed ecotipi vegetali tradizionali conservati e coltivati dalle comunità rurali.*

*I risultati del primo decennio di attività del Genetic Research Centre rappresentano una testimonianza concreta dei vantaggi derivanti dalla diffusione di iniziative analoghe, che coinvolgono le comunità locali e ne accrescono le competenze nelle tecniche di selezione e miglioramento di tipiche colture agroalimentari, contribuendo al progresso delle loro condizioni socio-economiche.*

Succede a volte che alcuni studiosi e scienziati sentano forte il dovere civile di scendere in campo animati dai valori stessi della conoscenza e della partecipazione. La conoscenza, specie in questi tempi, rappresenta una ricchezza formidabile che tutti i paesi avanzati cercano di utilizzare, sviluppare e valorizzare per far crescere la propria economia, e per migliorare la qualità della vita dei propri abitanti. La conoscenza, tuttavia, non può essere appannaggio di pochi perché essa comunque sgorga da giacimenti culturali che sono patrimonio dell'intera umanità.

Ritengo che gli studiosi e i ricercatori siano cittadini particolari perché caratterizzati - proprio per il tipo di lavoro che svolgono - dal possedere una doppia cittadinanza: quella del proprio Paese e quella del mondo. Ed è proprio in questa loro doppia cittadinanza la base oggettiva della loro duplice responsabilità.

Per un ricercatore è normale aspirare a confrontarsi con la comunità scientifica internazionale, pubblicare sulle riviste ad alto *Impact Factor*. A me sembra che per chi opera nel campo della biologia e dell'agricoltura, a volte, diventi prioritario impegnare la propria conoscenza per il soddisfacimento di fabbisogni primari, privilegiando così l'aspetto sociale dei diritti umani. E qualcuno lo fa per anni o, quasi animato da una pulsione inesauribile, lo fa per tutta la vita.

In questa Sede prestigiosa, sono lieto di portare la mia testimonianza personale, oltre che al Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, alla Professoressa Rita Levi-Montalcini e al Presidente M.S. Swaminathan. Essi sono accomunati da uno straordinario impegno, personale e di scienziati, profuso in difesa dei diritti umani.

Vorrei leggere una citazione della Federazione Italiana Dottori in Scienze Agrarie e Forestali (FIDAF) che ho l'onore di presiedere. La FIDAF, fondata a Roma il 17 novembre 1944, da un gruppo di colleghi guidati dal Senatore Giuseppe Medici, è un libero organismo apartitico che svolge attività di promozione culturale, scientifica e tecnica a favore del sistema agroalimentare. Ebbene, ogni anno i giovani colleghi consegnano ai colleghi anziani, con 50 anni di Laurea, un attestato di gratitudine per il contributo offerto all'agricoltura e alla società. Su tale attestato è riportato un pensiero profondo e coinvolgente: *"Progetto senza memoria è utopia, memoria senza progetto è sentimento nostalgico, progetto e memoria senza aderenza alla realtà presente è astrazione"*.

### In difesa dei diritti umani

Sul tema dei diritti umani vorrei leggere uno scritto di *Gian Tommaso Scarascia Mugnozza*, tratto dalla Relazione "Ricerca e Cooperazione allo sviluppo agro-alimentare" presentata al Convegno organizzato dai Gruppi Parlamentari e svoltosi a Montecitorio il 24 maggio 1984.

*possedere una  
doppia  
cittadinanza  
del proprio  
Paese e del  
Mondo*

*Se si vuole operare concretamente in difesa dei diritti umani, solennemente proclamati dalla Dichiarazione Universale votata dall'Assemblea generale dell'ONU il 10 Dicembre 1948, bisogna cominciare con l'ammettere realisticamente l'attuale dualismo di posizioni. Da un lato il mondo e la cultura occidentale, che attribuiscono la massima importanza al diritto della libertà, intesa nel senso civile e politico della libertà di ogni uomo e per ogni popolo; e dall'altro il Terzo Mondo, le regioni sottosviluppate in cui primeggia l'esigenza della libertà dal bisogno, la necessità del soddisfacimento dei fabbisogni essenziali, così privilegiando l'aspetto sociale dei diritti umani.*

*"I diritti umani cominciano a colazione" ammonisce un proverbio africano, ricordando che la sopravvivenza fisica è una continua lotta contro la fame; ma "non di solo pane vive l'uomo" dice la Bibbia, segnalando il rischio dell'esclusiva finalizzazione di ogni sforzo alla garanzia di adeguate condizioni di vita materiale e in primo luogo di adeguati livelli di alimentazione. D'altra parte, in questo periodo storico dell'umanità, con un mondo diviso in un emisfero contrassegnato dall'abbondanza e dallo spreco dei cibi, mentre l'altro è percorso dalla malnutrizione e dalla fame, ogni intervento verso la diminuzione della fame e della povertà, e quindi dell'ingiustizia sociale, è al medesimo tempo un contributo verso la stabilità politica e la pace tra i popoli. Di conseguenza, gli sforzi vanno indirizzati nell'unica e contemporanea difesa della libertà civile e politica e della libertà dal bisogno, in quanto è difesa dei diritti e della dignità della persona umana in un'interdipendenza che, dal rispetto di ciascuno verso il proprio prossimo, si allarga concentricamente alle comunità, alle nazioni, agli Stati.*

## I diritti umani cominciano a colazione

*.....E' vero che già oggi la scienza, a livello globale è in condizioni di consentire il raggiungimento di traguardi produttivi che potrebbero sfamare l'umanità. Ma per blocchi nel commercio mondiale, per gli interessi dei paesi produttori, per l'indebitamento dei paesi emergenti, per ostacoli e fattori negativi nella distribuzione, nel commercio interno, nel sistema dei prezzi, nell'occupazione, nel reddito individuale e nazionale, nell'uso delle risorse naturali, nella politica agraria e nella proprietà della terra ecc., ancora oggi centinaia di milioni di esseri umani non hanno o non possono guadagnarsi il cibo quotidiano. Inquadrare il problema della fame soltanto in termini di milioni di tonnellate di derrate è riduttivo e pericoloso, e non ha consentito e non consente di trovare le corrette soluzioni. La garanzia della sicurezza alimentare e nutrizionale dei popoli come di ciascun individuo, intesa come "accesso fisico ed economico al cibo per tutti in ogni momento per un'alimentazione in qualità e quantità giuste, sane ed equilibrate" è ancora un traguardo lontano. È per avanzare con sistematica regolarità, bisogna organizzare in loco la produzione di conoscenza e di esperienza, la definizione di modelli di sviluppo, la messa a punto e il trasferimento delle innovazioni tecnologiche. Coerentemente, nella strategia della cooperazione dei paesi avanzati dovrebbero, e in maniera prioritaria ma pur sempre coordinata con gli altri fattori e strategie suesposte, essere privilegiati i seguenti due indirizzi: sostenere i sistemi nazionali e internazionali di ricerca agricola nelle regioni in via di sviluppo, e potenziare in tali regioni le strutture e i programmi di formazione professionale e universitaria. Questi due indirizzi convergono verso l'unico obiettivo della produzione autoctona ed endogena di cultura, scienza, sperimentazione, tecnologia.*

Già allora, con grande lucidità e lungimiranza, Gian Tommaso Scarascia Mugnozza tracciava quelle linee direttrici per la difesa dei diritti umani nei paesi del Terzo Mondo, che ancor oggi l'ONU potrebbe e dovrebbe adottare. E che si possono sintetizzare in "... verso l'unico obiettivo della produzione autoctona ed endogena di cultura, scienza, sperimentazione,

tazione, tecnologia''.

Il Centro di risorse genetiche realizzato in India presso Madras, che opera per la tutela e la valorizzazione delle varietà locali conservate e coltivate dalle comunità rurali, è una piccola, ma concreta testimonianza in attuazione delle linee direttrici citate. Questo scritto del 1984, in cui si coglie l'impegno del Prof. Scarascia e la sua capacità di rivolgersi alle sedi politiche, mi pare di straordinaria attualità e di grande valenza politica!

### L'esperienza del Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA

Nel 1969 presso i laboratori del Centro Casaccia dell'allora CNEN, oggi ENEA, G.T. Scarascia Mugnozza e M.S. Swaminathan guidavano un Corso di Formazione per Agronomi e Genetisti dei paesi in via di sviluppo. Da poco ero stato assunto in quei Laboratori diretti e fondati una decina di anni prima da Scarascia. Il Centro della Casaccia era diventato in pochi anni il primo Centro di Ricerca in Italia, inserito in programmi nazionali e Internazionali.

A seguito della Conferenza di Ginevra del 1956 sugli Usi pacifici dell'energia nucleare, Scarascia aveva tracciato 4 linee di ricerca per le applicazioni in agricoltura.

- ♦ Radiogenetica, che poi si evolve in mutagenesi, colture in vitro, miglioramento genetico, ingegneria genetica ed ora, genomica e proteomica;
- ♦ radioisotopi, per studiare l'assorbimento degli elementi nutritivi e la loro traslocazione nelle piante e nei semi;
- ♦ radioconservazione delle derrate alimentari;
- ♦ lotta biologica con la tecnica dell'insetto sterile; in un laboratori della Casaccia nel 1969 venivano allevate ogni settimana, ben 11 milioni di mosche della frutta, una vera biofabbrica antesignana di *Ceratitis capitata*.

Già allora la strategia di ricerca adottata era quella orientata verso un equilibrio tra la ricerca di base e la ricerca applicata che fornisse risultati utili per il Paese. Era prassi che ogni giovane ricercatore svolgesse uno stage all'estero di almeno un anno. Il clima che si viveva nei Laboratori era di grande entusiasmo per la ricerca scientifica e per le collaborazioni internazionali.

A me fu assegnato un compito nel Progetto "Durum wheat Network", una rete di campi sperimentali coordinata dalla FAO/IAEA Joint Division, che coinvolgeva molti paesi del Bacino del Mediterraneo e del Medio Oriente. Imparai così a conoscere e a sentire vicine le realtà di Egitto, Libano, Siria, Tunisia, Grecia, Cipro, Turchia e di altri Paesi ancora. E a conoscere e a considerare di grande importanza la biodiversità che riguardava le colture agrarie e le culture di quei popoli.

La scelta del grano duro non era stata casuale. Particolare impegno fu dedicato a tale specie per una duplice motivazione: una di carattere scientifico, in quanto pianta poliploide e quindi interessante per studi di mutagenesi; l'altra di carattere pratico, in quanto pianta mediterranea, fino a quel momento trascurata dal miglioramento genetico.

La nuova varietà Creso fu selezionata nei laboratori del Centro della Casaccia da un incrocio fra un grano mutante radioindotto e una linea del Centro Internacional de Mejoramiento de Maize & Trigo. Si rivelò ben presto di grande interesse agronomico e industriale per l'elevata produttività in campo e la buona qualità di pastificazione. Registrata e iscritta nel 1974, in pochi anni diventò la varietà più coltivata in Italia (già nel 1982 rappresentava il 60% della semente di grano duro certificata) facendo raddoppiare la produzione italiana di grano duro a parità di superficie. Ancor oggi, dopo 30 anni dalla sua registrazione, il Creso è coltivato su un'area superiore al 20% della superficie totale a grano duro.

Il Creso è stato utilizzato nei programmi di miglioramento genetico del grano duro non solo

produzione  
autoctona ed  
endogena di  
cultura,  
scienza,  
sperimentazione  
e tecnologia

in Italia, ma anche in molti paesi, dalla Cina all'Australia, all'Argentina, agli USA, al Canada e presso i grandi Centri di Ricerca Internazionali (CIMMYT, ICARDA, CSIRO ecc.). Ritengo sia impossibile enumerare tutte le varietà di grano duro che sono derivate dal Creso; è certo che buona parte della produzione mondiale di grano duro è prodotta con varietà derivate dal Creso.

La varietà Creso è stata responsabile di una vera e propria rivoluzione cerealicola in Italia. Ha fatto crescere tutta la coltura del grano duro: da povera, sinonimo di povertà economica, agronomica, varietale, quella del grano duro è diventata una coltura ad alta tecnologia: seme certificato, tecniche agronomiche accurate; l'industria molitoria e quella pastaria sono diventate le prime industrie del mondo. La tecnologia ha richiamato e sviluppato nuova tecnologia, inclusa quella organizzativa e ha determinato il successo di una coltura, di una filiera e di una economia. E la pasta è rimasta un prodotto tipico, anzi si è affermata come prodotto tipico, piatto tipico italiano. Senza la ricerca e l'innovazione, la competitività del grano duro nei confronti del grano tenero sarebbe venuta meno. E anche il prodotto tipico pasta, prodotta con solo grano duro, sarebbe rimasto una nicchia sul mercato globale.

Il Creso ha dimostrato che anche i prodotti tipici richiedono il contributo della ricerca e dell'innovazione. L'Italia è un grande mercato di tecnologie, in gran parte importate. Sui prodotti tipici dobbiamo sviluppare ricerca e innovazione tecnologica; non possiamo illuderci di acquistare fuori le tecnologie adatte a dare competitività ai nostri prodotti. Un confronto con la coltura del mandorlo è inevitabile; anch'essa tipica coltura del Mezzogiorno, trascurata dalla ricerca e abbandonata dagli agricoltori. Oggi l'industria dolciaria italiana si approvvigiona in California, acquistando mandorle derivate dal germoplasma italiano.

A distanza di qualche anno devo dire che nel Centro Ricerche della Casaccia dell'ENEA, la pianta che Scarascia aveva fatto nascere ed allevato, è cresciuta ed anche adesso è una pianta sana, fortemente ancorata al sistema agro-alimentare. Le attività programmatiche sono focalizzate sulla genomica vegetale, i biofarmaci dalle piante, la diagnostica avanzata, la tutela dell'agro-ecosistema inclusa la biodiversità. Il Dipartimento ENEA/ BIOTEC si colloca tra gli attori della ricerca maggiormente impegnati nel sostenere, attraverso la propria azione scientifica e progettuale, lo sviluppo ed il miglioramento della competitività del sistema agro-alimentare nazionale.

### Scienza e responsabilità

Nella vicinanza lavorativa e umana con Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, ho imparato anche a condividere i grandi temi che riguardano la scienza e la coscienza. Credo che possono essere così sintetizzati: i valori della conoscenza e della partecipazione in difesa dei diritti umani quali libertà civile e politica e, prima ancora, libertà dai bisogni primari; in una visione culturale antropocentrica che vede l'uomo custode delle risorse naturali, la scienza impegnata per la sicurezza alimentare e ambientale in un quadro internazionale e di valorizzazione dell'interdisciplinarietà, lo scienziato, e nello specifico il genetista, che opera per il bene dell'umanità e dell'ambiente.

Lo sviluppo della società moderna tende verso una complessità sempre maggiore. Gli aspetti della scienza e della tecnologia sempre più si integrano con aspetti sociali, economici, politici, culturali, ecologici. All'agricoltura in particolare si richiede di soddisfare le sempre crescenti e diversificate aspettative del consumatore, di adottare le più avanzate tecnologie, di garantire nel contempo la sostenibilità ambientale e di essere competitivo sul mercato globale. Il suo peso si riduce sulla filiera, in quanto diventa preponderante quello della grande distribuzione organizzata, e la sua rappresentatività quasi scompare nello sce-

*il Creso, una  
varietà di  
grano ad alta  
tecnologia*

nario pressoché esaustivo assunto nel mondo dal gioco economico.

E' indispensabile continuare a sviluppare, con sempre maggiore impegno, la ricerca scientifica per migliorare le produzioni agro-alimentari, per assicurare la qualità e la sicurezza dei prodotti e dell'ambiente. Alcuni temi centrali, quali la biodiversità e la vulnerabilità dei suoli, non suscitano e non susciteranno gli interessi del mercato; solo l'impegno pubblico e il finanziamento pubblico possono assicurare un sostegno adeguato e un approccio olistico, che integri lo sviluppo delle nuove tecnologie con le esigenze culturali, ambientali e socio-economiche.

Infine, a nome anche dei Colleghi del Centro Casaccia e dell'ENEA, desidero esprimere a Gian Tommaso Scarascia Mugnozza la gratitudine per la strada che qualche anno fa ci ha insegnato, ed assicurare l'impegno a sviluppare la cultura e la ricerca scientifica, radicandola ancor più nel sistema agro-alimentare ambientale.

*(Relazione tenuta in occasione del X Anniversario dello Scarascia Mugnozza Genetic Centre, il 7 dicembre 2004, al Senato della Repubblica).*

# Vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti del clima

VINCENZO FERRARA  
ENEA

Progetto Speciale Clima Globale

studi & ricerche

Malgrado le azioni per la mitigazione dei cambiamenti climatici siano fondamentali, è necessario realizzare una strategia che permetta al mondo attuale di adattarsi ad un futuro sicuramente diverso per quanto è già accaduto o accadrà

## Adapting to *climate change*

### Abstract

*Implementing adaptation strategy in Italy, at least as regards uses of the territory and the coasts and in agriculture, is already a necessity.*

*The problems created by the weather extremes and natural disasters have been evident to all in recent years, but according to the IPCC scenarios they will become still more acute in the coming years. They are already instigating us to find ways to prevent or minimize the risk of disasters related to climate change and to prepare adequate response actions when these events occur, so that we can live with the changed conditions.*

*Planning the territory and socio-economic development today without taking account of climate change and of the risks associated with possible future changes could turn out to be a mistake with significant consequences, especially since it is already essential to reduce the vulnerability of the territory and increase the resilience of human and natural systems to a series of extreme events, including natural disasters.*

*Planning the future in a context of global change (in the climate and in the environment) is not only a responsibility but also an ethical duty to future generations.*

Il recente catastrofico evento dello “tsunami” nel sud est asiatico ha portato alla ribalta un problema antico, ma sempre attuale, nelle società umane: la prevenzione dei rischi e delle conseguenze negative di tutti quegli eventi, talvolta vengono definiti estremi (perché rari o inusuali) che hanno, da una parte una bassa probabilità di occorrenza ma, dall'altra hanno una alta probabilità di provocare danni ingenti. Lo sviluppo di una cultura di prevenzione è la base stessa dello sviluppo socio-economico delle società umane e se i paesi più ricchi vogliono aiutare i paesi più poveri nel loro cammino dello sviluppo non devono solo trasferire fondi e tecnologie “tout court” che potrebbero creare condizioni di nuovo colonialismo tecnologico, ma know how e cultura e soprattutto cultura della prevenzione. Nel 1990 un apposito organo scientifico consultivo delle Nazioni Unite, denominato IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) lanciò l'allarme alla Seconda Conferenza mondiale sul clima di Ginevra, che, pur in mancanza di certezze scientifiche, vi era comunque il rischio che il clima potesse cambiare a causa delle attività umane ed, inoltre, che il clima potesse cambiare a velocità molto più alta di quella che normalmente riguarda i naturali cicli del cambiamento climatico. L'assemblea generale delle Nazioni Unite dette allora l'avvio ad un negoziato internazionale per definire una convenzione internazionale globale denominata “Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici” (UNFCCC) che fu totalmente impostata su principi e presupposti di prevenzione. La Convenzione UNFCCC fu sottoscritta al Summit mondiale di Rio de Janeiro del 1992 sullo sviluppo sostenibile e, dopo il necessario numero di ratifiche, è entrata legalmente in vigore il 21 marzo del 1994. La filosofia di fondo di questa convenzione è molto semplice. Se il problema dei cambiamenti climatici, generato dalle attività umane, rappresenta un rischio questo va affrontato sia a monte del problema, agen-

do cioè sulle cause di origine antropica che influiscono sui cambiamenti del clima, sia a valle del problema, agendo cioè sugli effetti e le conseguenze negative che si potrebbero manifestare a causa di un cambiamento climatico, in modo da minimizzarne gli aspetti negativi e i possibili danni. In altre parole, è necessario prevenire agendo sulle cause, ma è anche necessario prevenire agendo sugli effetti. Le Nazioni Unite hanno così definito rispettivamente due strategie: la strategia di mitigazione dei cambiamenti climatici e la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

### Mitigare i cambiamenti del clima

La strategia di mitigazione ha l'obiettivo di eliminare o quanto meno rallentare i cambiamenti climatici dovuti alle attività umane, ed in particolare eliminarne la principale causa che è l'accumulo di gas serra in atmosfera provenienti dalle attività umane, accumulo che, per le caratteristiche che hanno questi gas serra di trattenere il calore, determina uno spostamento dell'equilibrio complessivo del bilancio energetico del sistema climatico e, quindi, una variazione del clima.

Per evitare l'accumulo di tali gas è necessario fare in modo che, a livello globale, emissioni ed assorbimenti di gas serra siano in equilibrio. Questo significa che, da una parte dobbiamo ridurre le emissioni atmosferiche, soprattutto di anidride carbonica, provenienti da tutte quelle attività umane che usano processi basati sulla combustione, e dall'altra incrementare l'assorbimento di anidride carbonica atmosferica sia con metodi naturali aumentando l'estensione delle foreste, la copertura vegetale del suolo ecc. (detti “carbon sink”) sia con metodi tecnologici eliminando artificialmente (con idonei impianti chimici) l'anidride carbonica atmosferica ed immagazzinandola opportunamente, e in modo definitivo, nel sottosuolo o in fondo agli oceani (detti “carbon sequestration”).

La strategia di mitigazione è stata suddivi-

sa in due fasi, in relazione alle responsabilità che hanno i vari paesi come inquinatori globali. La prima fase riguarda solo i paesi industrializzati che storicamente hanno prodotto il maggior inquinamento del pianeta (e che si conclude nel 2012) ed una seconda fase che riguarda tutti i paesi del mondo e che inizia a partire dal 2012.

Gli interventi generali e prioritari della prima fase della strategia di mitigazione sono tutti contenuti nel Protocollo di Kyoto, che definisce quali sono i gas serra da ridurre, quanto dovrà essere complessivamente ridotto (il 5,2% delle emissioni di tutti i paesi industrializzati rispetto al 1990), quanto ciascun paese industrializzato dovrà ridurre (per esempio l'Unione Europea dovrà ridurre dell' 8% e l'Italia del 6,5%), con quali modalità dovrà avvenire tale riduzione ecc. La seconda fase della strategia di mitigazione, che comincerà il 2012 (post-Kyoto) deve ancora essere messa a punto, e vedrà il coinvolgimento congiunto dei paesi industrializzati e di quelli in via di sviluppo verso obiettivi che dovranno progressivamente arrivare all'obiettivo generale di riequilibrio fra emissioni globali ed assorbimenti globali di anidride carbonica, una riduzione che dovrà aggirarsi attorno al 60% delle emissioni attuali.

Quantunque le azioni per la mitigazione dei cambiamenti climatici siano necessarie e fondamentali, tuttavia non si riuscirà, comunque, ad evitare che i cambiamenti climatici già innescati possano ulteriormente procedere anche nel caso del tutto teorico che diventassero immediatamente operative misure drastiche ed eccezionali di taglio delle emissioni antropogeniche di gas serra. Infatti, tra azioni dell'uomo e conseguenze sui cambiamenti climatici, intercorrono tempi spesso molto lunghi: un ritardo valutato in media sui 70 anni, secondo le stime IPCC. Per alcuni processi e fenomeni, come il riscaldamento dell'atmosfera, questi ritardi possono essere minori e limitati a qualche decennio, mentre per altri, come l'innalzamento medio del livello del

mare, possono estendersi anche per svariati secoli. Pertanto, una volta che l'interferenza umana ha messo in moto la macchina climatica, è del tutto illusorio pensare di annullare gli effetti di tale interferenza e riportare, quindi, la situazione alle origini.

### Convivere con i cambiamenti climatici: la strategia di adattamento

Accanto alla strategia di mitigazione, che è certamente più urgente per rallentare il più possibile i cambiamenti del clima causati dalle attività umane, è necessario realizzare anche una strategia che porti il mondo attuale ad adattarsi, senza troppi danni, ad un mondo futuro (ambientale e climatico) che sarà sicuramente diverso da quello attuale. Quanto sarà diverso da quello attuale lo possiamo stimare, sulla base delle conoscenze scientifiche attuali, solo in relazione a modelli matematici che si basano su diverse ipotesi di sviluppo socio-economico e di emissioni di gas serra e che presuppongono che il sistema climatico si comporti come un "sistema lineare". La scienza del clima non è ancora in grado di valutare fenomeni "non lineari" di destabilizzazione degli equilibri climatici, che sono tali da portare ad improvvisi cambiamenti del clima in tutto il pianeta o in parte di esso (per esempio fenomeni di glaciazione, invece che fenomeni di riscaldamento, come sembrerebbe più ovvio).

Queste stime, escluso il caso dei cambiamenti improvvisi del clima, si chiamano "scenari" di evoluzione futura del clima e sono collegati a varie ipotesi di sviluppo socio-economico mondiale. Gli scenari climatici futuri vanno da uno scenario minimo più ottimista, in cui la temperatura media del pianeta crescerà in un secolo di 1,4 °C (con sconvolgimenti climatici limitati anche se significativi), fino ad uno scenario massimo pessimista in cui la temperatura del pianeta crescerà in un secolo fino a quasi 6 °C (con sconvolgimenti climatici anche disastrosi). Attualmente, non sappiamo ancora in quale scenario potremo ricadere perché

molto dipenderà dalle azioni di mitigazione che nel frattempo faremo.

Pur nell'incertezza degli scenari, il clima è, comunque, destinato a cambiare: l'adattamento ai cambiamenti del clima è una necessità importante tanto quella della mitigazione. L'adattamento ai cambiamenti del clima significa in sostanza la messa a punto di piani, programmi, azioni e misure tali da minimizzare conseguenze negative e danni causati dai possibili, e probabili, cambiamenti climatici, cioè tali, sia da ridurre la vulnerabilità territoriale e quella socio-economica ai cambiamenti del clima, sia da sfruttare le nuove opportunità di sviluppo socio-economico che dovessero sorgere a causa dei cambiamenti del clima e dei suoi effetti.

Per la predisposizione e l'attuazione delle misure di adattamento, è ovviamente necessario:

- conoscere, prima di tutto, il grado di vulnerabilità (o di resilienza) dell'ambiente e del territorio quale esso è indipendentemente dai cambiamenti climatici;
- valutare, successivamente, come tale vulnerabilità evolve o viene modificata in relazione ai prevedibili scenari futuri di cambiamento del clima;
- analizzare, infine, le possibili opzioni di intervento per ridurre i nuovi rischi che si generano per l'accresciuta vulnerabilità e per prevenire gli effetti negativi e i danni.

Non tutte le modifiche e gli impatti dei cambiamenti climatici saranno negativi o dannosi: in questo contesto occorre individuare anche le conseguenze benefiche, in quanto utilizzabili come nuove occasioni di sviluppo.

### Ridurre la vulnerabilità ai cambiamenti del clima

Il punto di partenza per ridurre la vulnerabilità e procedere all'adattamento è costituito dalle previsioni, o meglio, dagli scenari di cambiamento climatico a cui sono associati i relativi scenari di impatto e di conse-

guenze negative con le relative probabilità di occorrenza. Tuttavia, non sempre è possibile quantificare le conseguenze negative di un dato scenario di cambiamento climatico, né tanto meno valutarne esattamente la probabilità di occorrenza (o il tempo di ritorno) e stimare concretamente l'entità dei rischi.

Proprio perché la scienza del clima non è ancora in grado di dare risposte ragionevolmente certe, nella UNFCCC si fa riferimento al "principio di precauzione" secondo il quale se le conseguenze di una certa causa (come le modifiche del clima su un certo territorio) possono portare a danni o effetti negativi, possibili anche se scientificamente non determinabili, è meglio predisporre le contromisure che si ritiene possano essere le più adeguate per prevenirne i danni piuttosto che non fare nulla.

Trattandosi di un principio etico e non scientifico, l'adeguatezza delle contromisure non è ovviamente definibile in modo quantitativo, ma va determinata sulla base del valore etico, oltre che economico, che si attribuisce ai beni da proteggere e, se si tratta di beni collettivi non patrimoniali (come sono i beni ambientali), sulla base del consenso dei cittadini interessati.

### Aumentare le capacità di adattamento

L'essere umano considerato come singola specie animale ha grandi capacità di adattamento al clima e alle condizioni ambientali e territoriali, come dimostra la diffusione del genere umano su tutto il pianeta. Viceversa, i sistemi umani, intendendo i sistemi socio-economici, culturali ed infrastrutturali tipici di ciascun contesto territoriale nazionale o internazionale, con tutti i relativi aspetti urbanistici, di agricoltura, di risorse idriche, di industrializzazione, di trasporto ecc. sono spesso scarsamente adattabili ai cambiamenti del clima.

Anzi a volte, molti sistemi umani molto complessi (quelli ad esempio, dei paesi industrializzati) sono così vulnerabili ai cam-

biamenti che talvolta basta, non un cambiamento climatico, ma un singolo evento meteorologico inusuale (alluvione, tromba d'aria, mareggiata o anche un fulmine) per provocare la crisi di una o più parti del sistema (reti elettriche, reti informatiche, reti dei trasporti, produzione agricola ecc.) fino a mettere, con una reazione a catena, in crisi tutto il sistema e provocare danni economici anche ingenti e prolungati nel tempo.

Gli interventi di adattamento che, a volte, potrebbero essere anche estremamente costosi, risulteranno tanto più appropriati, efficaci ed efficienti, quanto maggiori sono le capacità di adattamento del sistema umano, vale a dire: quanto maggiori sono le capacità progettuali e programmatiche, le capacità scientifiche, tecnologiche e di know how, le capacità organizzative, infrastrutturali e di intervento operativo, ma anche quanto migliore è l'organizzazione sociale ed economica del sistema umano e quanto più alto è il livello di informazione e di consapevolezza dei problemi da parte della popolazione.

Le capacità di adattamento di un sistema umano dipendono, in larga misura, dal livello di sviluppo complessivo di quel sistema umano (cioè della nazione, di un popolo o di una comunità). Di conseguenza, le capacità di adattamento sono maggiori per i paesi industrializzati e minori per i paesi in via di sviluppo, maggiori per i popoli ricchi e minori per i popoli poveri. Ma, in seno ad uno stesso paese industrializzato, come l'Italia, le capacità di adattamento sono maggiori nelle regioni o nelle comunità locali dove maggiore è la cultura scientifica e tecnologica, migliore è l'organizzazione socio-economica locale, maggiore la conoscenza dei problemi e la partecipazione dei cittadini.

### Programmare l'adattamento

Ai fini della programmazione degli interventi di adattamento, bisogna porsi delle domande prioritarie che riguardano complessivamente i costi e i benefici dei possibili inter-

venti da attuare, dove per costi e benefici non si intendono solo quelli di sostenibilità economica, ma anche quelli di sostenibilità sociale e di sostenibilità ambientale.

Un sistema umano (che può essere una nazione, una amministrazione locale, una comunità ecc.) può, ad esempio, ritenere opportuno, da una analisi costi/benefici, non fare nulla per adattarsi ai cambiamenti climatici, ovvero ritenere accettabile correre il rischio di subire i possibili danni, perdite o modifiche (reversibili e irreversibili) prodotti dai cambiamenti climatici. La decisione di non fare nulla, generalmente scaturisce dalla valutazione che i costi di prevenzione e minimizzazione appaiono troppo alti rispetto ai probabili costi dei danni paventati sia in relazione all'effettiva entità del rischio del cambiamento climatico (in altre parole è poco probabile che il clima cambi) sia all'effettiva entità dei possibili danni (in altre parole, anche se il clima cambia, è poco probabile che vi siano danni rilevanti). In tal caso, quel sistema umano sopradetto è disposto a subire, ovvero accetta di accollarsi, la parte di rischio a bassa probabilità, vale a dire l'eccezionalità degli eventi e delle conseguenze che inizialmente riteneva improbabile potessero accadere.

Se viceversa, dall'analisi costi/benefici risulta che i costi e gli impegni da affrontare possano ritenersi accettabili e quindi bisogna fare qualcosa, allora si possono attuare varie alternative per affrontare sia il rischio del cambiamento climatico sia il rischio del danno:

- 1) *difesa passiva*: vale a dire modificare la vulnerabilità del territorio e del sistema socio-economico agendo sulla riduzione del rischio aggiuntivo indotto dai cambiamenti del clima: in questo caso si cerca di attuare misure preventive di difesa passiva senza modificare le attività umane (per esempio costruire dighe per le zone soggette ad esondazioni dei fiumi o innalzamento del livello del mare,

favorire il drenaggio dell'acqua per le zone soggette a rischio di alluvioni o, viceversa, favorire il risparmio e l'accumulo di acqua per le zone soggette a rischio di desertificazione ecc.);

- 2) *difesa attiva*: vale a dire, modificare la vulnerabilità del territorio e del sistema socio-economico agendo sulla riduzione dei danni causati dal rischio aggiuntivo (indotto dai cambiamenti del clima): in questo caso si cerca di attuare misure preventive di riduzione e attenuazione dei danni paventati oppure si cerca di ricorrere ad alternative di sviluppo socio-economico equivalenti (ad esempio modificando le attività umane che ci sono su un dato territorio, modificando le attività agricole passando da un tipo di coltivazione ad un altro o da un tipo di prodotto ad un altro ecc.);
- 3) *difesa assicurativa*: vale a dire non modificare la vulnerabilità del territorio e del sistema socio-economico, ma suddividere e dividerne i danni in modo solidale: in questo caso si cerca di attuare misure preventive che mettano in moto meccanismi di risarcimento dei danni (ad esempio: istituire un fondo comune "ad hoc", stipulare polizze di assicurazione ecc.);
- 4) *abbandono*: vale a dire non modificare la vulnerabilità del territorio e del sistema socio-economico, ma abbandonare il territorio e le sue vecchie opportunità di sviluppo: in questo caso si cerca di attuare misure di prevenzione tese a delocalizzare le attività umane esistenti verso territori e ambienti ove i rischi sono minori o dove, per effetto dei cambiamenti del clima si creino nuove possibilità di sviluppo delle attività umane alternative alle precedenti.

## I problemi di vulnerabilità e di adattamento in Italia

L'attuazione della strategia di adattamento, in Italia almeno per quanto riguarda l'uso del territorio, delle coste e per il settore agri-

coltura, rappresenta già una necessità attuale: infatti, problemi di estremizzazione degli eventi meteorologici e delle catastrofi naturali che si stanno ponendo davanti agli occhi in questi ultimi anni, ma che, secondo gli scenari IPCC, diventeranno più acuti negli anni a venire, ci richiamano già ora l'attenzione sui problemi della vulnerabilità attuale del territorio italiano e sulla necessità di adattamento.

In Italia, le attività di sviluppo socio-economico sono state in passato progettate e dimensionate sul territorio con il presupposto, implicito o esplicito, di condizioni climatiche medie su quel territorio, tenendo conto tutt'al più della "normale" variabilità climatica esistente (incluse le frequenze precedentemente osservate degli eventi estremi), così come la si conosceva dalle vicende del passato. Così facendo si è assunto, consapevolmente o inconsapevolmente, che per il futuro, o almeno per il periodo previsto di esistenza di quella attività, il clima permanesse perfettamente stazionario ed invariato rispetto al passato. Se il clima cambierà, ma soprattutto se cambierà l'intensità e la frequenza degli eventi estremi, i rischi per la sicurezza di quelle attività e per la loro redditività economica non solo aumenteranno, ma talvolta aumenteranno in modo sproporzionato o imprevedibile.

Con il clima che cambia, lo sviluppo delle attività economiche sul territorio dovrà necessariamente fare i conti con le variazioni di vulnerabilità ambientale e territoriale delle varie realtà territoriali e la programmazione dello sviluppo avrà necessità di essere impostato in modo diverso e dinamico, cioè con l'occhio rivolto al futuro del clima e non al clima del passato.

Questo permetterà di definire meglio non solo la sensibilità o la criticità di ciascun settore delle attività economiche ai cambiamenti del clima, ma anche di migliorare e potenziare le capacità di adattamento alle condizioni climatiche

future previste da appositi scenari, in relazione agli specifici contesti territoriali. È probabile che in molti contesti territoriali le necessità di adattamento e le esigenze di sostenibilità economica di alcune attività umane (agricoltura, turismo ecc.), non comporteranno solo dei riaggiustamenti minori per prevenire le perdite o per ripristinare il territorio colpito dalle calamità, ma potrebbero comportare anche interventi tesi a cambiare radicalmente metodi e tecniche di produzione economica o interventi più drastici per cambiare lo stesso uso del territorio.

Qualora l'entità dei cambiamenti climatici e dei relativi impatti risultasse rilevante, non ci sarebbe da meravigliarsi se le analisi di adattamento, su un certo territorio, consigliassero addirittura di abbandonare certe attività produttive per sostituirle con altre economicamente ed ambientalmente più sostenibili nel futuro contesto dei cambiamenti del clima.

Sulla base agli scenari di cambiamento climatico in Italia, i principali problemi di riduzione della vulnerabilità ai cambiamenti del clima e di adattamento ad un contesto ambientale e territoriale diverso da quello attuale si possono risolvere attraverso un modo diverso di pianificazione in quei settori che le analisi di impatto climatico hanno mostrato essere più critici qualora si manifestasse un cambiamento del clima. I maggiori problemi, infatti, riguardano la:

- *pianificazione e gestione delle risorse idriche*, in relazione alla prospettiva di diminuzione complessiva delle risorse idriche, di incremento degli eventi meteorologici estremi (alluvioni e siccità), di aumento del differenziale tra nord e sud Italia nella disponibilità di acqua;
- *pianificazione e gestione degli usi del territorio e delle risorse ambientali naturali*, in relazione alla prospettiva di migrazione verso nord (verso più alte latitudini)

e verso l'alto (verso più alte quote) di tutti gli ecosistemi con conseguenti modifiche del paesaggio naturale, di variazioni della biodiversità e di disponibilità delle risorse ambientali, di variazione dei rischi idrogeologici conseguenti a deglaciazione alpina e all'aumento di eventi meteorologici estremi;

- *pianificazione e gestione delle coste e delle risorse marine*, in relazione alla prospettiva di innalzamento del livello del mare, di possibili inondazioni e maggiori erosioni costiere, di variazioni della biodiversità marino-costiera, di infiltrazione di acqua salata nelle falde di acqua dolce costiere;
- *programmazione dello sviluppo di alcuni settori economici* particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici, quali quello agricolo e agroalimentare, quello degli insediamenti umani e delle infrastrutture nelle aree a maggior variazione di rischio idrogeologico, quello energetico e, infine, quello turistico e del tempo libero.

Programmare, nella situazione attuale, il territorio e lo sviluppo socio-economico senza tener conto dei cambiamenti del clima e dei rischi associati ai possibili futuri cambiamenti potrebbe rivelarsi in futuro un errore non trascurabile, specialmente se già ora è prioritario ridurre la vulnerabilità e aumentare la resilienza dei sistemi umani e di quelli naturali ad una serie di eventi estremi, compresi i disastri naturali. Programmare il futuro in un contesto di cambiamenti globali (climatici ed ambientali), oltre che una responsabilità, è anche un dovere etico delle generazioni attuali verso le generazioni che verranno.

## Bibliografia

1. Criqui, P. et al (2003): *Greenhouse gas reduction pathways in the UNFCCC process up to 2025*, Tech Rep. EU-DG Environment, contract BA-3040/2001/325703/MAR/E.1, European Commission, Bruxelles.
2. ENEA (2003): *Terza Comunicazione Nazionale dell'Italia alle Nazioni Unite (UNFCCC)*, Capitolo 6, Ministero dell'Ambiente e del Territorio, Roma.
3. ENEA - FEEM (2003): *La risposta al cambiamento climatico in Italia*, Rapporto ENEA – Ministero Ambiente e Territorio, Roma.
4. EEA - European Environment Agency (2004): *Impacts of Europe's changing climate*, EEA Report 2/2004 Copenhagen.
5. EEA - European Environment Agency (2004): *Annual European Community greenhouse gas inventory 1990-2002 and inventory report 2004*, Tech Rep. N. 2/2004, Copenhagen.
6. Ferrara, V. (2004): *COP-9 un bilancio dei risultati*, Energia Ambiente Innovazione, v. 50, n.1, 25-30.
7. Ferrara, V. (2003): *Il clima prossimo venturo: Evoluzione del clima ed impatti dei cambiamenti climatici in Italia*, Energia Ambiente Innovazione, v. 49, n. 5, 15-30.
8. Hitz, S. and Smith, J. (2004): *Estimating global impacts from climate change*. Global Environmental Change v. 14, n 3, 201-218.
9. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, New York.
10. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, New York.
11. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001: *Climate Change 2001: Mitigation*, Cambridge University Press, New York.
12. Klein, Richard J.T (2002): *Climate change, adaptive capacity and sustainable development*, OECD Report Meeting on Development and Climate Change, Paris March 1, 2002.
13. Parson E.A. et al. (2003): *Understanding climate impacts, vulnerabilities and adaptation in the USA*, Climatic Change, v. 57, n.1, 9-42.
14. Sciortino, M. et al. (2000): *Lotta alla desertificazione in Italia e nel bacino del Mediterraneo*, Energia Ambiente Innovazione, v. 46, n. 2, 30-39.
15. UNFCCC (2003): *Compilation and synthesis report on third national communications*, Report n. FCCC/SBI/2003/7.

# Il trasferimento elettronico diretto tra biomolecole ed elettrodi modificati con polimeri conduttori

L. DELLA SETA<sup>1</sup>, J. MALY<sup>2</sup>,  
E. CIANCI<sup>3</sup>, T. FARNETI<sup>1</sup>  
V. FOGLIETTI<sup>3</sup>, M. ILIE<sup>4</sup>,  
B. LANZA<sup>1</sup>, A. MASCI<sup>1</sup>  
M. R. MONTEREALI<sup>1</sup>  
W. VASTARELLA<sup>1</sup>  
R. PILLOTON<sup>1</sup>

ENEA

<sup>1</sup> UTS Protezione e Sviluppo  
dell'Ambiente e del Territorio,  
Tecnologie Ambientali

<sup>2</sup> University of J.E. Purkyne,  
Repubblica Ceca

<sup>3</sup> CNR, Istituto di Fotonica e  
Nanotecnologie

<sup>4</sup> University Politehnica of  
Bucharest, LAPi, Romania

Nel quadro della ricerca sui biosensori per gli erbicidi è stato realizzato un nuovo metodo di immobilizzazione che sfrutta le proprietà di un polimero conduttore depositato elettrochimicamente su un elettrodo d'oro, ottenendo il trasferimento elettronico diretto dal centro red-ox di una proteina senza impiegare mediatori chimici

## *Direct electron transfer between biomolecules and electrodes modified with conductive polymers*

Abstract

*Photosystem II-modified gold electrodes providing direct mediatorless electron transport based on an electrodeposited layer of conductive poly(mercapto-p-benzoquinone). Such electrodes are suitable for manufacturing biosensors for herbicides or microphotovoltaic cells. Sulfobenzoquinone was prepared by organic synthesis. A poly(mercapto-p-benzoquinone) layer was synthesized on screen-printed gold electrodes and microelectrodes in a silicon microarray via an electrochemical oxidation process of sulfo-p-benzoquinone at +650 mV vs. Ag/AgCl. The basic properties of the poly(mercapto-p-benzoquinone) layer were characterized by linear sweep voltammetry and atomic force microscopy. Redox behaviour typical for quinones was observed. Photosystem II particles isolated from thermophilic cyanobacteria (*Synechococcus bigranulatus*) were immobilized on gold electrodes covered by poly(mercapto-p-benzoquinone). Photocurrent generation was observed at  $E = +250$  mV (vs. Ag/AgCl) without the addition of any mediator. The optimal length of the polymer that provides direct mediatorless electron transport was found to be very close to 30 nm.*

La grande maggioranza degli erbicidi oggi in uso (triazine, feniluree, fenoli) bloccano il trasporto elettronico nel PSII a causa di un legame specifico<sup>1</sup>, che ha come effetto l'inibizione della fotosintesi. Queste classi di erbicidi possono essere convenientemente determinate usando speciali sistemi analitici, chiamati biosensori fotosintetici, grazie alle proprietà caratteristiche del PSII (vedi riquadro "Principio di funzionamento dei biosensori a PSII").

Il PSII è un complesso multiplo della clorofilla, localizzato nella membrana tilacoide di tutti gli organismi fotosintetici (piante superiori, alghe, cianobatteri), che impiegano la luce solare per scindere l'acqua in ossigeno molecolare e protoni (vedi riquadro "Spinaci e celle fotovoltatiche"). Gli erbicidi fotosintetici si legano selettivamente al sito riducente del complesso PSII, il centro di reazione proteico D1, dove si sostituiscono all'accettore secondario di elettroni  $Q_B$ <sup>1-3</sup>.

Un biosensore per la determinazione di erbicidi triazinici, ureici e fenolici era già stato preparato utilizzando come elemento attivo particelle di fotosistema II, isolate dal cianobatterio termofilo *Synechococcus bigranulatus*, intrappolate tra una membrana di teflon ed una membrana da dialisi sulla superficie di un elettrodo ad ossigeno di Clark<sup>4</sup>. L'evoluzione di ossigeno prodotta dal PSII durante brevi illuminazioni con la luce rossa di un led ad alta intensità, è stata registrata e messa in relazione (proporzionalità inversa) alla concentrazione di erbicida nel mezzo.

Un tipo più avanzato di biosensore a PSII è stato sviluppato utilizzando PSII immobilizzato su elettrodi di grafite stampati con tecniche serigrafiche<sup>5</sup>; questi elettrodi sono stati usati per la determinazione amperometrica dell'attività del PSII in presenza di un accettore artificiale di elettroni (DQ). In questo caso la possibilità di immobilizzare il PSII sulla superfi-

### Abbreviazioni

**act**: attività residua del PSII dopo l'inibizione; **AFM**: microscopia a forza atomica; **Ag/AgCl**: elettrodo di riferimento di argento/cloruro di argento; **ATR**: atrazina, 2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazina; **BSA**: albumina di siero bovino; **BSA-GA-PSII**: PSII reticolato in una matrice di BSA e GA; **BQ**: benzochinone; **CV**: voltammetria ciclica; **CVD**: chemical vapour deposition; **DCMU**: diuron; **DET**: trasporto elettronico diretto; **DM**: dodecilmaltoside; **DQ**, durochinone (tetrametil-p-benzochinone); **g**: costante di gravità ( $6,67 \cdot 10^{-11} \text{N m}^2\text{kg}^{-2}$ ); **EDM**: Electrochemically Deposited Multilayers; **GA**: glutaraldeide; **I<sub>50</sub>**: dose di erbicida che causa la diminuzione del 50% dell'attività del fotosistema; **[H]**: concentrazione di erbicida; **(His)<sub>6</sub>-PSII**: fotosistema II ingegnerizzato con una coda di 6 istidine; **LED**: light-emitting diode; **LOD**: limit of detection; **MES**: acido 2-(N-morfolino) etansulfonico; **MESB**, 40 mM MES, 100 mM NaCl, 15 mM CaCl<sub>2</sub>, 15 mM MgCl<sub>2</sub>,  $5 \cdot 10^{-5}$  M chloramfenicolo, 0,03% DM, pH=6,5; **MET**: trasporto elettronico mediato; **PB**: tampone fosfato 0,1 M (pH=7,0); **Piranha**: soluzione, acido solforico/acqua ossigenata in rapporto 1:2; **polySBQ**: poly(mercapto-p-benzochinone); **poly-SBQ-AuWE**: elettrodo di lavoro d'oro ricoperto con poly(mercapto-p-benzochinone); **PSII**: fotosistema II; **PSII-polySBQ-AuWE**: elettrodo di lavoro di oro ricoperto con poly(mercapto-p-benzoquinone) e con PSII immobilizzato; **Q<sub>A</sub>**, **Q<sub>B</sub>**: tasche di legame del PSII; **SAM**: self assembled monolayer; **SBQ**: sulfobenzochinone; **WE**: elettrodo di lavoro.

cie degli elettrodi è limitata alla reticolazione della biomolecola all'interno di una matrice di BSA-GA poiché numerosi altri metodi di immobilizzazione sperimentati hanno presentato problemi di differente natura: in alcuni casi si è notata la completa perdita dell'attività del PSII; negli altri casi, accanto alla conservazione dell'attività fotosintetica, si è osservata la perdita di qualsiasi effetto inibitore da parte degli erbicidi. L'impiego della tecnica di immobilizzazione basata su BSA-GA ha anch'esso tuttavia, presentato alcuni svantaggi poiché ha rallentato sensibilmente la diffusione del mediatore e degli inibitori con l'effetto principale di diminuire la sensibilità agli erbicidi.

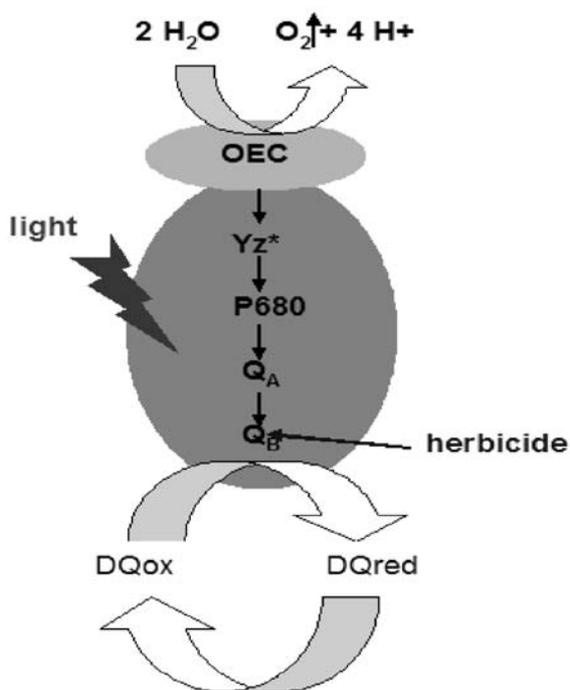
Un monostrato orientato di (His)<sub>6</sub>-PSII ricombinante è stato usato in alternativa come parte sensibile del biosensore in un lavoro più recente<sup>6-7</sup> mostrando migliori proprietà nella diffusione rapida dell'inibitore, nella sensibilità e nel tipo di immo-

## Principio di funzionamento dei biosensori a PSII

Il PSII è una proteina di membrana di oltre 600 kD che si trova all'interno dei tilacoidi di alghe e piante superiori produttrici di ossigeno. È l'unico tra i sistemi fotosintetici a produrre un elevato potenziale redox tale da ossidare l'acqua: il PSII è infatti responsabile del trasferimento, indotto dalla luce, degli elettroni dall'acqua al plastoquinone, indicato con la sigla Q, secondo la reazione globale:



L'unità funzionale minima del PSII capace della produzione di ossigeno, costituita da circa 10 subunità di proteine di membrana e da tre proteine estrinseche, è chiamata *PSII core complex*. Le proteine di membrana del *PSII core complex* sono costituite da una coppia di proteine D1 e D2, subunità di 32 kD inserite nella membrana tilacoide che contengono globalmente: il centro di reazione e la catena per il trasferimento elettronico, una coppia di proteine antenna interne CP47 e CP43 che contengono clorofilla, un'emoproteina (citocromo *b-559*) e diverse altre proteine a basso peso molecolare 33 kD, 17 kD (citocromo *c-550*) e 12 kD associate al centro manganese, il complesso adibito alla generazione d'ossigeno.



La luce catturata dalla clorofilla delle antenne CP43 e CP47 è incanalata verso la clorofilla P680 del centro di reazione, pigmento che presenta il massimo d'eccitazione alla lunghezza d'onda di 680 nm. Dallo stato eccitato P680\* in un tempo dell'ordine dei picosecondi un elettrone è trasferito alla feofitina (Ph), molecola porfirinica simile alla clorofilla *a* ma priva di magnesio, lasciando un radicale cationico P680+. Nel sito QA della subunità D2 è legato in maniera permanente un plastoquinone che accetta l'elettrone dalla feofitina e lo trasferisce ad un plastoquinone che occupa temporaneamente il sito QB di D1 generando il radicale q. Acquisendo un secondo elettrone da QA, la specie ridotta QH2 lascia il sito QB conservando nel suo potere riducente l'energia di due fotoni. Contemporaneamente nel *core complex* del PSII avviene l'ossidazione dell'acqua: il radicale P680+ ha un forte potere ossidante e toglie elettroni all'acqua generando O2, riportando così il centro di reazione nello stato non eccitato. Questa ossidoriduzione coinvolge quattro elettroni ed è catalizzata da un complesso di quattro ioni manganese che passa attraverso cinque stati d'ossidazione, da S0 a S4, liberando per ogni ciclo una molecola d'O2 da due molecole d'acqua; questo sistema di controllo fa in modo che non si formino durante la reazione intermedi di parziale riduzione potenzialmente dannosi. Il ciclo fotosintetico prosegue poi con il trasferimento degli elettroni dal QH2 del PSII al PSI.

L'importanza del PSII per scopi analitici<sup>47</sup> è dovuta al fatto che molte sostanze usate come erbicidi inibiscono la fotosintesi bloccando proprio siti specifici nei cloroplasti, dunque la stessa reazione d'inibizione può essere sfruttata per determinare l'eventuale presenza di erbicidi residui nelle acque.

Sono inibitori della fotosintesi le triazine, le feniluree, gli uracili, i benzotiodiazoli, i nitrili, i carbammati e gli acidi carbossilici; in particolare i derivati della triazina (es: atrazina) e dell'urea si legano al sito plastoquinonico QB della subunità D1 del *PSII core complex* e impediscono l'accesso alla molecola accettrice di elettroni bloccando dunque la reazione di Hill di evoluzione di ossigeno.

Il PSII accoppiato ad un opportuno sistema di trasduzione può essere quindi utilizzato per la rivelazione della concentrazione residua di erbicida tramite una semplice misura di ossigeno o della forma ridotta del chinone. Nelle misure sperimentali si preferisce usare il durochinone (DQ) in soluzione che agisce da accettore artificiale di elettroni al posto del plastoquinone naturale.

## Spinaci e celle fotovoltaiche

In un articolo pubblicato sulla rivista *NanoLetters*<sup>22</sup> dell'American Chemical Society, è stato abbattuto un ostacolo verso l'integrazione efficace di un complesso molecolare fotosintetico in un dispositivo elettronico a stato solido.

Alcuni ricercatori del Massachusetts Institute of Technology (Baldo e collaboratori) hanno incorporato la capacità di una pianta di convertire la luce del sole in energia in un dispositivo elettronico a stato solido che potrebbe essere usato per alimentare computer portatili e telefoni cellulari.

La capacità delle piante e dei cianobatteri di generare energia accumulando protoni è già stata ottimizzata e resa estremamente efficiente dall'evoluzione delle specie attraverso i complessi fotosintetici. Questi ultimi rappresentano dispositivi elettronici molecolari archetipici contenenti circuiteria ottica ed elettronica organizzata in uno scheletro proteico. Ad oggi, la tecnologia convenzionale non è in grado di eguagliare tali circuiti elettronici.

Il centro di reazione fotosintetico, ad esempio, largo da 10 a 20 nanometri, è tra i più piccoli circuiti elettronici conosciuti e può produrre una gran quantità di energia relativamente alle proprie dimensioni e al proprio peso. Per questo motivo, la integrazione con l'elettronica allo stato solido può fornire un'architettura innovativa e attraente per le future generazioni di circuiti elettronici nei quali i componenti molecolari sono organizzati all'interno di uno scheletro macromolecolare. Per un pratico impiego come dispositivi tecnologici essi devono essere stabilizzati prima di essere integrati con sistemi elettronici a stato solido. Come altri complessi proteici, infatti, sono materiali delicati, ottimali per operare in un doppio strato lipidico all'interfaccia di fasi acquose. Il cuore del dispositivo proposto è costituito da un complesso di proteine derivato dai cloroplasti degli spinaci o da un batterio, il *Rhodobacter (Rb.) sphaeroides*. In passato, il tentativo di combinare materiali biologici e non biologici si è rivelato molto difficile: infatti i primi necessitano di acqua e sali, elementi letali per qualsiasi dispositivo elettronico. Baldo e colleghi hanno usato una membrana di peptidi surfattanti per favorire l'autoassemblaggio del complesso fotosintetico e stabilizzarlo mentre il circuito viene fabbricato. Il dispositivo bioelettronico realizzato non contiene acqua, di solito indispensabile per la sopravvivenza delle proteine. Usando una membrana di peptidi, i ricercatori del MIT sono riusciti a stabilizzare il complesso di proteine in un ambiente secco per almeno tre settimane ottenendo un'efficienza quantica del 12% per la realizzazione di fotorivelatori o celle fotovoltaiche.

bilizzazione reversibile e orientata nello spazio. Nonostante questo, il denso monostato di PSII depositato ha agito in modo determinante sulla diffusione del mediatore redox<sup>8</sup>. La strategia per superare questo inconveniente è basata sull'impiego di superfici elettrodiche funzionalizzate con polimeri conduttori<sup>9,10</sup>. Per questo motivo, il DET in assenza di mediatore potrebbe migliorare notevolmente le proprietà del biosensore a PSII con il superamento di tutti i fattori derivanti dalla diffusione del mediatore attraverso gli strati enzimatici prima di raggiungere l'elettrodo.

Nell'ultimo decennio è stata descritta la sintesi di numerosi polimeri, spesso chiamati "molecular wires" a causa della proprietà di condurre la carica elettrica; i più utili sono quelli sintetizzabili con un processo di elettropolimerizzazione che permette di controllare facilmente la lunghezza del cavo molecolare ed il contat-

to con la proteina.

In natura gli elettroni sono allontanati dal PSII da plastochinoni solubili nella membrana che si legano all'interno della cosiddetta sacca  $Q_B$  del PSII; il "molecular wire" più adatto al nostro scopo quindi, dovrebbe avere come gruppo finale un chinone che si adatti all'interno della sacca  $Q_B$  e che possa facilmente assorbire gli elettroni generati fotosinteticamente. Lo spontaneo autoassemblarsi dei chinoni tiolati come il mercaptobenzoquinone ed i suoi analoghi sulla superficie d'oro è stato ampiamente descritto<sup>11-13</sup>. Sfortunatamente, come è già stato mostrato<sup>14</sup>, tali strati monomolecolari non possono essere usati per un DET dai centri redox dell'enzima in quanto la loro lunghezza (circa  $4,4 \text{ \AA}$ <sup>12</sup>) è inferiore alla distanza tra l'elettrodo ed il gruppo attivo della proteina; inoltre, l'introduzione di uno spaziatore generico tra il chi-

none e l'elettrodo non può rappresentare una soluzione, in quanto la reversibilità della reazione di ossidoriduzione diminuisce all'aumentare della distanza. Al contrario il mercaptobenzochinone nella sua forma polimerica (il polySBQ depositato elettrochimicamente su un elettrodo d'oro<sup>14-16</sup>), è conduttore e può essere usato per un DET da tutti quegli enzimi (es. xantina ossidasi, piruvato-ossidasi, D-aminoacido-ossidasi) che impiegano i chinoni come donatori/accettori di elettroni<sup>14-16</sup>. Nel presente lavoro ci si propone di mostrare che è possibile ottenere DET tra un monostrato di PSII e un elettrodo d'oro utilizzando uno strato di polySBQ.

## Procedure

**Isolamento del PSII:** le preparazioni di PSII utilizzate per l'immobilizzazione sono state isolate dal cianobatterio termofilo *Synechococcus bigranulatus* (ceppo Kovrov

1972/8 incubato a 56 °C) secondo procedure già messe a punto<sup>4,19</sup>. Le membrane tilacoidi del microorganismo sono state solubilizzate con un detergente non ionico (eptiltioglucozide) in un rapporto detergente:clorofilla di 8:1. Dopo ultracentrifugazione a 250.000 g per 30 min, il supernatante di particelle di PSII contiene mediamente tra 200 e 400 mg Chl L<sup>-1</sup>.

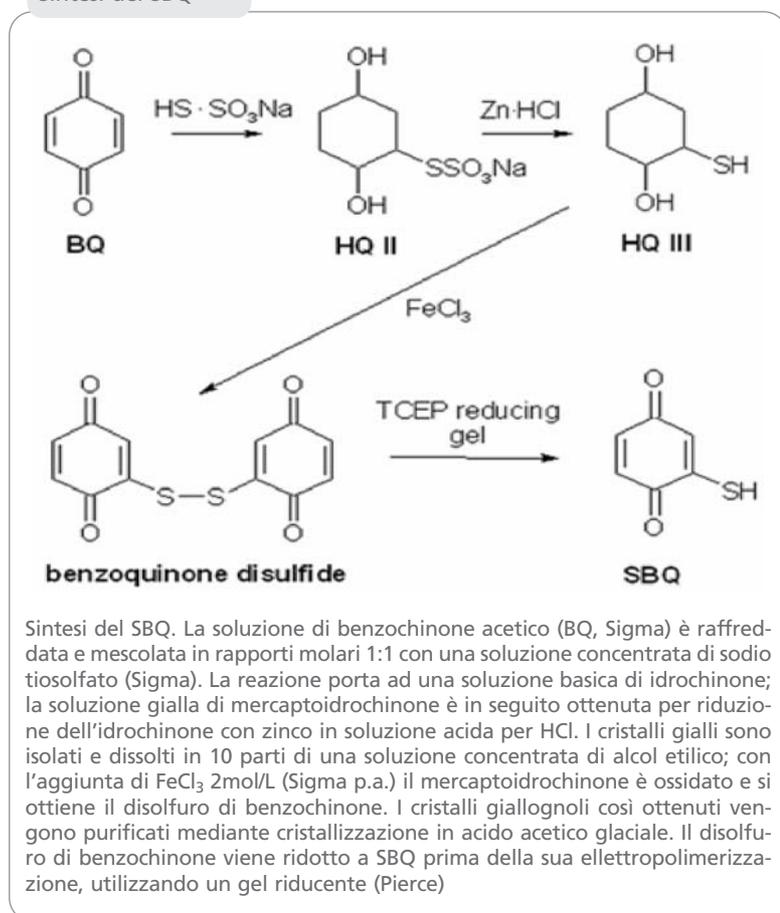
**Sintesi di SBQ e deposizione di polySBQ:** il SBQ (figura 1) è stato ottenuto con la procedura descritta da Alcalay<sup>17</sup>.

Prima della elettropolimerizzazione del SBQ gli elettrodi stampati ceramici (BVT Tisnov, Repubblica Ceca) sono stati puliti con soluzione Piranha (30s). L'elettrodeposizione dello strato di SBQ è stata fatta dopo aver fatto gorgogliare azoto nella soluzione di SBQ satura (25 mmol/L PB (pH = 7,4) a +650 mV vs Ag/AgCl). La voltammetria ciclica (CV) è stata utilizzata per la determinazione delle proprietà redox del poly-SBQ. Gli elettrodi stampati d'oro così ricoperti sono stati immersi in PB (25 mmol/L, KCl 100 mmol/L) deareato con azoto per 15 minuti (CV tra -1 e 1 V vs. Ag/AgCl). La scansione è stata ripetuta 10 volte ed il valore mediato delle scansioni è stato utilizzato per le trattazioni successive.

Per lo studio topografico degli strati depositati con AFM, è stato utilizzato invece un microarray d'oro depositato con CVD su supporto di silicio<sup>18</sup>; in questo caso gli elettrodi di lavoro sono distribuiti in un  $\mu$ -array di 7x7 elettrodi (diametro 70  $\mu$ m) con un periodo di 180  $\mu$ m. Il  $\mu$ -array (figura 2) è stato ottenuto utilizzando tecniche litografiche ottiche e CVD (questa tecnica produce una superficie d'oro più adatta alle misure AFM). Con le tecniche elettrochimiche è stato possibile indirizzare la deposizione degli strati su uno specifico elettrodo del microarray.

**Immobilizzazione del PSII su polySBQ-AuWE:** l'immobilizzazione del PSII è stata fatta incubando gli elettrodi in MESB

Figura 1  
Sintesi del SBQ



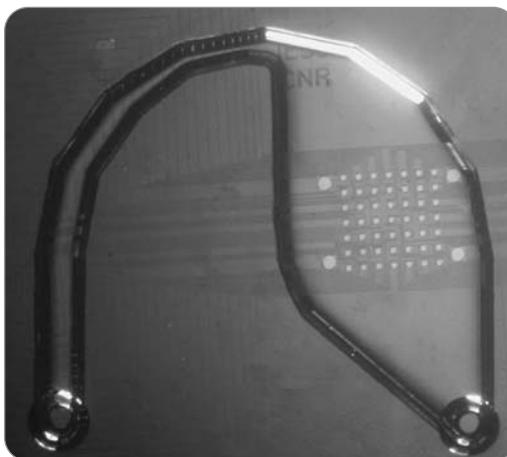
contenente PSII equivalente a  $30 \mu\text{g Chl mL}^{-1}$ , a  $4^\circ\text{C}$  al buio per 20 minuti. Prima delle misure, gli elettrodi sono stati accuratamente lavati (15 minuti) con un flusso continuo di MESB.

*Immobilizzazione del PSII in BSA-GA:* la sospensione di particelle isolate di PSII è stata accuratamente mescolata con una soluzione di BSA (10% w/v in tampone MES, pH 6,5) e glutaraldeide (soluzione acquosa al 10%) sotto una luce verde soffusa a  $5^\circ\text{C}$ , una goccia di  $1\text{-}\mu\text{L}$  di questa miscela è stata posta sulla superficie dell'elettrodo di lavoro d'oro e lasciata polimerizzare nelle stesse condizioni per 45 minuti.

*Misura cronoamperometrica dell'attività del PSII:* le misure cronoamperometriche dell'attività del PSII su PSII-poly SBQ-AuWE sono state ottenute con la cella a flusso appositamente preparata<sup>5</sup>. Il sistema consiste di una cella di misura che accoglie l'elettrodo, fornita di un canale di afflusso e di uno di deflusso posizionati diagonalmente rispetto alla superficie elettrodica mentre l'alloggiamento per la sorgente di luce (un LED rosso ad alta intensità, 650 nm) è posto ortogonalmente all'elettrodo stesso. Una soluzione MESB fluisce ( $0,25 \text{ mL min}^{-1}$ ) in modo continuo mentre l'elettrodo di lavoro di PSII-polySBQ-AuWE è posto a  $+250 \text{ mV vs. Ag/AgCl}$ . Gli elettrodi sono illuminati per 10 s (periodo di buio di 180 s) con un'intensità di luce pari a circa  $100 \mu\text{mol fotoni m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; l'intensità di corrente prodotta sull'elettrodo di lavoro è stata registrata con un potenziostato (Autolab, PGStat10).

## Risultati e discussione

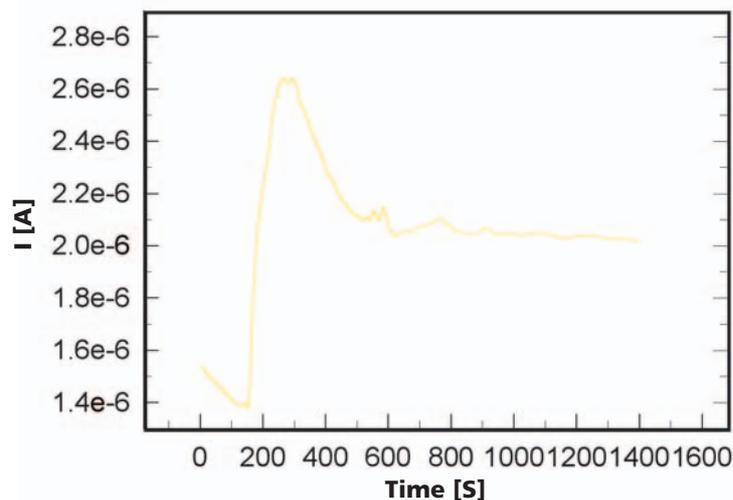
La dipendenza dal tempo del processo di elettroossidazione di SBQ sull'elettrodo di lavoro d'oro è mostrata in figura 3. Il tipico aumento iniziale della corrente di ossidazione (fino a 2 min) è seguito dalla dimi-



**Figura 2**  
Particolare del microarray (lato=1,2 mm) con la microcella a flusso (volume 60 nL)

nuzione della corrente di ossidazione. Come è stato già mostrato<sup>6</sup> questo processo di elettroossidazione è caratteristico di ogni molecola contenente un gruppo solfidrico libero. Nella fase iniziale si osserva la rapida creazione di un monostato, mentre al prolungarsi nel tempo dell'ossidazione la struttura monomolecolare comincia a ramificarsi dando luogo ad uno strato disordinato per il quale abbiamo coniato il termine EDM. L'avvenuta immobilizzazione del chinone è stata controllata mediante voltammetria ciclica ottenendo una coppia di picchi redox, quasi reversibili, ad un potenziale  $E = -126 \text{ mV}$  con un centro di picco anodico a  $E_{pa} = -107 \text{ mV}$  e catodico a  $E_{pc} =$

**Figura 3**  
Curva cronoamperometrica del processo di elettroossidazione del SBQ

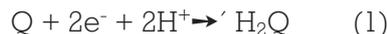


Dopo la stabilizzazione dell'elettrodo in PB la cella di misura è stata alimentata con una soluzione saturata di SBQ (20 mmol/L PB, pH = 7,4,  $E = +650 \text{ mV vs. Ag/AgCl}$ , temperatura =  $25^\circ\text{C}$ , in atmosfera di azoto)

-146 mV vs Ag/AgCl (pH = 7,4) (figura 4) e dimostrano la capacità di scambiare elettroni tra i gruppi chinonici e la superficie elettrodica.

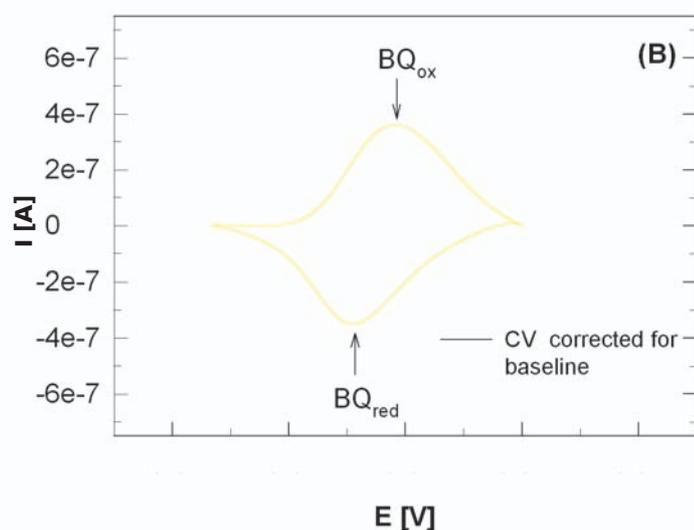
La posizione della coppia di picchi è in accordo con altre osservazioni<sup>11,12</sup>: il  $\Delta E_p$   $\Delta 39$  mV non soddisfa il criterio di reversibilità. Questo comportamento si osserva anche nel caso di chinoni assorbiti su elettrodi di oro<sup>12</sup> ed è dovuto al trasferimento dei protoni necessari a trasformare il chinone in idrochinone. È stata osservata una relazione lineare tra la velocità di scansione (fino a 160 mV s<sup>-1</sup>) e le correnti dei picchi, il che conferma un processo redox accoppiato sulla superficie. La posizione dei picchi e la carica trasferita durante l'ossidazione-riduzione sono rimasti invariati fino a due ore consecutive di cicli ripetuti, mostrando la stabilità della membrana immobilizzata. La dipendenza lineare tra il potenziale redox ed il pH è stata osservata nell'intervallo di pH 5,4-8,4 (20 mmol L<sup>-1</sup> PB, 100 mmol L<sup>-1</sup> KCl). La pendenza è risultata pari a -59 mV per unità pH ed il potenziale ossidoriduttivo spostato verso valori più negativi man mano che il pH assume valori più alcalini (dati non mostrati). Questa osservazione è in accordo con quanto visto in

<sup>11-14</sup> e mostra la reazione di ossidoriduzione a due protoni e due elettroni:



Considerando che la reazione di ossidazione coinvolge due elettroni, è possibile calcolare la densità superficiale delle molecole di chinone immobilizzate per unità di superficie dell'elettrodo d'oro che risulta pari a  $2,4 \times 10^{16}$  molecole cm<sup>-2</sup> corrispondenti a  $3,98 \times 10^{-8}$  moli cm<sup>-2</sup>. Un valore quasi identico è stato descritto da Arai et. al<sup>14</sup> come valore ideale per DET per la xantina-ossidasi. Come già mostrato altrove, i tipici valori sperimentali<sup>11-13</sup> ottenuti per SAM di SBQ su oro sono di circa due ordini di grandezza inferiori, vicini al valore teorico calcolato di  $5,7 \times 10^{-10}$  mol cm<sup>-2</sup> per l'SBQ legato verticalmente attraverso il legame S-Au<sup>20</sup>. Assumendo quindi che la polimerizzazione di SBQ sull'oro avvenga in condizioni ideali e cioè in modo lineare non ramificato, si può calcolare ed ipotizzare che i filamenti di polySBQ ottenuti siano di circa 68 monomeri e lunghi circa 30 nm (SBQ è approssimativamente  $4,4 \text{ \AA}$ <sup>12</sup>). Allo scopo di supportare le osservazioni dedotte dalle misure elettrochimiche sono state ottenute immagini in AFM dell'elettrodo di oro puro, dello strato di polySBQ, e dello strato di polySBQ con il PSII immobilizzato. Il microarray d'oro su silicio già descritto<sup>18</sup> è stato scelto per le misure topografiche del polimero sintetizzato perché ogni singolo elettrodo può essere considerato separatamente per misure elettrochimiche e la rugosità superficiale dell'oro di questo elettrodo è bassa (rugosità media 3,5 nm, figura 5A). La figura 5B, mostra che la superficie elettrodica è sensibilmente modificata dopo l'elettrodeposizione dello strato di polySBQ; si possono osservare le strutture aghiformi con una larghezza media minore di 1 nm e lunghezza 20 nm (*contact mode*) o 30 nm (*tapping mode*, non mostrato). La

Figura 4

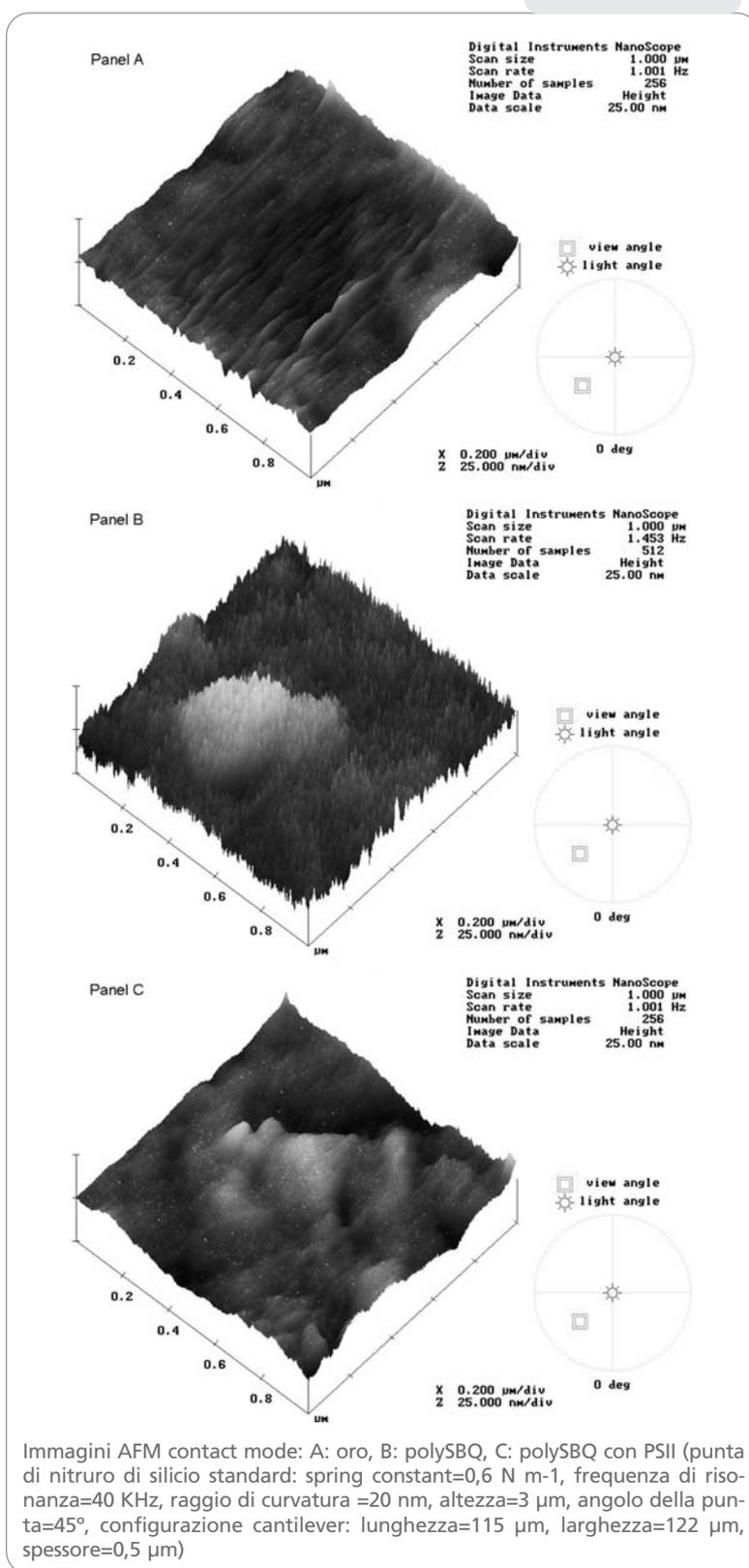


Volttammetria ciclica dei gruppi ossidoriduttivi di SBQ nel film polySBQ ottenuto dopo 20 minuti di elettroossidazione (25 mmol/L PB, 100 mmol/L KCl, pH = 7,4, scan rate 60 mV.s-1, temperatura = 25 °C, in atmosfera di azoto)

differenza di lunghezza osservata nelle due tecniche AFM è probabilmente dovuta al comportamento elastico delle strutture che sono schiacciate dalla punta del microscopio nel metodo di contatto; il valore reale quindi delle strutture è prevedibilmente compreso tra 20 e 30 nm, poiché il limite superiore è molto vicino al valore calcolato in precedenza con misure elettrochimiche. Le scansioni hanno mostrato risultati riproducibili sulla stessa porzione di campione mostrando quindi la forte adesione del polimero sull'elettrodo d'oro. La figura 5C mostra il medesimo elettrodo una volta ricoperto con il PSII: le strutture aghiformi del polySBQ sono nella maggior parte ricoperte dalle imponenti strutture "collinari" con altezze non superiori ai 15 nm che non si osservano invece su un elettrodo di oro "nudo" puro immerso nella medesima soluzione a dimostrazione che il cambiamento sulla struttura dello strato depositato di polySBQ è dovuto alla proteina immobilizzata. Le scansioni in AFM sono riproducibili e non rimuovono alcun materiale dalla superficie elettrodica a dimostrazione di una forte aderenza della proteina sulla superficie del polySBQ. Il PSII è una proteina di dimensioni X-Y (nucleo dimerico) pari a  $17,2 \times 9,7 \text{ nm}^{21}$  circondata da resti della membrana tilacoide e da resti di micelle detergenti; a causa di ciò non ci si può aspettare una rigorosa omogeneità di misura delle particelle immobilizzate come invece è possibile nel caso di proteine solubili in acqua. I resti della membrana tilacoide e di detergente assieme al PSII stesso creano le strutture collinose irregolari osservate. Come sarà mostrato in seguito, l'ipotesi di uno strato di PSII densamente impaccato è stata confermata, in modo indipendente, anche da misure elettrochimiche.

L'illuminazione degli elettrodi PSII-SBQ-Au con un LED rosso ad alta intensità ( $100 \mu\text{mol fotoni m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ,  $\lambda = 650 \text{ nm}$ , potenza-

Figura 5



le dell'elettrodo di lavoro  $E = +250$  mV vs. Ag/AgCl) produce una corrente elettrica fotogenerata (figura 6A). Non si osserva alcuna corrente fotogenerata quando polySBQ-AuWE è illuminato nelle stesse condizioni. Il tempo richiesto per raggiungere il 95% dello stato stazionario è molto breve, non superiore a 5s. Dal confronto con il MET descritto in un lavoro precedente<sup>5</sup> e ottenuto con l'immobilizzazione del PSII con BSA-GA con il DET osservato in questo lavoro sperimentale, si rilevano grandi differenze: nel DET (figura 6A) la velocità di reazione è limitata solo dalla velocità della reazione enzimatica perchè la diffusione della cari-

ca mediante propagazione degli elettroni attraverso lo strato polimerico di polySBQ è veloce. Infatti, le voltammetrie cicliche descritte precedentemente dimostrano chiaramente che la trasduzione di carica attraverso il polimero è molto veloce in quanto la separazione tra  $E_{pa}$  ed  $E_{pc}$  è solo  $\Delta E_p = 39$  mV. In questo modo si può assumere che la velocità della reazione elettroica sarà dominata dalla velocità della reazione enzimatica stessa. Al contrario nel caso del MET (figura 6B), la velocità della reazione elettroica è influenzata grandemente dai coefficienti di diffusione della forma ridotta del mediatore elettronico (DQ) nella matrice di BSA-GA. Nel primo caso, lo stato stazionario è ottenuto nel giro di pochi minuti<sup>5,7</sup> mentre nel secondo non si raggiunge.

La cinetica elettroica veloce è un fenomeno comune già descritto per altri tipi di enzimi in vari sistemi basati su un DET (per una rassegna<sup>9,10</sup>). Dal momento che le misure sono state condotte in assenza di mediatori si può affermare che è stato ottenuto un DET tra PSII e polySBQ.

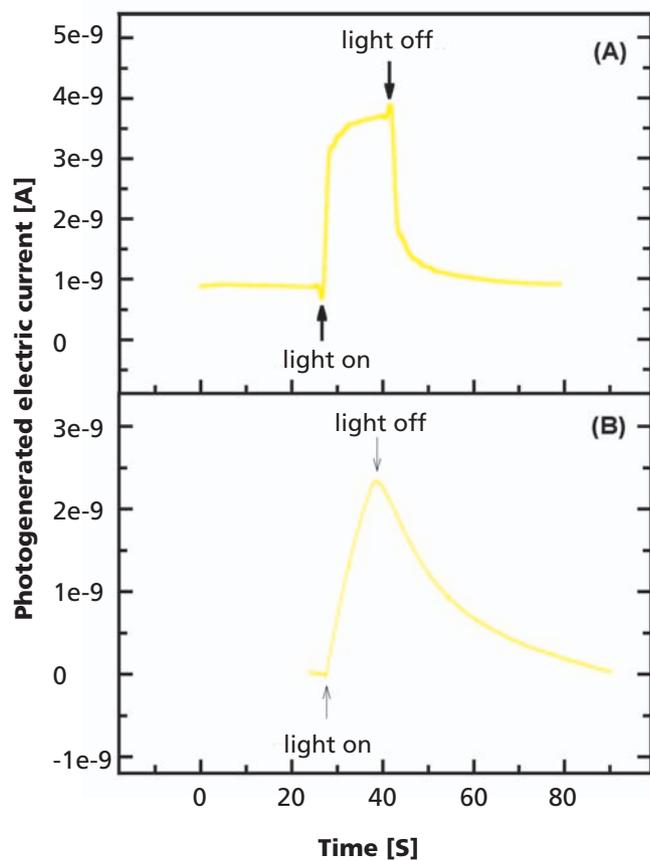
Un punto da approfondire è quale sia la struttura del PSII immobilizzato e come si realizzi il DET. Il sito  $Q_B$  situato sul lato donatore del PSII rappresenta il luogo ove, in natura, i plastochinoni sono ridotti dall'accettore di elettroni secondario  $Q_A$ . Il potenziale redox di  $Q_A$  è circa  $E_h = -100$  mV ( $E = -300$  mV vs. Ag/AgCl) e quello di  $Q_B$  è  $E_h = +50$  mV ( $E = -150$  mV vs. Ag/AgCl)<sup>21</sup>.

Il potenziale redox misurato di polySBQ è  $E = -126$  mV (vs. Ag/AgCl) tale da potersi facilmente sostituire al plastochinone ed assumere il suo ruolo di elettrone accettore. Il trasferimento elettronico globale della reazione può essere semplificato come segue:



laddove  $H_2O$  rappresenta l'elettrone donatore, P680 offre la separazione di carica in seguito all'assorbimento fotonico,  $Q_A$  è un

Figura 6



A: corrente elettrica fotogenerata ottenuta con gli elettrodi stampati PSII-SQ-AuWE inseriti nella cella a flusso (MES, temperatura = 25 °C, velocità di flusso 0,25 mL min<sup>-1</sup>, potenziale WE  $E = +250$  mV, tempo di illuminazione = 10 s, periodo di buio = 180 s); B: corrente elettrica fotogenerata ottenuta usando un MET descritto precedentemente da Koblížek et al.<sup>5</sup>. Condizioni come in A. Il mediatore artificiale durochinone è presente alla concentrazione di  $2 \cdot 10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup> nel MESB

accettore di elettroni secondario che subisce un processo di ossidoriduzione in condizioni fisiologiche, polySBQ è il film polimerico conduttore e AuWE rappresenta l'elettrodo di lavoro d'oro.

Si sa che il turnover del PSII è limitato principalmente dal tempo di reazione di  $Q_A$  e di riduzione di  $Q_B$  e che per la riduzione è stato stimato un tempo di reazione  $Q_B = 100-600 \mu s^{21}$ . Considerando  $Q_B = 350 \mu s$  (tabella 1, riga 8) ne deriva che il PSII è in grado di trasferire in condizioni ideali 2860 elettroni  $s^{-1}$  (tabella 1, riga 9). Seguendo questa ipotesi è possibile calcolare la fotocorrente teorica considerando le dimensioni del dimero<sup>21</sup> e la sua esistenza come monostrato strettamente impaccato e rigidamente orientato (tabella 1, righe 1,2,3). La fotocorrente teorica risulta essere 48 volte più alta di quella sperimentale ottenuta con PSII-polySBQ AuWE (tabella 1, riga 13) e 80 volte quella sperimentale ottenuta con PSII-BSA-GA (tabella 1, riga 14). Il fatto che la fotocorrente teorica differisca di circa 48 volte da quella sperimentale è da imputarsi alle semplificazioni assunte nel calcolo:

- l'aver considerato la distribuzione del PSII senza tener conto dei resti del detergente e della membrana, che influisce probabilmente sul valore di fotocorrente per un fattore circa 4;
- l'aver considerato la velocità della reazione di riduzione del  $Q_B$  come stadio lento mentre la velocità di reazione relativa a  $Q_A$  non è stata considerata e può variare in funzione ad esempio della distanza di  $Q_A$  da polySBQ;
- l'aver considerato la popolazione di PSII attiva al 100% e totalmente orientata in modo da trasferire elettroni allo strato di polySBQ.

Successivamente, è stata determinata la dipendenza del DET dal numero di molecole di chinone immobilizzate. Il DET comincia ad essere osservabile a  $0,5 \cdot 10^{-16}$  molecole  $cm^{-2}$  di chinone depositato (figura 7) che corrispondono ad una lunghezza del polimero di circa 6 nm. Supponendo che la popolazione di PSII sia orientata sulla superficie dell'elettrodo di oro in modo tale che il sito  $Q_B$  sia diretto verso lo strato di polySBQ, allora una catena di 6 nm potrebbe essere sufficientemente lunga per raggiungere il centro

**Tabella 1**  
Confronto tra calcoli teorici e dati sperimentali per fotocorrente, efficienza e tempo di reazione apparente di un monostrato di PSII ideale, PSII-polySBQ-AuWE e BSA-GA-PSII

1	$x = 17,20 \text{ nm}$
2	$y = 9,20 \text{ nm}$
3	$A_{PSII} = xy/2 = 8,34 \times 10^{-13} \text{ cm}^2$
4	$r = 0,142 \text{ cm}$
5	$A_{el} = \pi r^2 = 0,06 \text{ cm}^2$
6	$f = 1,13$
7	$n = A_{el} f / A_{PSII} = 8,58 \times 10^{10}$
8	$t_{Qb} = 350 \text{ ms}$
9	$e = t_{Qb}^{-1} = 2,86 \text{ ms}^{-1}$
10	$N = 6,02252 \times 10^{+23} \text{ mol}^{-1}$
11	$F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$
12	$I_{theor} = neF/N = 3,93 \times 10^{-5} \text{ A}$
13	$I_{DET} = 8,17 \times 10^{-7} \text{ A}$
14	$I_{MET} = 4,97 \times 10^{-8} \text{ A}$
15	$I(t) = bt^{-1}$
16	$t_{DET} = 0,0168 \text{ s}$
17	$t_{MET} = 0,276 \text{ s}$

X dimensione di un cristallo 2D di PSII (monostrato, dimero)  
Y dimensione di un cristallo 2D di PSII (monostrato, dimero)  
area occupata da un monomero di PSII  
raggio dell'elettrodo di lavoro  
Superficie dell'elettrodo di lavoro  
Fattore di rugosità della superficie elettrodica  
Numero di molecole sull'elettrodo (sovrastimato)  
Tempo di reazione per la riduzione di  $Q_B$   
Elettroni trasferiti per molecola per millisecondo  
Numero di Avogadro  
Costante di Faraday

#### Fotocorrente teorica sull'elettrodo

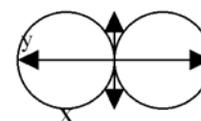
**Fotocorrente sperimentale con PSII-polySBQ-AuWE (Figura 6 A)**

**Fotocorrente sperimentale con BSA-GA-PSII (DQ come mediatore, Figura 6 B)**

Equazione lineare della fotocorrente vs il reciproco del tempo di reazione (simulazione)  $b = 1375 \text{ mA ms}^{-1}$

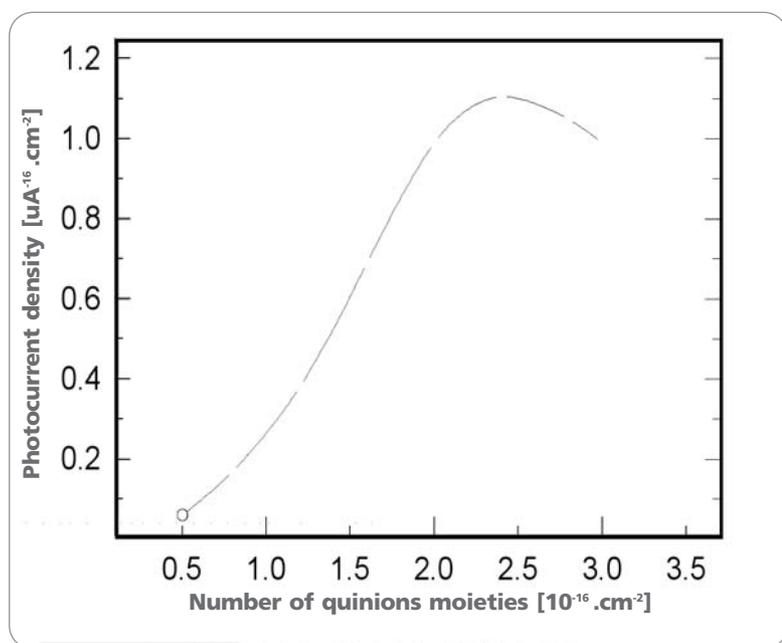
**Tempo di reazione apparente calcolato (riga 15) per PSII-polySBQ-AuWE**

**Tempo di reazione apparente calcolato (riga 15) per BSA-GA-PSII (DQ come mediatore)**



diametro di PSII

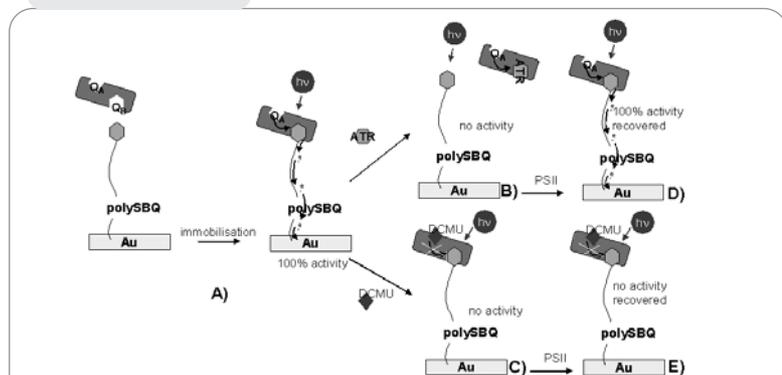
Commenti: 1,2: dimensioni 2D del cristallo di PSII come dimero; 4: dato da schema costruttivo dell'elettrodo stampato (BVT); 6: rugosità dell'elettrodo d'oro calcolata sperimentalmente con un metodo coulombometrico; 7: numero delle unità di PSII in un monostrato ideale sull'elettrodo d'oro, è sovrastimato perché non tiene conto della superficie occupata dalle molecole dai frammenti di membrana tilacoide e dai resti di molecole di detergente; 8: tempo medio di riduzione del sito  $Q_B$ ; 10,11: costanti chimico-fisiche; 12: calcolato; 13,14: dati sperimentali; 15: l'equazione è stata impiegata per calcolare i valori di tempo di reazione apparenti nei casi reali. 16,17: calcolato dai dati sperimentali per mezzo della equazione 15



**Figura 7**  
Dipendenza dell'attività del sensore (efficienza del DET) dal numero di molecole di chinone immobilizzate

attivo; d'altra parte per le altre popolazioni di PSII (il sito  $Q_B$  orientato parallelamente o in direzione contraria alla superficie elettrodica) tale lunghezza non sarebbe sufficiente. Questo fatto è rappresentato dall'aumento della densità della corrente fotogenerata quando il tempo di sintesi dello strato di polySBQ è prolungato fino a raggiungere  $2,4 \cdot 10^{16}$  molecole  $\text{cm}^{-2}$  che corrisponde ad una lunghezza calcolata dei filamenti di polime-

**Figura 8**



A) il disegno razionale dell'immobilizzazione del PSII su uno strato di polySBQ attraverso la sacca di legame  $Q_B$ , è confermato dai risultati ottenuti dall'inibizione del PSII con DCMU e ATR (B e C). I due erbicidi inibiscono il PSII con meccanismi diversi: B) ATR compete per il sito  $Q_B$  in modo reversibile con il polySBQ mentre C) DCMU blocca irreversibilmente il sito  $Q_A$ . In A, dopo l'immobilizzazione, è possibile osservare il DET in seguito all'impulso luminoso; in B e C non si osserva alcuna fotocorrente per effetto dell'inibizione che in un caso ha dilavato il PSII e nell'altro ha bloccato il trasferimento dell'elettrone da  $Q_A$  a  $Q_B$ . In D l'attività è recuperata inviando nuovo PSII in soluzione, in E l'attività non viene recuperata per l'inibizione irreversibile del sito  $Q_A$  da parte di DCMU

ro di circa 30 nm. Un ulteriore aumento del tempo di sintesi dello strato di polySBQ causa una diminuzione di attività del PSII (nessuna attività dopo due ore di sintesi).

L'inibizione del PSII-polySBQ-AuWE con diversi erbicidi ha chiarito il modo in cui si realizza l'immobilizzazione. Con gli erbicidi come l'atrazina, che esplicano normalmente un'inibizione reversibile per via della competizione con il plastochinone nel sito  $Q_B$ , non è stato possibile recuperare il 100% di attività. Questo è il risultato della competizione tra ATR e polySBQ che come effetto ha l'allontanamento del PSII dalla superficie elettrodica. Il 100% di attività è recuperato solo dopo aver alimentato la superficie elettrodica con una soluzione di PSII, segno che la biomolecola torna ad occupare le posizioni lasciate libere del polySBQ in seguito alla competizione di ATR. Si può quindi ipotizzare che il PSII sia legato alla superficie attraverso l'interazione specifica della tasca di legame  $Q_B$  con la parte chinonica terminale del polySBQ. A conferma di questo, quando è utilizzato DCMU, inibitore irreversibile del sito  $Q_A$ , si osserva l'inibizione ma non è possibile recuperare il 100% di attività alimentando il biosensore con una nuova soluzione di PSII. In questo caso, in mancanza di una competizione con il sito  $Q_B$ , le molecole di PSII rimangono saldamente legate alla superficie elettrodica e non vengono rimpiazzate neppure se si fornisce nuovo PSII.

Questo tipo di immobilizzazione segue lo schema riportato in figura 8 e conferma il disegno razionale che ha ispirato a priori questo lavoro.

La curva di calibrazione per il DCMU (figura 9B) è un sigmoide ed è stata calcolata utilizzando la regressione non lineare:

$$act = 100 - 100 \times [H]/(I_{50} + [H]) \quad (3)$$

Si ottengono i valori:  $I_{50} = 9 \cdot 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$  e  $\text{LOD} = 7 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1} \text{ DCMU}$ . Si può notare come il valore di LOD sia comparabile con quello ottenuto per il biosensore a PSII ottenuto per accoppiamento con un elettrodo ad ossigeno di Clark ( $\text{LOD} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1} \text{ DCMU}$ )<sup>4</sup> in cui il PSII è libero in soluzione, immobilizzato solo all'interno di una membrana da dialisi, mentre è migliorato rispetto al biosensore basato su PSII intrappolato in una matrice di BSA-GA su elettrodi stampati ( $\text{LOD} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ mol L}^{-1} \text{ DCMU}$ )<sup>5</sup>. I bassi valori ottenuti di LOD e  $I_{50}$  mostrano che il sito  $Q_B$  è mantenuto nel suo stato naturale senza alcuna distorsione del sito o della proteina da parte del polySBQ, fenomeno che è ampiamente citato e osservato come la causa principale per la diminuzione di attività di proteine immobilizzate covalentemente, e che si osserva anche per il BSA-GA-PSII<sup>5</sup>. Un ulteriore vantaggio del PSII-polySBQ-AuWE è che solo una piccola quantità di PSII viene immobilizzata; infatti la quantità media di PSII immobilizzata in una matrice BSA-GA è  $\approx 10^{-11} \text{ mol}$ <sup>5</sup> mentre la quantità di PSII presente su PSII-polySBQ-AuWE è inferiore di almeno tre ordini di grandezza ( $1,8 \times 10^{-14} \text{ mol}$ ). Il vantaggio risulta evidente con soluzioni molto diluite di inibitore in quanto la variazione percentuale dell'attività risulta cospicua e misurabile. Infatti, se assumiamo per ipotesi che a seguito dell'inibizione dovuta ad una certa soluzione di un dato erbicida, le molecole inibite di PSII siano  $0,9 \times 10^{-14}$ , nel primo caso si avrà un decremento percentuale dell'attività non osservabile, pari a  $(0,9 \times 10^{-14}/10^{-11}) \times 100 = 0,09\%$  mentre, nel secondo caso, sarà  $(0,9 \times 10^{-14}/1,8 \times 10^{-14}) \times 100 = 50\%$ .

## Conclusioni

Un polimero conduttore (polySBQ) è stato sintetizzato sulla superficie di: i) elettrodi stampati d'oro e ii) microelettrodi d'oro su supporto di silicio utilizzando un processo di elettrodeposizione. Le proprietà ossido-

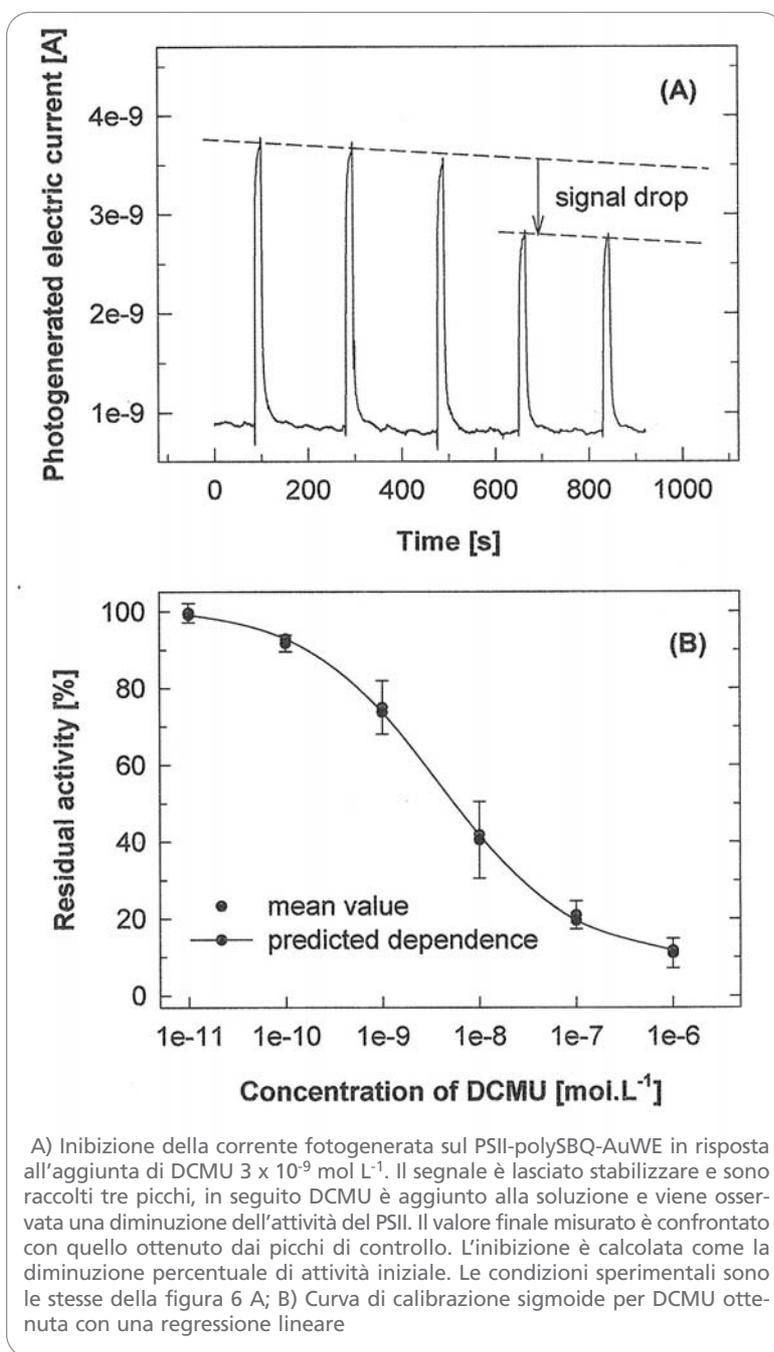


Figura 9

riduttive e quelle morfologiche del film polimerico sono state determinate utilizzando metodi elettrochimici e microscopia a forza atomica. Il PSII isolato dal batterio termofilo *Synechococcus bigranulatus* è stato immobilizzato su polySBQ-AuWE. Il PSII-polySBQ-AuWE così ottenuto ha mostrato un DET, foto-inducibile, ad un potenziale  $E = +250 \text{ mV vs. Ag/AgCl}$ . Le proprietà di base studiate portano alla conclusione che:

- (i) il PSII attivo nel DET è immobilizzato sotto forma di monostrato attraverso il riconoscimento specifico della testa chinonica del polySBQ da parte del sito  $Q_B$ ;
- (ii) il trasporto elettronico dal PSII al WE d'oro è veloce e controllato dalla velocità della reazione enzimatica del PSII;
- (iii) lo strato polySBQ, in stretto contatto con il sito  $Q_B$ , estrae elettroni dal sito  $Q_A$  del PSII in quanto l'attività elettrochimica è inibita da una molecola inibitrice specifica, DCMU;
- (iv) la stabilità di PSII-polySBQ-AuWE è confrontabile con la stabilità del PSII in soluzione nelle stesse condizioni specifiche;
- (v) l'inibizione di PSII-polySBQ-AuWE da parte dell'erbicida DCMU segue un andamento sigmoide;
- (vi) i valori di  $I_{50}$  e LOD mostrano una sensibilità incrementata rispetto ad altri sistemi biosensibili precedentemente studiati che utilizzano il PSII come molecola bioattiva.

## Bibliografia

1. DRABER W., TIETJEN K., KLUTH J.F. & TREBST A. (1991), Herbicides in photosynthesis research, *Angewandte Chemie International Edition (English)* 30, 1621-1633.
2. MATTOO AK, MARDER JB & EDELMAN M. (1989), Dynamics of the Photosystem II reaction center, *Cell* 56, 241-246.
3. SOBOLEV V. & EDELMAN M. (1995), Modeling the chinone-B binding site of the Photosystem-II reaction center using notions of complementarity and contact-surface between atoms, *Proteins* 21, 214-225.
4. KOBLÍZEK M., MASOJÍDEK J., KOMENDA J., KUCERA T., PILLOTON R., MATTOO A.K. & GIARDI M.T. (1998), A sensitive Photosystem II-based biosensor for detection of a class of herbicides, *Biotechnology and Bioengineering*, 60, 664-669.
5. KOBLÍZEK M., MALÝ J., MASOJÍDEK J., KOMENDA J., KUCERA T., GIARDI, M.T. MATTOO A.K. & PILLOTON R. (2001), A biosensor for the detection of triazine and phenylurea herbicides designed using Photosystem II coupled to a screen-printed electrode. *Biotechnology and Bioengineering*, 78, 110-116.
6. MALÝ J., MASCI A., MASOJÍDEK J., SUGIURA M. AND PILLOTON R., Reversible immobilisation of engineered molecules by Ni-NTA Chelators (2004), *Bioelectrochemistry*, Vol. Issue 63/1-2 pp. 271-275, 2004.
7. MALÝ J., DI MEO C., DE FRANCESCO M., MASCI A., MASOJÍDEK J., SUGIURA M., VOLPE A., PILLOTON R. (2004), Monolayers of natural and recombinant photosystem II on gold electrodes - potentials for use as biosensors for detection of herbicides, *Analytical Letters*, Vol. 37, No. 8, pp. 1-12, 2004.
8. KREJCI J., MALÝ J., JAKUBKA L., PILLOTON R., SAMEH K., STEFAN P., SUGIURA M. (2004), The immobilization of bioactive layers with enhancement of mass transport between active layer and electrochemical detector, *Biosensors and Bioelectronics*, in stampa.
9. SHELLER W. F., WOLLENBERGER U., LEI CH., JIN W., GE B., LEHMANN C., LISDAT F., FRIDMAN V. (2002), Bioelectrocatalysis by redox enzymes at modified electrodes, *Reviews in Molecular Biotechnology*, 82-411-424.
10. GERARD M., CHAUBEY A., MALHOTRA B.D. (2002), Application of conducting polymers to biosensors, *Biosensors and Bioelectronics*, 17, 345-359.
11. SATO Y., FUJITA M., MIZUTANI F., UOSAKI K. (1996), Electrochemical properties of the 2-mercaptohydroquinone monolayer on a gold electrode. Effect of solution pH, adsorption time and concentration of the modifying solution, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 409, 145-154.
12. CHAN E.W.L., YOUSAF M. N., MRKSICH M. (2000), Understanding the role of adsorption in the reaction of cyklopentadiene with an immobilized dienophile, *J. Phys. Chem. A.*, 104, 9315-9320.
13. HONG H., PARK W., YU E. (1999), Voltammetric determination of electron transfer kinetic parameters in hydroquinone-terminated self-assembled monolayers on gold, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 476, 177-181.
14. ARAI G., TAKAHASHI S., YASUMORI I. (1996), Xanthine and hypoxanthine sensors based on xanthine oxidase immobilized in poly(mercapto-p-benzoquinone) film, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 410, 173-179.
15. ARAI G., NOMA T., HABU H., YASUMORI I. (1999), Pyruvate sensor based on pyruvate oxidase immobilized in a poly(mercapto-p-benzoquinone) film, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 464, 143-148.
16. ARAI G., NOMA T., HAYASHI M., YASUMORI I. (1998), Electrochemical characteristics of D-amino acid oxidase immobilized in a conductive redox polymer, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 452, 43-48.
17. ALCALAY W. (1947), Mono-alcoylmercapto-quinones. Methode de synthese simple, *Hel. Chim. Acta*, Vol. XXX, II 578-585.
18. DE BELLIS G., CARAMENTI G., ILIE M., CIANCI E., FOGLIETTI V. (2003), Application of microtechnology in biotechnology. Microarray analytical systems – an overview, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, Vol. 5, No. 1, marzo 2003, pp. 89-96, a cura di INOE&INFIM, ISSN 1454-4164.
19. SETLÍKOVÁ E., SOFROVÁ D., PRÁŠIL O., BUDAC P., KOBLÍZEK M. & ZETLÍK I. (1999), Integrity and activity of PS2 complexes isolated from the thermophilic cyanobacterium, *Synechococcus elongatus* using various detergents, *Photosynthetica*, 37, 183-200.
20. STERN D.A., WELLNER E., SALAITA G.N., LAGUREN-DAVIDSON L., LU F., BATINA N., FRANK D. G., ZAPIEN D.C., WALTON N., HUBBARD A.T. (1988), *J. Am. Chem. Soc.*, 110;48-85.
21. K. BACON, in "Advances in Photosynthesis" (2001), vol. 10, *Photobiochemistry and Photobiophysics*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 278-279.
22. DAS R., KILEY P.J., SEGAL M., NORVILLE J., AMY YU A., WANG L., TRAMMELL S.A., REDDICK L.E., KUMAR R., STELLACCI F., LEBEDEV N., SCHNUR J., BRUCE B.D., ZHANG S., AND BALDO M. (2004), Integration of Photosynthetic Protein Molecular Complexes in Solid-State Electronic Devices, *NanoLetters*, Vol. 4, No. 6, 1079-1083.

# Creazione di imprese ad alta tecnologia

\*DAVIDE FRATINI  
\*\*SANDRA ROMAGNOSI  
\*\*\*ALESSANDRO MANCINI

ENEA

\*Unità di Agenzia – PMI  
\*\*Borsista Unità di Agenzia – PMI  
\*\*\* Tesista Università della Tuscia  
c/o Unità di Agenzia – PMI

studi & ricerche

Una delle misure più importanti per il sostegno alla creazione di imprese ad alta tecnologia in Italia è rappresentata dal Decreto Legislativo 297/99 e dal Decreto Ministeriale 593/2000.

Nell'articolo vengono analizzati i risultati di un questionario rivolto a coloro che hanno beneficiato dei provvedimenti governativi per misurarne l'efficacia e l'impatto

## Creation of high-tech enterprises

Abstract

*The problems of technology transfer and the use of research results, especially as they relate to the creation and growth of high-tech enterprises, are increasingly at the centre of public policymaking at the European level and in Italy. Two of the most important measures enacted in Italy to encourage the creation of high-tech enterprises, based on the premise that the knowledge economy needs a valid scientific-technological structure, are Legislative Decree 297/99 and Ministerial Decree 593/2000*

È noto che la conoscenza scientifica e tecnologica gioca un ruolo cruciale nella crescita dei sistemi economici, così come sottolineato dall'Unione Europea che, nel Consiglio di Lisbona del 2000, si è posta l'obiettivo di diventare l'economia della *conoscenza* più dinamica e concorrenziale del mondo. Coerentemente con questa impostazione, le istituzioni pubbliche, sia europee che nazionali, si stanno concentrando su una più efficace valorizzazione dei risultati della ricerca e sulle problematiche relative al trasferimento tecnologico, soprattutto attraverso due principali modalità. La prima modalità è la codificazione dei risultati, che prevede forme di protezione della proprietà intellettuale, come il brevetto, e il relativo trasferimento dei diritti connessi mediante cessione delle licenze; la seconda modalità, più adatta per i casi di difficile codificazione, consiste nella costituzione di una particolare tipologia di impresa, lo *spin-off* della ricerca, che si occupa dello sviluppo dei risultati delle ricerche e della loro successiva commercializzazione sotto forma di prodotti e/o servizi, soprattutto nei settori ad alta tecnologia.

Il punto di forza dello *spin-off* è dato dal coinvolgimento diretto dei ricercatori, dai quali è nata l'idea di *business*, e quindi dalla possibilità di sfruttare al meglio il *know-how* che gli stessi hanno acquisito durante la loro attività di ricerca. Allo stesso tempo lo *spin-off* presenta problematiche e criticità dovute all'elevata rischiosità dell'attività svolta, ai lunghi tempi di sviluppo di cui necessita l'idea di *business*, ai bassi rendimenti, almeno nel breve periodo, e alla ingente somma di capitali che a volte si rende necessaria nella fase iniziale. Del resto, ancora oggi proprio la scarsa presenza di *venture capital* e di *business angels* e lo scarso e poco trasparente rapporto industria-centri di ricerca limita la nascita di *spin-off*. Esistono poi ostacoli di natura commerciale e gestionale dati dal *background* dei fondatori-ricercatori, i quali, non riuscendo sempre a vestire i panni dell'imprenditore, si concentrano

sugli aspetti di tipo tecnologico piuttosto che sull'analisi dei bisogni reali dei clienti. Il sostegno alle imprese *high-tech* è una questione di estrema importanza, tanto che le istituzioni governative, sia in Italia che in Europa, hanno attuato programmi e iniziative legislative per favorire la nascita di imprese innovative attraverso la concessione di risorse finanziarie e/o di strutture, strumentazioni e servizi alle potenziali imprese *high-tech*. Scopo di questo lavoro è quello di valutare l'articolo 2 del D.Lgs 297/99 e l'articolo 11 del DM 593/00, introdotti dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) proprio per sostenere la creazione di *spin-off* nei settori ad alta tecnologia, e verificarne l'efficacia e l'impatto tramite un questionario somministrato ai soggetti che hanno beneficiato di questi strumenti.

### Decreto Legislativo 297/99 e Decreto Ministeriale 593/00

Con il Decreto Legislativo n. 297 del 27 luglio 1999 – “Riordino della disciplina e snellimento delle procedure per il sostegno della ricerca scientifica e tecnologica, per la diffusione delle tecnologie, per la mobilità dei ricercatori” – il MIUR ha portato a termine il processo di riforma del sistema della ricerca italiana, nell'ambito della delega concessa dalla legge n. 59/97 (legge Bassanini I).

Il decreto legislativo si presenta, infatti, come un vero e proprio testo unico che, ricomprendendo tutti gli strumenti di intervento previsti dalla normativa precedente (legge n. 46/82, legge n. 488/92, la n. 346/88, la n. 196/97 e la legge n. 499/97), intende adeguare il sistema di ricerca nazionale alle nuove esigenze di sviluppo e modernizzazione del tessuto industriale italiano.

Il sostegno ministeriale interessa “le attività di ricerca industriale, eventualmente estese a non preponderanti attività di sviluppo pre-competitivo, purché necessarie alla validazione dei risultati della fase precedente”. L'attività di ricerca industriale riguarda i pro-

getti di ricerca e/o di formazione miranti ad acquisire nuove conoscenze, per la messa a punto o il miglioramento di prodotti, processi, servizi; l'attività di sviluppo precompetitivo è la concretizzazione dei risultati di ricerca industriale, così come è stata definita sopra.

Mentre il MIUR si occupa della ricerca industriale, l'ambito di competenza del MAP (Ministero delle Attività Produttive) riguarda le attività di sviluppo precompetitivo, così come affermato nella recente riforma del proprio Fondo per l'Innovazione Tecnologica, attuata con direttiva ministeriale del 16 gennaio 2001; in questa maniera si distinguono più chiaramente le sfere di competenza dei due Ministeri.

L'articolo secondo del Decreto Legislativo n. 297 elenca tutti i soggetti che possono usufruire delle agevolazioni finanziarie previste. Tra i vari soggetti ammissibili al finanziamento compaiono "le società di recente costituzione ovvero da costituire, finalizzate all'utilizzazione industriale dei risultati della ricerca, per le attività di ricerca industriale, sviluppo competitivo e diffusione delle tecnologie finalizzate a nuove iniziative economiche ad alto contenuto tecnologico, con la partecipazione azionaria o il concorso, o comunque con il relativo impegno di tutti o alcuni tra i seguenti soggetti: professori e ricercatori universitari, personale di ricerca dipendente dagli Enti di Ricerca (art. 8 DPCM 593/93), ENEA ed ASI, nonché dottorandi di ricerca e titolari di assegni di ricerca (art. 51 499/97) sulla base dei regolamenti universitari e degli Enti di appartenenza, che ne disciplinano la procedura autorizzativa e il collocamento in aspettativa ovvero il mantenimento in servizio o nel corso di studio, nonché le questioni relative ai diritti di proprietà intellettuale e che definiscano le limitazioni volte a prevenire i conflitti di interesse con le società costituite o da costituire". Una delle novità di maggior rilievo introdotta dal Decreto è rappresentata, quindi, dalla possibilità, per docenti e ricercatori, di ottenere agevolazioni per la creazione di *spin-off*

accademici.

Sempre per i suddetti soggetti, la legge introduce un'altra novità importantissima: la possibilità di creare un'impresa mantenendo la propria occupazione originaria o chiedendo il collocamento in aspettativa. Si cerca, quindi, di sostenere la nascita di imprese *high-tech* offrendo, ai potenziali imprenditori, ampie garanzie occupazionali in caso di un loro eventuale insuccesso in campo imprenditoriale. Con questa misura si intende incrementare il numero di *spin-off* sul mercato.

Le istituzioni coinvolte, ossia lo Stato, le Università e gli Enti Pubblici di Ricerca (EPR), ove partecipassero a questa iniziativa governativa, diventerebbero garanti dell'idea di business in quanto tutti si priverebbero di risorse fondamentali per le loro attività, quali il personale e le risorse finanziarie.

Altro aspetto di rilievo introdotto è l'opportunità, finora preclusa, di presentare progetti in modo congiunto tra soggetti industriali e strutture del mondo pubblico della ricerca. Le leggi precedenti consentivano tali collaborazioni solo ove assumessero la forma di una struttura consortile, oppure lasciando al soggetto pubblico un ruolo di sub-contraente. Con la nuova legislazione, invece, l'impresa e l'Università (o l'Ente) potranno condurre in modo congiunto un singolo progetto, con evidenti vantaggi per la sua riuscita.

Le agevolazioni previste dalla legge 297/99 sono concesse secondo le modalità procedurali descritte nel Decreto Ministeriale 593/00 che ne è il decreto attuativo, cioè l'atto che ne disciplina tutte le sue forme di attuazione; l'articolo 11 del suddetto decreto riguarda i progetti presentati dagli *spin-off* della ricerca. L'obiettivo che il MIUR intende perseguire è la nascita di nuove imprese ad alto contenuto tecnologico attraverso la trasformazione di idee e progetti di ricerca di esponenti del mondo della ricerca pubblica in iniziative imprenditoriali di potenziale successo; in questo modo si tenta di facilitare un processo di trasferimento tecnologico dal

mondo della ricerca pubblica al tessuto socio-economico.

L'articolo 11 prevede che la domanda di finanziamento venga presentata al MIUR che, una volta verificata la regolarità della documentazione, inizia l'esame avvalendosi di strutture esterne: banche concessionarie per gli aspetti di natura economico-finanziaria ed esperti tecnologici per i contenuti tecnico-scientifici del progetto di ricerca proposto.

La Commissione, appositamente nominata dal Ministero, servendosi di volta in volta delle specifiche competenze necessarie, effettua una preselezione dei progetti valutando le domande pervenute sulla base dei seguenti elementi:

- ruolo del soggetto proponente;
- prospettive economiche e di mercato del progetto;
- carattere innovativo del progetto;
- qualità tecnologiche e scientifiche del progetto;
- consistenza e qualità del gruppo; a tal fine sarà attribuito particolare rilievo alla presenza di soggetti appartenenti ad Università, Enti di ricerca, società di assicurazione, banche iscritte all'albo, società finanziarie e a fondi mobiliari chiusi.

Con quest'ultimo parametro la legislazione cerca di incentivare il coinvolgimento del mondo finanziario nelle costituende società *high-tech*, tentando di porre rimedio ad uno degli ostacoli primari alla nascita degli *spin-off*: quello finanziario. È presto per dire se il passo compiuto vada nella giusta direzione, ma sicuramente si tratta di una buona idea grazie alla quale si cercherà di raggiungere una migliore collaborazione tra il mondo della ricerca e quello degli investitori.

Ai sensi delle disposizioni comunitarie in tema di aiuti di Stato alla Ricerca e Sviluppo, l'intervento del MIUR a favore della nuova società è riconosciuto, nella forma del contributo nella spesa, comunque nel rispetto del limite massimo di 516.456,00 euro (un miliardo delle vecchie lire), secondo le seguenti percentuali: il 50% dei costi giudicati ammissibili riferibili alle attività di ricerca industriale;

il 25% dei costi giudicati ammissibili riferibili alle attività di sviluppo precompetitivo. Ulteriori "bonus", sotto forma di contributo a fondo perduto, sono concessi ai progetti che prevedano lo svolgimento di una quota di attività non inferiore al 10% del valore del progetto da parte di EPR e/o Università e da parte di uno o più partner di altri Stati membri della UE, in relazione alla dimensione della piccola e media impresa (PMI) e allo svolgimento delle loro attività nelle aree economicamente depresse; il cumulo delle ulteriori agevolazioni indicate non può comunque superare il limite massimo del 25% dei costi ammissibili.

Tra le spese ammissibili al calcolo del finanziamento spettante a coloro che ne fanno domanda rientrano: le spese del personale di ricerca; il costo delle strumentazioni, delle attrezzature di nuovo acquisto, di terreni e fabbricati da utilizzare per l'attività di ricerca; il costo dei servizi di consulenza e simili utilizzati per l'attività di ricerca, compresa l'acquisizione dei risultati di ricerche, brevetti e *know-how*, diritti di licenza ecc.; le spese generali, direttamente imputabili all'attività di ricerca, nella misura forfettaria del 60% del costo del personale; le spese sostenute per studi relativi alla proprietà intellettuale, studi di mercato e di fattibilità; infine, gli altri costi d'esercizio (materiali, forniture e prodotti) direttamente imputabili all'attività di ricerca. Con le nuove agevolazioni il Ministero ha cercato di far fronte ad alcuni ostacoli che frenavano la nascita di imprese *high-tech*, quali la disponibilità di ingenti somme di capitale per avviare l'impresa, i lunghi tempi di sviluppo delle tecnologie, i bassi rendimenti economico-finanziari e l'incertezza dell'iniziativa sul mercato. In effetti, la nuova legislazione cerca di superare parte di questi fattori negativi riconoscendo alle imprese una buona percentuale dell'importo richiesto e agevolando quelle che sono ancora allo stato embrionale, o non ancora costituite, e che quindi presentano un'elevata rischiosità. Per tutte queste caratteristiche la legge 297

sembra essere una modalità di finanziamento di tipo *seed financing*, modalità in cui l'investitore finanzia già dalle prime fasi di sperimentazione.

Nonostante gli aspetti certamente validi, il provvedimento adottato presenta livelli di "generalità" riguardo alle effettive procedure di applicazione e lascia aperte questioni, quali:

- la regolamentazione dei rapporti tra il personale universitario che costituisce l'impresa e l'istituto di appartenenza, nonché il ruolo svolto da tale soggetto all'interno della costituenda società (in altre parole la regolamentazione delle situazioni di "conflitto di interesse");
- la gestione legale della partecipazione delle Università al capitale sociale di società, in particolare in termini di responsabilità.

Questa indeterminatezza, probabilmente, risponde al tentativo, da parte del Ministero, di stimolare le Università a regolamentare la nascita di *spin-off* e lo sfruttamento commerciale della ricerca universitaria, per poi stabilirne i confini legislativi.

Il decreto 297 richiede, infatti, alle Università ed agli EPR di adottare appositi regolamenti che "disciplinino una loro partecipazione in aziende di diritto privato originate dalle proprie attività di ricerca, cioè negli *spin-off* di ricerca, che definiscano le questioni relative ai diritti di proprietà intellettuale sui risultati della ricerca da questi svolta, nonché la procedura autorizzativa e il collocamento in aspettativa ovvero il mantenimento in servizio dei loro professori e/o ricercatori coinvolti nella nuova società". In effetti, dopo l'uscita del decreto, molte Università e EPR (compresi CNR e ENEA) hanno redatto il loro regolamento e, probabilmente, questo è stato l'effetto più importante della nuova legge in quanto ha fornito un quadro normativo di riferimento, altrimenti assente, necessario a rendere meno problematica la nascita e la successiva gestione degli *spin-off* della ricerca.

La maggioranza dei regolamenti universitari dispone che, in caso di costituzione di *spin-*

*off*, siano indicati i soci proponenti e gli altri partecipanti, vengano specificati il ruolo che le Università ricoprono nei confronti delle società *high-tech*, la loro permanenza all'interno delle strutture universitarie, la procedura di costituzione della società, l'istituzione di eventuali commissioni o comitati specifici chiamati ad esaminare le domande pervenute, l'autorizzazione all'utilizzo del nome e del logo universitario, le modalità di partecipazione del personale accademico alle attività dello *spin-off*, le problematiche relative alla proprietà intellettuale, l'attribuzione dei risultati delle ricerche svolte e la partecipazione ai risultati dell'Università e/o del suo personale nonché la regolamentazione delle ipotesi di conflitti di interesse fra gli Atenei e le costituende società. Vengono quindi dettagliatamente specificati tutti gli aspetti che legano gli *spin-off* alle istituzioni di loro provenienza, comprese le eventuali agevolazioni e azioni di stimolo che Università e EPR concedono.

Il continuo interesse nei confronti di forme di collaborazione sempre più strutturate e formalizzate con l'industria, nonché il diffondersi di situazioni favorevoli alla nascita di imprese *spin-off*, sembra aver spinto le Università italiane alla ricerca di forme organizzative il più possibile indipendenti dalla burocrazia universitaria e in grado di creare collegamenti stretti, anche dal punto di vista giuridico, con le strutture private esistenti sul mercato. L'analisi delle esperienze in corso ha infatti evidenziato, anche in Italia, casi di società di diritto privato costituite su iniziativa delle stesse Università o in collaborazione con altri enti privati, con un capitale sociale versato dall'istituto universitario e derivante prevalentemente da forme di finanziamento esterne, come banche e fondazioni. Questo tipo di soluzione consente agli Atenei di gestire un capitale svincolato dal bilancio universitario, nonché di creare un'organizzazione interna, anche in termini di personale, totalmente rivolta ad obiettivi specifici, siano essi il trasferimento tecnologico, l'attività formativa, o il sostegno alle iniziative

imprenditoriali nate in seno all'Università stessa. Queste società, inoltre, consentono la partecipazione indiretta dell'Università ad iniziative che altrimenti le sarebbero precluse in quanto richiedono forme di valutazione e monitoraggio, nonché competenze specifiche, normalmente non accessibili alle istituzioni accademiche. Solitamente queste società di "supporto" partecipano al capitale sociale di *spin-off* o gestiscono l'incubazione di nuove imprese da parte dell'Ateneo. In definitiva, il modello che pare delinearsi, seppure con sfumature e tempi diversi a seconda del livello di esperienza maturata nel settore dai singoli Atenei, è quello dell'*Entrepreneurial University* ossia dell'Università-impresa (Malerba 2000).

Il regolamento dell'ENEA (circolare n. 747/DG dell'8 aprile 2003) è stato emanato, nel rispetto dei fini istituzionali, per perseguire gli obiettivi di promozione e sostegno della ricerca scientifica mediante l'incentivazione dello sviluppo dell'imprenditorialità nella comunità scientifica, favorendo, quindi, la nascita d'imprese per l'immissione sul mercato di nuovi prodotti, processi e servizi generati dalla ricerca scientifica e tecnologica svolta presso i centri dell'Ente e prestando, inoltre, una funzione di assistenza in modo che tali attività possano avere maggiori garanzie di ricadute positive per lo sviluppo sostenibile del Paese.

Lo sviluppo di questa nuova imprenditorialità avviene attraverso la partecipazione diretta del personale dell'ente a società *high-tech*, costituite o da costituire. In particolare, viene garantita la tutela dei dipendenti interessati nella massima misura compatibile con l'affermazione degli interessi dell'ente di ricerca e con i principi di parità di trattamento, trasparenza e correttezza delle procedure. Il personale di ricerca dell'ente, previa autorizzazione, può svolgere la propria attività a favore di società *high-tech* secondo posizioni previste all'interno del regolamento. L'autorizzazione rilasciata al personale è temporanea, rinnovabile e revocabile in caso di inosservanza dei limiti indicati dalla

stessa. Per ottenerla sono necessarie un'istruttoria, da effettuarsi tramite una segreteria tecnica, e una valutazione, realizzata dal comitato tecnico, sull'oggetto, la natura e le caratteristiche della società *high-tech* di riferimento, nonché sull'interesse e sull'entità del coinvolgimento dell'ente nell'iniziativa. Se l'istruttoria e la valutazione avranno esito positivo il ricercatore è autorizzato dall'ente a presentare domanda al Ministero per la concessione dei finanziamenti previsti e, nel caso in cui il MIUR li conceda, e solo in questo caso, il ricercatore potrà prestare la sua attività a favore della società. Se l'ente concede l'autorizzazione dovrà regolamentare i rapporti con la società *high-tech*; a tale fine si procede alla stipula, con i dipendenti che vogliono costituire lo *spin-off*, di appositi accordi che regolino i rapporti economici tra l'ente e la società e l'impiego del personale dell'ente, delle sue strumentazioni, del suo *know-how* e di eventuali trasferimenti di conoscenze tecnico-scientifiche.

Inoltre, è previsto che la società ad alta tecnologia a cui partecipa il ricercatore può disporre senza oneri delle conoscenze non protette da strumenti di tutela giuridico-legale, assumendo comunque per iscritto l'impegno ad utilizzare dette conoscenze in regime di stretta riservatezza nei confronti di terzi. Nel caso in cui il ricercatore dispone di brevetti di sua proprietà e desidera utilizzarli nelle attività della società è previsto che, per un periodo di due anni a decorrere dalla data ufficiale di avvio dello *spin-off*, siano nulli i proventi da destinare all'ente di ricerca. Ove il neo-imprenditore intenda avvalersi di brevetti di invenzione, marchi o diritti d'autore di proprietà dell'ente, deve presentare una richiesta in concomitanza con l'autorizzazione alla partecipazione alla società *high-tech*. La concessione di utilizzo avviene mediante la stipula di un contratto di licenza tra l'ente e la società a condizioni vantaggiose (la suddetta licenza può essere concessa a titolo non-oneroso per i primi tre anni e prevedendo un corrispettivo economico dal quarto in poi).

La partecipazione di personale dell'ENEA alla creazione di *spin-off* comporta la spendita e l'utilizzo del suo nome e della sua immagine; si dovrà, perciò, prevedere l'adozione di ogni cautela al fine di prevenire ed impedire comportamenti che possano ledere il nome e l'immagine dell'ente stesso. Per evitare situazioni di conflitto di interessi è previsto che il personale presenti alla segreteria tecnica una dichiarazione dalla quale emergano gli interessi per l'iniziativa e il valore e le potenzialità delle tecnologie suscettibili di trasferimento.

La segreteria tecnica, più volte citata, fornisce un'assistenza globale, in quanto riceve le richieste di costituzione di *spin-off*, cura la fase istruttoria, assiste i ricercatori nella fase di redazione del *business plan*, cura i compiti di segreteria del Comitato di valutazione, comunica agli interessati l'andamento e lo stato della valutazione delle loro richieste, presenta al Presidente del Comitato le richieste di rinnovo. La segreteria tecnica, inoltre, fornisce al personale di ricerca l'assistenza necessaria per una migliore collaborazione con la società *high-tech*, cura il monitoraggio degli effetti della partecipazione dei dipendenti agli *spin-off* e fornisce annualmente informazioni al Consiglio di Amministrazione e al MIUR sulle attività svolte e sui servizi prestatati alle società ad alta tecnologia, così come previsto dai decreti n. 297/99 e n. 593/00.

Anche i regolamenti interni delle Università e degli EPR possono esser visti come uno strumento atto a favorire la crescita di imprese *high-tech* e a sostenerne il successivo sviluppo attraverso la fornitura di servizi quali *know-how*, infrastrutture e tecnologie a condizioni vantaggiose rispetto a quelle di mercato.

#### Valutazione dell'impatto dell'art. 11 del DM 593/00: un'indagine empirica

Secondo quanto previsto dagli articoli 2 e 11 dei decreti precedentemente descritti, coloro che appartengono al mondo della ricerca, ricercatori universitari e degli EPR su tutti, qualora in possesso di idee di *business* da

commercializzare, possono presentare domanda al Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca per usufruire dei finanziamenti e poter così concretizzare i loro progetti imprenditoriali.

Secondo i dati forniti dal MIUR, l'iniziativa ministeriale ha riscontrato un buon successo: a fine dicembre 2003 sono pervenute 49 proposte di progetti. Quelli che non sono stati ammessi neppure ad una prima analisi sono 6, mentre 38 sono le proposte ammesse alla valutazione iniziale (tabella 1): una non è stata valutata a causa della rinuncia dei proponenti ad avviare l'impresa, 24 hanno avuto un giudizio negativo, le restanti 13 proposte sono state giudicate positivamente per l'ottenimento dei finanziamenti (tabella 2). Le proposte ancora in esame sono 5.

Dati alla mano, si riscontra che ad oggi sono stati concessi finanziamenti solo al 25% dei progetti.

Per analizzare l'efficacia degli aiuti ministeriali concessi alle imprese i cui progetti hanno superato le valutazioni economico-scientifiche a cui sono stati sottoposti dalle competenti strutture del MIUR, è stato ideato un questionario, che si compone di tre parti. La prima parte, introduttiva, è utile per facilitare l'inquadramento delle aziende beneficiarie degli aiuti economici; la seconda, più specifica, entra nel merito degli interventi del MIUR, mentre l'ultima parte, fornisce informazioni utili allo sviluppo dello studio. Il questionario è stato inviato, tramite posta elettronica, alle imprese che sono state ammesse ai finanziamenti.

Analizzando le risposte date vengono confermate le caratteristiche e le problematiche che condizionano le imprese *spin-off* della ricerca. La totalità delle imprese sono state avviate dai loro fondatori per soddisfare l'esigenza di sfruttare l'esperienza maturata, per l'identificazione di opportunità di mercato ma anche per la volontà di completare l'innovazione raggiunta. C'è quindi una netta prevalenza delle motivazioni "pull", quali il desiderio di operare in proprio, di fare cose nuove rispetto al contesto di origine, su quelle

**Tabella 1**  
Valutazione iniziale di ammissione dei progetti presentati al Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

Progetti ammessi	Progetti non ammessi	Progetti ancora in esame
38	6	5

di natura “*push*”, come le motivazioni monetarie, e il cambiamento dell'ambiente di lavoro.

Diversi sono i settori in cui operano gli *spin-off*, ma tutti rientrano nel comparto dell'alta tecnologia: alcuni si occupano di microelettronica, altri di nanomateriali, ma anche di monitoraggio e di dispositivi elettronici applicati alle biotecnologie e alle diagnosi mediche. Come ci si poteva aspettare, trattandosi di *spin-off high-tech*, si tratta di settori in cui la risorsa fondamentale è la conoscenza.

Gli *spin-off* si localizzano al Centro e nel Nord Italia e le regioni che ne ospitano un maggior numero sono l'Emilia Romagna e il Veneto, ma si trovano anche in Sardegna, nelle Marche e nel Friuli Venezia Giulia. Praticamente assenti le regioni meridionali. Trattandosi di una legge approvata nell'agosto 2000 è ovvio che quelle analizzate sono imprese recentissime tanto che la maggior parte è attiva da meno di un anno. Essendo una tipologia di impresa alle prime armi e con poca esperienza, nella maggioranza dei casi, lo *spin-off* è composto da una componente umana molto flessibile che garantisce bassi oneri occupazionali, almeno per ciò che riguarda i primi anni di vita. Il numero di persone che vi trova occupazione si restringe ai soli proponenti (da una a tre, al massimo quattro persone) e in un solo caso si arriva alla soglia delle sette unità.

Il quadro societario si compone, nella quasi totalità dei casi, di soci intesi come persone fisiche e di aziende private; ancora bassa, anche se in crescita rispetto agli ultimi anni, è la partecipazione di Università ed Enti Pubblici di Ricerca. L'apporto fornito da questi ultimi soggetti si incentra sulla fornitura di personale, *know-how*, tecnologie,

strutture e, solo in pochi casi, anche sull'apporto di capitale; si tratta comunque di una partecipazione societaria simbolica che serve soprattutto a formalizzare il rapporto tra l'ente di origine e la nuova impresa. In altri paesi la partecipazione al capitale è vista come un investimento a tutti gli effetti, con il quale gli enti cercano di valorizzare l'impresa in modo da potersi garantire un cospicuo ritorno di capitale al momento della dismissione delle proprie quote. In Italia non è così, probabilmente per la mancanza, all'interno degli Enti di ricerca, di strutture e risorse manageriali in grado di valutare le imprese e poterle considerare una fonte di guadagno da salvaguardare. Ancora inferiore è il coinvolgimento delle istituzioni finanziarie, ma questo dato non sorprende più di tanto perché in Italia il *private equity*, ossia la partecipazione di operatori finanziari specializzati nel capitale di rischio, è ancora poco sviluppata.

È vivo invece l'interesse da parte di aziende private, così come dimostrato dalla loro partecipazione al quadro societario delle *start-up*, ma anche dalla fornitura di risorse umane, di conoscenza, di strutture di vario genere e, per oltre la metà delle imprese analizzate, anche di capitale. Questa partecipazione del mondo industriale al capitale delle nuove imprese dimostra che i ricercatori in questione avevano contatti, collegamenti e probabilmente anche collaborazioni con le aziende operanti sul mercato durante l'esercizio della loro attività di ricerca. Il dato conferma che, in generale, il network di appartenenza dei potenziali imprenditori svolge un ruolo determinante nel processo di creazione di impresa. Dal sistema di relazioni “formali” (organizzazione madre, finan-

**Tabella 2**  
Risultato finale delle richieste di finanziamento dei 38 progetti ammessi

Progetti ammessi al finanziamento	Proposte non finanziate	Progetti non valutati per la rinuncia dei proponenti
13	24	1

ziatori istituzionali, clienti potenziali ecc.) e “informali” (familiari, colleghi, amici, finanziatori atipici ecc.) dipende non solo il buon esito della fase di *start-up*, ma anche quello della sopravvivenza e dello sviluppo. In particolare le caratteristiche dell'ambiente accademico di appartenenza incidono profondamente sulle dimensioni del fenomeno *spin-off*. Le indagini disponibili (Mustar, 1995; Smilor, Gibson e Dietrich, 1990; Stankiewicz, 1994; Lanzara e Piccaluga, 1997) mettono in evidenza che molte imprese *spin-off* sono nate proprio da sistemi universitari in cui sono presenti infrastrutture preposte al supporto degli aspiranti imprenditori o che comunque, più in generale, sono coinvolte in attività di interscambio e di collaborazione con il sistema industriale.

Per la maggioranza degli *spin-off* gli spazi adibiti all'esercizio delle loro attività sono messi a disposizione dalle aziende industriali che partecipano alla società, ma ci sono anche imprese che operano all'interno dei laboratori degli Enti di appartenenza. Solo in un caso l'impresa utilizza strutture di sua proprietà, mentre in un altro gli spazi sono presi in affitto. Nel complesso, quindi, gli spazi concessi dagli Enti di Ricerca e dalle aziende private si sono rivelati un importante supporto che ha permesso agli *spin-off* di poter evitare le onerose immobilizzazioni nella fase di avvio dell'impresa.

Gli *spin-off*, soprattutto nella fase di *start-up*, si caratterizzano per svolgere attività di consulenza. Tale attività si basa sulle competenze dei fondatori e sul loro *know how* e, non richiedendo immobilizzazioni di capitali, è in grado di garantire i flussi di cassa necessari alla sopravvivenza delle imprese nei primi anni di attività. Nel nostro caso, la maggior parte delle imprese abbina la fornitura di servizi e consulenze all'attività di produzione e successiva commercializzazione di prodotti; una parte minoritaria si occupa soltanto di consulenza, mentre una sola svolge soltanto attività di produzione. Ciò conferma quanto affermato da Stankiewicz (1994) secondo cui le attività principali degli *spin-off* sono la

## Questionario sottoposto ai creatori di imprese high-tech mediante spin-off

### Parte introduttiva

1	Quali motivazioni vi hanno spinto a dar vita all'impresa high-tech?
1.1	Identificazione di opportunità di mercato
1.2	Esigenza del fondatore di sfruttare l'esperienza maturata
1.3	Esigenza di portare a completamento l'innovazione raggiunta
1.4	Esigenza di applicare conoscenze di carattere teorico in prodotti/servizi
1.5	Motivazioni finanziarie
1.6	Avversione al rischio dell'ambiente della ricerca
2	In quale settore high-tech il vostro spin-off concentra la sua attività?
3	Da quanto tempo l'impresa è stata avviata?
3.1	Meno di un trimestre
3.2	Meno di un semestre
3.3	Circa un anno
3.4	Oltre un anno
4	Qual è il numero di personale che trova impiego nella vostra attività?
4.1	1-3
4.2	4-7
4.3	8-10
4.4	11-15
5	In quale regione si localizza l'iniziativa imprenditoriale?
6	Da quale delle seguenti figure è composto il quadro societario?
6.1	Soci intesi come persone fisiche
6.2	Ente di ricerca
6.3	Università
6.4	Istituzioni finanziarie
6.5	Aziende private
6.6	Altro (specificare)
7	Cosa vi ha messo a disposizione il/i vostro/i partner societario/i? Personale, know-how, strutture, tecnologie e/o capitale?
7.1	Ente di ricerca
7.2	Università
7.3	Azienda privata
7.4	Istituzione finanziaria
7.5	Altro
8	Dove svolge la sua attività l'impresa che avete costituito?
8.1	Nei laboratori degli Enti di appartenenza
8.2	In strutture di sua proprietà
8.3	In spazi messi a disposizione da uno dei partner societari
8.4	Altro (specificare)
9	Che tipo di attività svolge la vostra impresa?
9.1	Commercializzazione di prodotti
9.2	Servizi e/o consulenze
9.3	Entrambe
10	Qual è l'estensione geografica del mercato di riferimento della vostra attività?
10.1	Locale
10.2	Nazionale
10.3	Europeo
10.4	Mondiale
11	Qual è il fatturato previsto alla fine del progetto di ricerca finanziato dal MIUR? (cifre espresse in milioni di €)
11.1	<0,500
11.2	0,500 - 2,600
11.3	2,600 - 7,750
11.4	>7,750

produzione, la consulenza e la prestazione di servizi tecnologici.

Nonostante il limitato fatturato previsto alla fine del progetto di ricerca (nella quasi totalità dei casi si rientra nella classe che va dai 0,500 ai 2,600 milioni di euro) possa dare l'idea che si tratti di *spin-off* che hanno un mercato di riferimento ristretto a quello nazionale, nella maggior parte dei casi le imprese si rivolgono ad un mercato di estensione mondiale o europeo. Nessuna delle imprese analizzate ha come mercato di riferimento quello locale. Ciò sta a significare che gli *spin-off*

Parte specifica	
12	Come giudicate il tempo trascorso tra l'approvazione del progetto e l'effettivo arrivo dei finanziamenti?
12.1	1
12.2	2
12.3	3
12.4	4
12.5	5
13	Come giudicate l'importanza del finanziamento ministeriale per l'avvio della vostra impresa?
13.1	1
13.2	2
13.3	3
13.4	4
13.5	5
14	Come valutate l'interazione con il Ministero durante l'iter di valutazione della vostra proposta?
14.1	1
14.2	2
14.3	3
14.4	4
14.5	5
15	Come valutate l'offerta di servizi dell'Ente o dell'Università di vostra appartenenza, secondo quanto previsto dai rispettivi regolamenti?
15.1	1
15.2	2
15.3	3
15.4	4
15.5	5
Parte terza	
16	Avete incontrato problematiche nel redigere le documentazioni necessarie per presentare la domanda? Se sì quali? E a che tipo di consulenze avete dovuto far ricorso?
17	Siete in grado di suggerire un'eventuale migliore impostazione della procedura?
18	Di quale delle seguenti possibilità previste dai regolamenti degli Enti di appartenenza avete usufruito?
18.1	Collocamento in aspettativa
18.2	Mantenimento in servizio
18.3	Mantenimento nel corso di studio
19	Secondo voi potrebbero presentarsi situazioni non disciplinate dai regolamenti degli Enti o Atenei cui appartenete? Se sì quali?
20	Che tipo di supporto vi è stato dato dal vostro ente di appartenenza nello sviluppo dell'idea imprenditoriale e nella predisposizione dei documenti?
21	Se avete usufruito delle maggiorazioni previste dall'articolo 5 del DM 593/00, indicare quali.
21.1	Per progetti presentati da Piccole e Medie Imprese
21.2	Per attività di ricerca da svolgere nelle aree depresse
21.3	Per attività di ricerca da svolgere nelle aree da riconvertire
21.4	Per la partecipazione al progetto di altri Stati dell'UE
21.5	Per la partecipazione al progetto di Enti pubblici di ricerca e/o Università
22	Avete fatto ricorso ad altri tipi di finanziamenti, oltre a quelli ministeriali? Se sì quali?
22.1	Prestiti bancari
22.2	Prestiti da amici e parenti
22.3	Altri prestiti
22.4	Capitale di rischio
22.5	Risorse personali
22.6	Contributo regionale
22.7	Contributi internazionali
22.8	Contributi UE
22.9	Altro (specificare)
23	È stato difficile ottenere finanziamenti alternativi a quelli ministeriali?
Note e commenti	

analizzati sono imprese appena costituite, di piccole dimensioni e con bassi fatturati, ma che possono presentare grandi prospettive di sviluppo.

Per quanto riguarda l'efficacia e l'efficienza delle procedure ministeriali, i beneficiari degli aiuti economici si trovano tutti d'accordo sull'eccessivo tempo d'attesa per l'arrivo dei finanziamenti. Nella grande maggioranza dei casi gli intervistati hanno dato il peggior

giudizio possibile riguardo ai tempi di attesa, mentre la restante parte ha comunque giudicato abbastanza negativamente il tempo trascorso tra l'approvazione del progetto e l'effettivo arrivo dei contributi. Addirittura in un caso lo *spin-off* non ha ancora ricevuto i finanziamenti, nonostante siano passati molti mesi. La lentezza nell'erogazione dei contributi è una problematica ricorrente tanto che è stata segnalata come eventuale intervento da attuare per migliorare la procedura. Qualche *spin-off* ha rischiato di non sopravvivere fino all'arrivo degli aiuti ministeriali ed è riuscito a tamponare la situazione soltanto grazie al reperimento di risorse alternative, come quelle derivanti da progetti europei, o dal contributo attivo dei soci.

Il problema della lunghezza e dell'incertezza nei tempi di erogazione del finanziamento è un nodo cruciale in quanto gli *spin-off* tipicamente sono imprese che nascono senza un adeguato apporto di capitali. Inoltre operando in settori ad alta tecnologia, caratterizzati da un alto livello di innovatività e da un'elevata rischiosità delle attività connesse, con una concorrenza sempre più agguerrita e con un cambiamento delle tecnologie sempre più rapido, le difficoltà e la lentezza nel reperire adeguate risorse finanziarie rischiano di compromettere la portata innovativa e la competitività degli *spin-off*.

L'articolo 11 del DM 593/00 ha quindi una debolezza nella sua applicazione che rischia di inficiare l'utilità delle misure proposte.

Se sono in discussione i tempi di attesa dei finanziamenti, senza dubbio non lo è l'importanza che questi ultimi rivestono per l'avvio delle imprese. La maggior parte dei fondatori degli *spin-off* ha valutato il contributo ministeriale come fondamentale per poter avviare la propria impresa e, senza il quale, il progetto imprenditoriale sarebbe ancora un sogno nel cassetto.

Abbastanza buono è stato il giudizio sull'interazione avuta con il Ministero durante l'iter di valutazione della proposta e, ancora migliore, è stato quello sull'offerta di servizi che l'Ente o l'Università di appartenenza

dei fondatori ha concesso alle imprese secondo quanto previsto dai regolamenti appositamente adottati. Gli Enti di appartenenza dei fondatori degli *spin-off* hanno cercato di dare sostegno alle imprese mediante la fornitura di servizi, di consulenza e di strutture. Solo in un caso il neo-imprenditore ha incontrato difficoltà nel ricevere la dovuta attenzione da parte del proprio ente, segnalando la scarsa sensibilità all'iniziativa imprenditoriale. Questo può essere interpretato come un segnale della necessità di una maggiore diffusione della cultura imprenditoriale all'interno del mondo della ricerca e che il supporto degli Enti di ricerca agli *spin-off* deve ancora migliorare, nonostante si noti una positiva variazione di tendenza rispetto al passato, probabilmente dovuta anche all'intervento del MIUR.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla 593/00 i fondatori non hanno incontrato particolari problemi per la compilazione e la successiva presentazione della domanda, vuoi per l'esperienza maturata in iniziative simili, vuoi per l'aiuto di specialisti come commercialisti o società esterne.

Come detto, per favorire l'avvio di questi *spin-off*, gli EPR e le Università dei fondatori hanno adottato dei regolamenti che disciplinano i rapporti tra impresa e ente di appartenenza. Come espressamente indicato dall'articolo 11 del DM 593/00, all'interno di questi regolamenti è prevista la possibilità per il personale che voglia fondare uno *spin-off* di regolare il proprio rapporto di lavoro secondo una delle seguenti modalità: collocamento in aspettativa o il mantenimento in servizio per il personale e il mantenimento nel corso di studio per i dottorandi. Questi ultimi hanno usufruito di tale possibilità mentre la totalità dei fondatori rappresentati da professori o ricercatori, ha scelto il mantenimento in servizio. Dal fatto che nessuno abbia optato per il collocamento in aspettativa si intravede qualche insicurezza riguardo alla futura riuscita dell'impresa. Da questa scelta si evince che il rischio percepito per l'avvio dell'impresa è molto elevato. La concessione del

mantenimento in servizio da parte dell'ente di appartenenza è un'ottima misura grazie alla quale il fondatore può avviare l'impresa senza pensare ai futuri rischi occupazionali che in qualsiasi altra situazione avrebbero dovuto essere messi in preventivo. Questa possibilità implica un forte interesse che il mondo degli EPR nutre verso questa forma di trasferimento tecnologico e sottolinea il loro impegno nel sostenere la nascita di *spin-off* della ricerca.

L'analisi prosegue esaminando il supporto fornito dagli Enti di appartenenza ai fondatori nello sviluppo dell'idea imprenditoriale e nella predisposizione dei documenti. Nella maggioranza dei casi il contributo è stato scarso se non nullo. Questo tipo di sostegno si è rivelato buono solo in alcuni casi e si è concretizzato nella supervisione delle documentazioni, oppure nell'assistenza da parte di un ufficio ad hoc nella fase di presentazione e monitoraggio del progetto, o, ancora, quando gli Enti hanno fornito un buon contributo in termini di network di idee e contatti. Dal tipo di sostegno concesso dagli EPR e dalle Università si nota che la scarsa presenza degli uffici di trasferimento tecnologico e dei *liaison offices*, peraltro nati da poco, non fornisce il giusto supporto allo sviluppo della *business idea* e a tutte le fasi precedenti, mentre si è rivelato buono il sostegno fornito alle imprese nella fase di *start-up* e in quelle successive.

La maggioranza dei progetti approvati ha beneficiato delle maggiorazioni previste. Gli *spin-off* sono stati costituiti anche ricorrendo a mezzi finanziari alternativi oltre a quelli ministeriali, in molti casi indispensabili per far fronte al mancato arrivo di questi ultimi. Le risorse prevalenti sono quelle apportate personalmente dai soci fondatori e i contributi versati dall'UE per altri progetti di ricerca. Ma sono anche presenti i prestiti bancari e quelli ottenuti da amici e parenti e purtroppo, soltanto in un caso, l'impresa ha potuto usufruire di capitale di rischio. In riferimento a ciò è stato domandato ai fondatori delle imprese se è stato difficile ottenere

finanziamenti alternativi a quelli ministeriali. Alcuni hanno risposto dicendo che è stato più facile, forse influenzati nel loro giudizio dai minori tempi di stanziamento. Alcuni hanno beneficiato di finanziamenti dalle aziende private che partecipano al progetto, anche se in seguito a lunghe contrattazioni delle condizioni. Vi sono anche casi in cui ottenere finanziamenti alternativi non è stato semplice, vuoi per la scarsità di istituzioni finanziarie interessate a questa particolare tipologia di impresa, vuoi per la rischiosità tecnologica intrinseca delle idee imprenditoriali. Di certo l'attuale momento negativo dell'economia non aiuta. Si può ancora parlare, quindi, del problema finanziario come uno dei maggiori ostacoli per l'avvio degli *spin-off*.

## Conclusioni

Con la legge 297/99, la prima in Italia che ha affrontato il tema degli *spin-off* della ricerca, il MIUR ha previsto agevolazioni finanziarie per i soggetti appartenenti al mondo della ricerca, che vogliono trasformare una loro idea di *business* in impresa. Con questa iniziativa il Ministero ha tentato di favorire il trasferimento tecnologico di Università e EPR: un professore, un ricercatore, un titolare di un assegno di ricerca, un dottorando può ufficialmente fare una richiesta al MIUR per avere un finanziamento che gli consenta di portare avanti tutte le necessarie verifiche della sua idea di *business*, incentivando, in questo modo, la nascita di *spin-off* accademici. Anche se al momento sono stati finanziati solo 12 *spin-off*, questa iniziativa sembra andare nella giusta direzione, in quanto, come è emerso dai risultati del questionario, sono state proprio le agevolazioni finanziarie previste dal Ministero a dare la spinta alla creazione di imprese che altrimenti non sarebbero mai nate.

Purtroppo però la valutazione dei progetti e la successiva erogazione degli aiuti economici si svolgono in un arco di tempo troppo lungo, fattore, quest'ultimo, che può limitare fortemente l'impatto dei finanziamenti e

mettere a rischio la sopravvivenza stessa degli *spin-off*, per i quali raggiungere quanto prima il mercato è di vitale importanza. Dall'analisi fatta si è visto, poi, come ci sia un discreto interesse industriale per queste nuove imprese, testimoniato dalla partecipazione negli *spin-off* di aziende private. Anche le Università e gli Enti di Ricerca partecipano a volte al capitale delle nuove imprese, anche se in maniera più simbolica che non attraverso un vero e proprio investimento economico. Pressoché nulla risulta invece la partecipazione di istituzioni finanziarie, soprattutto quelle specializzate nel capitale di rischio, come i *venture capital*. Uno degli effetti più importanti della legge in esame è stata l'adozione da parte degli EPR e delle Università di regolamenti che facilitino i rapporti tra l'ente e le *start-up* fondate dai loro ricercatori. Si è visto, infatti, che gli Enti di ricerca supportano con strumenti di vario tipo gli *spin-off* nella fase successiva alla formalizzazione della *business idea* e allo *start-up* dell'impresa, in virtù proprio dei regolamenti adottati.

Il MIUR ha, quindi, tentato di incentivare la nascita di queste imprese non solo mettendo a disposizione finanziamenti per promuoverne l'avvio, ma fornendo anche il necessario quadro normativo al quale Università e EPR possono fare riferimento. Questo è sicuramente l'aspetto più interessante della legislazione in quanto, obbligando gli istituti di ricerca a regolamentare i rapporti con i propri dipendenti nelle vesti di nuovi imprenditori, ha spianato la strada ad una "cultura" dello *spin-off*, ha fatto in modo, cioè, che EPR e Università considerassero questa modalità di trasferimento tecnologico e che in qualche modo la organizzassero.

Riguardo l'Università, poi, con la nuova legislazione, accanto alle funzioni tradizionali di produttrice di conoscenza (*knowledge factory*) e di formatrice e adattatrice delle risorse umane (*human capital factory*), si affiancano le funzioni di interazione con le imprese (*technology transfer factory*) e di promo-

zione e gestione dei progetti di innovazione territoriale (*territorial development factory*). La nuova normativa è, quindi, un importante passo in avanti per favorire il trasferimento tecnologico e valorizzare i risultati della ricerca scientifica, anche se molti aspetti devono ancora migliorare, soprattutto quelli relativi alla partecipazione degli EPR e delle Università nelle vesti di soci dello *spin-off*, in modo da rendere queste imprese più "sicure" e di conseguenza più appetibili per i finanziatori di capitale di rischio; ugualmente deve essere perfezionato il sostegno nelle fasi iniziali di elaborazione dell'idea imprenditoriale e la disponibilità di capitale *seed* e *pre-seed*. Sarebbe auspicabile, quindi, che EPR e Università si dotassero delle risorse necessarie per valutare le idee di business dei propri ricercatori, al di là del ricorso alle agevolazioni del MIUR, per poter partecipare fin dalle prime fasi alla definizione e alla concretizzazione dell'impresa.

Si può concludere affermando che la nascita e lo sviluppo delle imprese *high-tech* di derivazione accademica è sempre più un obiettivo delle azioni delle autorità governative, fatto, quest'ultimo, sottolineato dal buon numero di iniziative nate a tal fine, anche se non sempre pienamente soddisfacenti, soprattutto nella loro attuazione.

Il sempre maggiore interesse da parte delle istituzioni per questa tematica dimostra che gli *spin-off* accademici sono considerati validi strumenti per una maggiore valorizzazione dei risultati della ricerca. Si tratta di sfruttare una risorsa che già c'è (la conoscenza e le qualità dei ricercatori), ma che per essere valorizzata necessita della presenza di alcuni presupposti fondamentali, primo fra tutti una maggiore cultura imprenditoriale all'interno del mondo della ricerca.

## Bibliografia

1. ARRIGHETTI A., SERAVALLI G., "Una politica industriale per le imprese spin-off", *Impresa & Stato* n. 43, 2001
2. BOLDIZZONI D., SERIO L., "Lo spin-off tra imprenditorialità e management", *Impresa & Stato* n. 43, 2001
3. CHIESA V., PICCALUGA A., "La nascita di imprese ad alta tecnologia", *Impresa & Stato* n. 43, 2001
4. COMMISSIONE COMUNITÀ EUROPEA, "L'innovazione in un'economia fondata sulla conoscenza", Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo, 2000
5. COMMISSIONE COMUNITÀ EUROPEA, "Libro Verde: l'imprenditorialità in Europa", 2003
6. COMMISSIONE EUROPEA, "Growth paths of technology-based companies in life sciences and information technology", Innovation Paper No 32, 2003
7. FRATINI D., "Il trasferimento di know-how dagli Enti pubblici di ricerca: problematiche, metodologie ed esperienze concrete", tesi di dottorato in Economia e Gestione delle Imprese della Facoltà di Economia dell'Università di Ancona, 2002
8. LIPPARINI A., SERIO L., "Lo spin-off quale strategia deliberata", *Sviluppo & Organizzazione* n. 183, gennaio/febbraio 2001
9. MALERBA F., "Il sistema innovativo italiano", *Economia dell'innovazione*, Carocci editore, Roma, 2000
10. MUSTAR P., "The creation of Enterprises by Researchers: Conditions for Growth and the Role of Public Authorities", High-level Workshop on SMEs: Employment, Innovation and Growth, Washington DC, June 16-17, 1995
11. PICCALUGA A., *La valorizzazione della ricerca scientifica. Come cambia la ricerca pubblica e quella industriale*, Franco Angeli, Milano, 2001
12. PICCALUGA A., LANZARA, "L'evoluzione dei modelli di trasferimento tecnologico: il ruolo delle imprese spin-off e dei laboratori di ricerca", Il Workshop Internazionale su "Innovazione, Sistemi di PMI e sviluppo locale", Cremona, 11-12 giugno, 1997
13. SMILOR R.W., GIBSON D.V., DIETRICH G.B., "University spin-out companies: technology start-ups from ut-Austin", *Journal of Business Venturing*, n. 5, 1990
14. STANKIEWICZ R., "Spin-off Companies from Universities", *Science and Public Policy*, vol. 21(2), pp. 99-107, 1994

# Sacro e Tecnoscienza: un meccanismo tenebroso

di FAUSTO BORRELLI

scienza, tecnica,  
storia & società

Il "sacro" è connesso a "potenza" e "violenza"; ma il "sacro" oggi è connesso anche a "tecnoscienza". E' un meccanismo tenebroso che si espande a livello planetario. In pochi anni, si è passati dall'equilibrio del terrore al disequilibrio del terrorismo, in condizioni di continuo aumento della potenza tecnologica degli strumenti bellici. Per gettare un po' di luce su questo tenebroso meccanismo, ci rivolgiamo a tre grandi studiosi del sacro: Rudolf Otto, Mircea Eliade e René Girard

## The Sacred and Technoscience: a pitch-black mechanism

*The idea of the sacred has always been connected with power and violence, but today it is also connected to technoscience. This is a pitch-black mechanism that is expanding worldwide. In just a few years, we have gone from the "balance of terror" to the "imbalance of terrorism," while the technological power of weapons of war is constantly increasing. To shed some light on this "murky mechanism," we turn to three great scholars of the sacred: Rudolf Otto, Mircea Eliade and René Girard.*

## Dall'essere per la morte al morire per essere

Chi scrive queste righe si è reso conto che il tentativo di rimuovere il tema del rapporto fra sacro e tecnoscienza è un'impresa impossibile.

¿Perché al cospetto di sacro e tecnoscienza ogni altro argomento di riflessione sulla tecnica si sbiadisce o scompare?

Perché sacro e tecnoscienza sono connessi, nella loro essenza, con potenza e violenza e ciò genera angoscia.

### Gli eventi ci precettano

La rimozione assume così un significato preciso: è il rifiuto di ascoltare l'appello perentorio dell'ordine e connessione delle cose ad essere pensate nell'ordine e connessione delle idee.

In altri termini, sono gli eventi stessi che ci precettano e ci impongono di interpretarli proprio nella loro terrificante realtà.

Si cercherà allora di fare un tentativo per gettare un po' di luce su quel tenebroso meccanismo che sta alle radici dell'attuale violenza planetaria e della sua corsa verso livelli devastanti sempre più alti, grazie al "sacro" coniugato con la "tecnoscienza".

### 1959: un monito alla vigilanza

Siamo nel marzo del 2005. Sono trascorsi quarantacinque anni da quando il teologo cattolico tedesco Romano Guardini (1885–1968), preoccupato per l'espandersi incontrollato della tecnica moderna, metteva in luce la infinita potenza, ambivalenza e non controllabilità della tecnoscienza da parte dell'uomo<sup>1</sup>. Guardini lanciava un preciso monito alla vigilanza, ricordando che le forze impegnate e responsabili lavorano in modo molto più lento delle forze unilateralmente violente.

Questo monito alla vigilanza – formulato quando di biotecnologie, di informatica, di nano-

tecnologia, di crisi climatica e ambientale, di fecondazione eterologa, di commercio d'organismi, di autobombe suicide e di bombe sporche si sapeva poco o niente – conserva ancora intatta tutta la sua attualità.

Ciò che Romano Guardini non poteva prevedere era che la crescente potenza della tecnica moderna si sarebbe coniugata con la spinta della infinita potenza del sacro.

Oggi, infatti, siamo in presenza di una *escalation* della dinamica distruttiva della tenebrosa spirale: sacro, violenza e tecnoscienza.

### 2005: la spettacolarizzazione della violenza e del terrore

#### *Colpisci e terrorizza*

Da un lato, vediamo utilizzare strumenti bellici tecnologicamente sempre più avanzati, potenti, devastanti e intelligenti in azioni spettacolarizzate televisivamente. Azioni cominciate con attacchi missilistici notturni sulla città, chiamati : colpisci e terrorizza. Questi attacchi terrorizzanti durati vari giorni erano, a loro volta, inquadrati in una guerra preventiva sacralizzata come lotta del Bene contro il Male o lotta contro il mondo delle tenebre.

Su questo aspetto della guerra preventiva, si è pronunciato Enzo Bianchi, priore della Comunità Monastica di Bose in "Nuove Apocalissi" (Rizzoli 2003, p. 20-21) dove dice sostanzialmente che: quando si afferma che dobbiamo liberare il mondo dal diavolo, che da una parte c'è il Bene e dall'altra il Male, oppure quando si cita San Paolo a favore proprio e dei propri concittadini – si dà la voce allo sdegno popolare, ma non si compie un'operazione tesa a capire; si reagisce sì al crimine commesso, ma si celebra ancora il Dio perverso del "Dio lo vuole ed è con noi" delle crociate.

#### *Orrore massmediatico*

Dall'altro lato, si assiste alla messa in atto di reazioni speculari, cruente e terrorizzanti, che combinano la potenza tecnologica di esplo-

<sup>1</sup> "Teologia della Tecnica: Romano Guardini" di Fausto Borrelli, in "Energia, Ambiente, Innovazione" 5/2000, pp.70-82

\* 20 agosto 1672. A L'Aja, i fratelli Jan e Cornelius de Witt, leader liberali dei Paesi Bassi, sono massacrati dalla folla. Spinoza scrive un cartello – Ultimi barbarorum – che vuole incollare al muro vicino al massacro. Il pittore Van Spick, nella cui abitazione vive Spinoza, blocca il filosofo chiudendolo a chiave nella sua stanza.

sivi micidiali, di peso e ingombro relativamente ridotto, con la dedizione al martirio di “vettori intelligenti viventi” che si autosacrificano per difendere la loro “sacra terra”, compiendo stragi per controbilanciare la strapotenza tecnologica del nemico.

Si assiste anche qui alla “massmediatizzazione” del terrore, con “teste mozzate” orribilmente spettacolarizzate tramite la tecnologia televisiva venduta a basso prezzo alla popolazione civile dallo stesso “invasore-occupante” per propagandare le ragioni della “sua” guerra giusta.

*1793 a Parigi: ça ira, ça ira, ça ira!*

La spettacolarizzazione del terrore, del resto, non è cosa nuova; risale al 1793 – anno del terrore – quando decine di “teste mozzate” cadevano ogni giorno nelle “ceste”, a Parigi, grazie ad un freddo strumento di morte sviluppato tecnologicamente per quello scopo. Questo macabro rituale quotidiano si compiva nel corso di una festa “nazional-sacrificale” gestita dalla Dea Ragione al grido ritmato della folla: *ça ira, ça ira, ça ira!*

### Heidegger, il martire e la “sacra terra”

Si potrebbe dire impropriamente che il rassegnato “Essere per la morte” di Martin Heidegger del 1927, si sia capovolto, oggi, nella prospettiva inebriante del “Morire per essere”; nel senso che il martire vive gioiosamente la sua “massima pienezza ontologica” nella “quasi istantanea durata” dell’atto autodistruttivo e violento del sacrificio e dell’annientamento contestuale delle vittime. Vittime che egli considera, dal suo punto di vista fideistico, come profanatrici del “sacro suolo” della “sacra terra” dell’Islam.

Per cercare di capire meglio queste cose – torbide ed oscure – abbiamo pensato di interpellare tre grandi interpreti che hanno studiato profondamente il “sacro” in tutte le forme religiose, in relazione anche alla potenza e alla violenza: Rudolf Otto, Mircea Eliade e René Girard.

<sup>2</sup> Rudolf Otto, “Il Sacro”, Feltrinelli 1966 (traduzione di Ernesto Buonaiuti); “Il Sacro” (appunti per la recensione di R. Otto, “Il sacro”) in “Fenomenologia della vita religiosa” di Martin Heidegger, Adelphi 2003, p. 416. Di Otto, si veda anche “Mistica orientale, mistica occidentale”, Marietti 1985 (1926).

## Rudolf Otto: il “sacro” come “mysterium tremendum ac fascinans”

Rudolf Otto (1869–1937) è nato ad Hannover. Teologo luterano ha insegnato a Gottinga e a Breslavia, concludendo la sua lunga attività di docente a Marburgo. Otto ha viaggiato in India, Giappone e Cina entrando in contatto speculativo e vissuto con le religioni orientali.

Fra il 1910 e il 1917, si è concentrato sul tema del “sacro”, studiandone le manifestazioni nella religiosità arcaica, antica e moderna.

Nel 1917 – al culmine della prima Guerra Mondiale – Otto pubblica un famoso saggio dal titolo “Il Sacro. L'irrazionale nell’idea del divino e la sua relazione con il razionale” (Das Heilige. Über das Irrationale in der Idee des Göttlichen und sein Verhältnis zum Rationalen)<sup>2</sup>

### Una straordinaria esperienza vissuta: il “numinoso”

Nel “Il Sacro”, Rudolf Otto parla di una straordinaria esperienza che può essere soltanto vissuta.

Esperienza terrificante e irrazionale, che si manifesta come irruzione “nell’uomo” di una potenza di ordine del “tutto diverso”, ad esempio, dall’esperienza vissuta della potenza della natura, che colpisce il corpo dal di fuori, non la psiche dal di dentro [vedi appendice a) e b)].

È l’esperienza del sentimento di terrore davanti al “sacro”, una “maiestas” che si rivela nell’uomo come “schiacciante” superiorità di potenza. È il terrore religioso di fronte al “mysterium tremendum ac fascinans” in cui sboccia, in tutta la sua infinita potenza, la “pienezza perfetta dell’Essere” di cui la natura è soltanto un derivato inconsapevole.

Rudolf Otto chiama queste esperienze “numinose” (dal latino “numen”), in quanto conseguenti al rivelarsi improvviso di “un aspetto della infinita potenza del “divino”.

Il “numinoso” – secondo Otto – è sempre qual-

cosa di “ radicalmente diverso”. Davanti al “numinoso” – per chi ha avuto la ventura di provarlo, precisa Otto – ciascuno vive il senso della propria “nullità come creatura”, il senso di non essere altro che “cenere e polvere”, di non essere altro che una “infinita finitezza”. È opportuno ricordare che per Otto,

si può certo parlare delle esperienze numinose, ma che le espressioni verbali sono misere e limitate, data la assoluta impossibilità di esprimere il “totalmente altro” da parte di un “ente finito”, come è l'uomo.

#### I limiti del linguaggio umano e Dante

*Settecento anni prima di Rudolf Otto, Dante aveva già descritto, con estrema chiarezza poetica, i limiti quasi insormontabili del linguaggio umano nel cercare di esprimere con le parole l'esperienza dal “numinoso” nel trentatreesimo Canto del Paradiso, quando la Vergine, dopo l'affettuosa supplica di Bernardo, concede a Dante di guardare Dio e l'ineffabile Trinità. Riportiamo solo i versi 58-72 e 115-145 e suggeriamo un confronto con l'esperienza del numinoso di Arjuna nella Bhagavad G\_ita [ vedi appendice a)].*

Qual è colui che sonnando vede, E dopo 'l sogno la passione impressa Rimane, e l'altro alla mente non riede,	60	Dell'alto lume parermi tre giri Di tre colori e d'una contenenza; E l'un dall'altro, come Iri da Iri,	Per che il mio viso in lei tutto era messo Qual è 'l geomètra, che tutto s'affige Per misurar lo cerchio, e non ritrova, Pensando, quel principio ond' egli indige;	135	
Cotal son io, chè quasi tutta cessa Mia visione, ed ancor mi distilla Nel cuor lo dolce che nacque da essa.		Parea riflesso, e 'l terzo pareva fuoco Che quinci e quindi igualmente si spiri.	120	Tale era io a quella vista nuova: Veder voleva come si convenne L'ingano al cerchio, e come vi s'indova; Ma non eran da ciò le proprie penne; Se non che la mia mente fu percosssa	140
Così la neve al sol si dissigilla, Così al vento nelle foglie lievi Si perdea la sentenza di Sibilla.	65	Al mio concetto! E questo, a quel ch'io vidi, E' tanto, che non basta a dicer poco.		Da un folgore, in che sua voglia venne. All'alta fantasia qui mancò possa: Ma già volgeva il mio disiro e 'l velle, Sì come ruota che igualmente è mossa, L'Amor che muove il Sole e l'altre Stelle.	145
O somma luce, che tanto ti lievi Dà concetti mortali, alla mia mente Ripresta un poco di quel che parevi;		Sola t'intendi, e, da te intelletta Ed intendente, te ami ed arridi!	125		
E fa la lingua mia tanto possente, Ch'una favilla sol della tua gloria Possa lasciare alla futura gente...	70	Quella circolazion, che si concetta Pareva in te, come lume riflesso, Dagli occhi miei alquanto circospetta,			
Nella profonda e chiara sussistenza	115	Dentro da sé, del suo colore istesso, Mi parve pinta della nostra effige,	130		

#### La Bhagavad Gîta: il guerriero non vuole combattere...

Rudolf Otto ci ricorda che una delle più antiche e straordinarie descrizioni di esperienza dal “numinoso” che si rivela all'uomo lo atterrisce e lo affascina, si trova nella Bhagavad Gîta (Canto del Beato) – che risale almeno al IV-III secolo a.C. e che sta agli indiani come il Vangelo sta ai cristiani.

La Bhagavad Gîta è la piccola parte ideale del grande poema indiano “Mahābhārata (la grande epica dei Bhārata).

L'esperienza del “numinoso” – di cui parla Otto – viene vissuta dall'eroe guerriero Arjuna dopo che si rifiuta di combattere e di uccidere altri guerrieri come lui – tutti ben conosciuti – radunati nel campo sacro di battaglia impazienti di combattere.

“Ahimè! Sventura – esclama Arjuna – eravamo decisi a commettere un grande crimine, poiché desiderando la regalità e il piacere, ci apprestia-

mo ad ucciderci fra noi. Se, rifiutando di affrontarli e di usare le mie armi, fossi ucciso in combattimento dagli avversari con le armi in pugno, ciò sarebbe per me una sorte migliore”. Con tali parole Arjuna, in piena battaglia, lascia cadere arco e frecce e si siede in fondo al suo carro con la mente turbata dall'angoscia.

Arjuna invoca allora Krishna il Dio-eroe: “Non scorgo che presagi avversi, o Krishna, e non vedo quale bene potrebbe risultare quando avrò colpito i miei avversari nella battaglia”.

#### ...ma l'esperienza numinosa del “sacro” lo manda a combattere e uccidere

Accade allora che l'auriga del carro – all'apparenza un uomo, ma in realtà il dio Krishna evocato da Arjuna – inizia a parlare al guerriero (Arjuna) che non vuole combattere perché è turbato dalle ragioni del “rispetto alla vita” (Ahimsa). Krishna offre ad Arjuna le “tre ragioni” per cui deve combattere e uccidere.

La prima ragione è “mondana”: sarebbe considerato un “vile”.

La seconda ragione è “sociale e morale”: se un guerriero non combatte sovverte l'ordine sociale e morale della sua casta: sovverte il “Dharma” del guerriero e così comportandosi, sovverte l'ordine costituito, introducendo il disordine.

La terza ragione è filosofica: in realtà, in battaglia nessuno uccide e nessuno è ucciso; il “Sé” è imperituro perché è semplicemente incarnato e cambia corpo come cambia vestito.

Arjuna si convince del suo dovere di guerriero – combattere e uccidere – ma supplica Krishna di un'ulteriore grazia: prima di andare a combattere gli faccia vedere la sua forma sovrana, il suo vero essere divino. Krishna gli risponde “non puoi vedermi con quel tuo occhio di carne. Io ti dono l'occhio divino: guarda la mia potenza yogica sovrana!”.

Arjuna guarda e vive atterrito l'esperienza del numinoso che lo terrorizza e sgomenta e, ripresosi dallo stordimento del sacro, va subito a combattere e uccidere [vedi appendice a)].

La terrificante potenza del sacro, quindi, infonde nel guerriero una carica eccezionale al suo compito istituzionale, quello di combattere ed uccidere, ma in condizione di assoluta stabilità tecnologica degli strumenti di guerra.

Oggi invece in India – a parità di insegnamenti della Gîta sul Dharma del guerriero – quella stabilità tecnologica degli strumenti bellici non c'è più e, al posto di arco e faretra, ci sono missili e atomiche con potenza pari al magico “disco” (astra) di Krishna.

### **Gli orrori della Prima Guerra Mondiale (1914–1918)**

Gli anni delle prime riflessioni sul sacro di Rudolf Otto (1910–1917) coincidono con gli anni della violenza estrema e degli orrori della prima guerra mondiale.

Questa guerra – ancora oggi considerata fra le più cruenti e terrificanti della storia – fu una vera e propria sperimentazione “in corpore vivo” dei

più micidiali prototipi di armi di sterminio basate sulla tecnica moderna, soprattutto su quella dell'industria chimica e dell'industria meccanica.

### **Ristabilire le distanze fra il Creatore e le creature**

Gli orrori degli anni di guerra (1914–1918) non potevano non riverberarsi sulla concezione del sacro che Rudolf Otto stava elaborando e che continuerà ad elaborare fino alla metà degli anni trenta.

Oggi – novant'anni dopo – la rilettura della fondamentale opera di Otto svela una precisa determinazione dell'autore. Quella di ristabilire: da un lato, la distanza incommensurabile che intercorre fra la potenza del Dio creatore e quella delle sue creature; dall'altro lato, l'autonomia del religioso di fronte alla minaccia del riduzionismo a lui contemporaneo.<sup>3</sup>

### **La collera del Dio vivente**

Otto pensava che se la potenza tecnica prodotta dall'uomo era capace di raggiungere livelli come quelli raggiunti nella guerra che si svolgeva sotto i suoi occhi – la potenza e la violenza della collera del Dio vivente (non del Dio dei filosofi<sup>4</sup>) non poteva non essere che infinitamente più potente, più tremenda e totalmente diversa da quella prodotta da una nullità infinitamente finita quale è l'uomo, creatura temporale e terrena.

In fatto di potenza – pensava Otto – il Creatore dal nulla e fuori dal tempo non può avere niente in comune con la creatura finita che nasce e muore dentro la temporalità.

L'esperienza vissuta del numinoso – di questo *mysterium tremendum ac fascinans* – ristabilisce così la distanza indicibile e incommensurabile della potenza e violenza di chi non è di questo mondo, rispetto alla potenza e violenza di chi invece lo è.

### **L'escalation della potenza tecnica dal 1917 ad oggi**

A corollario di quanto sopra, si deve tener pre-

<sup>3</sup> Giovanni Filoramo, “Che cos'è la religione. Temi, metodi, problemi”, Einaudi 2004, p. 65.

<sup>4</sup> Wilhelm Weischedel, “Il Dio dei filosofi. Fondamenti di una teologia filosofica nell'epoca del nichilismo”, volumi I,II,III, Il Melangolo, Genova 1988 – 1996, (originale 1971).

sente che la tecnica del periodo in cui Rudolf Otto rifletteva sul sacro era, sì, potente e violenta, ma assai meno terrificante e minacciosa di quella che è venuta dopo il 1917. Cioè semplificando, di quella tecnica sviluppata in tre periodi cruciali.

1939–1945

Tecnica sviluppata nel periodo della Seconda Guerra Mondiale (1939 – 1945), culminata con l'annientamento atomico istantaneo delle popolazioni di Hiroshima e Nagasaki.

1950–1990

Tecnica sviluppata nel corso della Guerra Fredda (1950 – 1990) che ha visto instaurarsi l'equilibrio del terrore, con centinaia di vettori intercontinentali schierati, l'un contro l'altro armati con testate nucleari multiple.

1990–2005

Tecnica sviluppata nel periodo del dopo Guerra Fredda (1990–2005) che vede coniugarsi armi di sterminio – nucleari, batteriologiche e chimiche – con vettori intelligenti, sia tecnologici sia viventi, in un dilagare di violenza planetaria estranea al precedente equilibrio del terrore.

### Dall'equilibrio del terrore al disequilibrio del terrorismo: il Convitato di Pietra del XXI secolo

Tutto questo ha fatto recentemente dire a René Girard – in un'intervista rilasciata a "Le magazine littéraire" del luglio 2004 – che nessuno avrebbe mai pensato che, a pochi anni dalla caduta del muro di Berlino e dalla fine della Guerra fredda, ci si sarebbe dovuti preoccupare del radicalismo islamico.

La situazione che stiamo vivendo oggi fa infatti quasi rimpiangere il rassicurante equilibrio del terrore degli anni 1950 – 1990, nel senso che almeno c'era un equilibrio, cosa che, di fronte al fenomeno del terrorismo planetario, oggi non c'è più. Siamo passati dall'equilibrio del terrore al disequilibrio del terrorismo.

Non è un caso che si senta evocare un nuovo equilibrio del terrore, quasi come gesto scaramantico per l'inattesa apparizione fantasmatica del Convitato di Pietra del XXI secolo; cioè dell'immagine televisiva ieratica e minacciosa dello sceicco del terrore, simbolo massmediatico di una forza che colpisce indiscriminatamente super-

potenze e potenze, occidentali e non occidentali (sedi diplomatiche, teatri, alberghi, torri gemelle, stazioni ferroviarie, bambini a scuola, autobus di linea, chiese, sinagoghe, moschee ecc.).

### Mircea Eliade: il sacro e il profano

Mircea Eliade (1907–1986) è nato a Bucarest e dal 1928 al 1932 ha completato i suoi studi a Calcutta. Dal 1945 al 1957 è vissuto a Parigi, dove ha pubblicato alcune fra le sue opere più importanti. Dal 1957 ha insegnato Storia delle religioni all'Università di Chicago.

Eliade condivide pienamente l'interpretazione fenomenologica del sacro di Rudolf Otto come infinita potenza del numinoso.

#### Il sacro come realtà autentica

Nel saggio del 1956, *Il sacro e il profano* (Edizione Paolo Boringhieri, Torino 1967), Mircea Eliade mostra come mondo mitico e mondo religioso si muovono sempre entro la polarità sacro-profano, dove il sacro è sentito e vissuto come la realtà dell'esistenza.

Per Eliade, comunque, il rapporto fra sacro e profano non si esaurisce nella loro semplice polarità.

#### Il culto del sacro nel mondo laico: la mummia di Mosca

Anche nel mondo cosiddetto laico, secondo Eliade, si può manifestare il sacro, cioè indipendentemente da un contesto religioso specifico. Si hanno così: luoghi sacri, tempi sacri, oggetti sacri, personalità defunte sacre, in quanto sentite, individualmente o collettivamente, come tali.

Eliade offre come esempio di sacro laico il culto della mummia di Mosca (Lenin), culto che continua anche oggi dopo quindici anni dalla fine del regime comunista.

Il sacro, quindi – semplificando Eliade – pur essendo completamente altro dal profano, può manifestarsi attraverso il profano, sacralizzandolo; cioè facendolo diventare simbolo del sacro.

Il rischio, per Eliade, non sta ovviamente nella sacralizzazione del profano, ma nella profanazione di ciò che è sacro, intraculturale e interculturale – profanazione che scatena azioni e reazioni violente, come sta accadendo oggi in molte parti del mondo.

## Profanazione del sacro e rischio di violenza

Il sacro dunque sembra essere la struttura portante di tutte le culture religiose. Ma le manifestazioni specifiche e concrete del sacro (ierofanie) differiscono da cultura a cultura e anche all'interno della stessa cultura.

La ierofania di una cultura religiosa può essere considerata una cosa profana da un'altra cultura religiosa e viceversa.

Ogni azione, premeditata o meno, volta a profanare il sacro dell'altro, è una provocazione a rischio enorme. Per difendere o proteggere il proprio sacro ci si può infatti immolare e uccidere ricorrendo ai mezzi tecnici moderni sempre più efferati.

## La difesa del sacro come imperativo

La difesa del sacro è un imperativo vissuto che non ammette deroghe ed è connotato alla natura stessa delle forme religiose sacrificali. La profanazione del sacro fa sorgere le più violente ritorsioni (e controritorsioni) che possono mettere a repentaglio la sopravvivenza stessa di intere comunità.

Le guerre – quale che sia la loro origine immediata, connessa, diciamo, ad interessi profani – hanno sempre fatto ricorso alla loro sacralizzazione per giustificarsi e per gestire meglio la violenza ad esse connotata.

Oggi la profanazione del sacro sta creando un clima di violenza imprevedibile perché può sfruttare la crescente potenza della tecnoscienza.

## Passiamo a Girard

Passiamo ora a René Girard – pensatore innovativo e grande unificatore del religioso – ed alla sua ipotesi fondativa dello zoccolo duro di: rivalità mimetica, violenza, capro espiatorio, origine del sacro e origine della cultura umana. Si tenterà, anche così, di mettere meglio in luce quel meccanismo tenebroso che lega oggi, in una spirale crescente, sacro, violenza, potenza e tecnoscienza, ricordando che la tecnoscienza è la variabile indipendente della spirale tenebrosa.

## René Girard: rivalità mimetica, violenza, capro espiatorio e origine del sacro

René Girard è nato ad Avignone nel 1923. ha studiato all'Ecole de Chartes di Parigi poi negli Stati Uniti dove, nell'Università dell'Indiana, ha ottenuto il dottorato di Archivistica paleografo. Dopo esser passato per varie università americane, nel 1980 si stabilisce all'Università di Stanford in California dove conclude la sua attività di insegnamento di lingua e letteratura francese nel 1994. Ricordiamo alcune fra le sue opere principali: "Menzogna romantica e verità romanzesca" del 1961 (in Italia, Bompiani 2002); "La violenza e il sacro" del 1972 (in Italia, Adelphi 1978); "Delle cose nascoste fin dalla fondazione del mondo" del 1978 (in Italia, Adelphi 1983); "Il capro espiatorio" del 1982 (in Italia, Adelphi 1999); "Ho visto Satana cadere come una folgore" del 1999 (in Italia, Adelphi 2001); "Il sacrificio" del 2002 (in Italia, Cortina 2004); "Origini della cultura e fine della storia" del 2002 (in Italia, Cortina 2003); "La violenza e il religioso" intervista a René Girard in "Le Magazine littéraire" del luglio 2004.

## Darwin e Girard

Mentre Rudolf Otto e Mircea Eliade sono fenomenologi del mondo religioso e in particolare del sacro, René Girard si serve della fenomenologia del religioso per cogliere il meccanismo generativo che sta alla radice della religiosità arcaica, antica e moderna.

Come Darwin sviluppa un lungo ragionamento unificante con le diverse specie – così Girard sviluppa un lungo ragionamento unificante con le diverse religiosità.

Darwin, naturalista, studia i fatti naturali per unificarli evolutivamente – Girard, antropologo del religioso, studia i fatti religiosi (nei testi sacri e nelle narrazioni mitiche e religiose di tutti i tempi e luoghi) per unificarli nel meccanismo generativo della rivalità mimetica e delle sue imprevedibili e terrificanti conseguenze.

## Il desiderio del desiderio dell'altro

L'aspirazione che sta nel cuore di ogni uomo – secondo Girard – è sempre stata questa: ognuno regola il suo passo sul passo dell'altro; il desi-

derio di una cosa non è determinato dalla cosa, ma dal desiderio dell'altro per la stessa cosa.

Il desiderio mimetico è il desiderio del desiderio dell'altro.

I problemi si complicano quando il modello imitato diventa un rivale; si scatena una esplosione di violenza che porta allo scontro del tutti contro tutti e alla dissoluzione del proto-gruppo umano.

### La violenza di tutti contro uno solo

Per liberarsi della violenza mimetica distruttiva e salvare il loro arcaico "proto - gruppo" [d'ora in poi: gruppo], gli uomini escogitano un espediente straordinario, sempre violento ma più economico e meno devastante.

Trasformano la violenza distruttiva del tutti contro tutti in una diversa forma di violenza, quella del tutti contro uno: Muoia uno solo, muoia soltanto una vittima designata a priori, quindi inevitabilmente innocente (capro espiatorio).

### Il caprio espiatorio e la violenza sacrificale

La vittima innocente (capro espiatorio) viene quindi colpevolizzata e assassinata, la sua morte violenta placa temporaneamente la violenza distruttiva del tutti contro tutti, che cova però sempre sotto la cenere.

La violenza originaria, infatti, potrebbe riesplodere e minacciare nuovamente la sopravvivenza dei gruppi. Che fare? Come prevenirla?

Si escogita un altro straordinario e ambiguo espediente. Si istituzionalizza un rituale sostitutivo che replica, in tempi e luoghi prestabiliti, l'assassinio originario del capro espiatorio in forma simbolica: la cerimonia del sacrificio rituale<sup>5</sup>. La vittima viene simbolicamente sacrificata (cioè fatta sacra) e, nello stesso tempo, adorata come protettrice del gruppo e propiziata per prevenirne la collera contro il gruppo da lei salvato.

Per Girard, il paradosso del sacro è proprio questo: essere assassinato e adorato.

### Occultare la violenza vittimaria

Ma la cattiva coscienza della comunità non riesce a sopportare l'angoscia del ricordo della violenza assassina che sta a fondamento della propria sopravvivenza. Non sopporta che quel sacro, da essa adorato e propiziato, sia in realtà il prodotto di un orrendo massacro di gruppo contro un solo innocente. Come fare?

La comunità allora occulta inconsciamente il ricordo angoscioso della originaria violenza vittimaria, nascondendo a sé stessa la ragione politica effettiva del ricorso al capro espiatorio – ossia occulta la verità dell'origine violenta della stabilità dei gruppi.

### Sopra un vulcano

Questo arcaico occultamento culturale della violenza mimetica originaria coincide – secondo René Girard – con l'origine stessa della cultura umana e della religiosità sacrificale, religiosità tuttora dominante.

Girard dice: *Le jeu du sacré et celui de la violence ne font qu'un* (La violence et le sacré, Grasset, Paris 1972, p. 357). Ma Girard auspica anche – accuratamente – il superamento della religiosità sacrificale violenta (da lui smascherata) nella direzione di una religiosità che vada oltre la linea dell'orrore ripetitivo di sacro e violenza, sacro e violenza.

Comunque, oggi più che mai, la violenza originaria occultata cova sotto la cenere ammantata di sacro.

Viviamo sopra un vulcano pronto ad esplodere con una violenza sempre più distruttiva, perché prodotta da quel tenebroso meccanismo che coniuga la spinta fideistica – individuale e nazionale – del sacro con la potenza crescente delle tecniche moderne.

Il Medio Oriente – senza esclusioni – è oggi un'esemplificazione chiara e visibile di questo meccanismo tenebroso all'opera su una città

<sup>5</sup> Sacrificio viene dal latino "sacer" e "sacrum facere". Alcuni studiosi sostengono una etimologia molto discussa che fa risalire "sacer" ad una radice indoeuropea "sac" = vittima. Per Freud il termine latino "sacer" avrebbe, ambigualmente due significati opposti: sacro e maledetto (da: "Contro la comunicazione" di Mario Perniola, Einaudi 2004, p. 50-51).

considerata santa da ben tre sacri diversi se non antagonisti.

### 2001: l'infinita potenza del sacro si coniuga con la crescente potenza della tecnoscienza

L'esempio più evidente e terrificante di dove questo connubio può arrivare è quello dell'11 settembre 2001.

Da tempo il radicalismo islamico osserva con preoccupazione l'affievolirsi della devozione religiosa nel mondo occidentale – chiese vuote, moschee piene – e attribuisce questo indebolimento della devozione al diffondersi di invadenti modelli di vita consumistici, veicolati dalla tecnica moderna prevalentemente occidentale.

Ma il radicalismo islamico comincia a sospettare della tecnologia occidentale stessa, considerata come il cavallo di Troia di una differente cultura che può, alla fine, corrodere anche il sacro su cui si fonda l'ordine terreno dell'Islam.<sup>6</sup>

E' in una prospettiva come questa che va inquadrato il terrificante attacco dimostrativo alle Torri Gemelle di New York, cuore simbolico dell'occidente di mercato (non si dimentichi il nome del complesso distrutto: World Trade Center).<sup>7</sup>

È l'attacco di fondamentalisti radicali esaltati – presenti in tutte le religioni – contro simboli profani – noti e visibili – di quel Male che – anche nella stessa forma – ha iniziato a profanare il sacro suolo e sottosuolo dell'Islam. Si tenga presente –

per quel poco che sappiamo – che nel momento dell'impatto devastante degli aerei contro le Torri, i dirottatori – votati al martirio – pregano inginocchiati e, nelle loro menti, colpiscono quello che essi ritengono il Grande Satana.

Il terrificante e cruento atto premeditato viene significativamente effettuato cortocircuitando la tecnologia occidentale contro sé stessa in modo impensabile e quindi imprevedibile per menti occidentali e – forse anche per questo – facilmente riuscito.

### Orano è in festa in un ipotetico 194...

*Dal porto oscuro salirono i primi razzi dei festeggiamenti ufficiali...*

*Ascoltando i gridi d'allegria che salivano dalla città, Rieux ricordava che quella allegria era sempre minacciata: lui sapeva quello che ignorava la folla, e che si può leggere nei libri, ossia che il bacillo della peste non muore né scompare mai, che può restare per decine d'anni addormentato nei mobili e nella biancheria, che aspetta pazientemente nelle camere, nelle cantine, nelle valigie, nei fazzoletti e nelle cartacce e che forse verrebbe un giorno in cui – sventura e insegnamento agli uomini – la peste avrebbe svegliato i suoi sorci per mandarli a morire in una città felice.<sup>8</sup>*

<sup>6</sup> Sul "sacro", oltre le opere di Otto, Eliade e Girard citate nel testo, si veda soprattutto per il "sacro" nell'Islam: "Notion et sens du sacré en Islam" di Louis Gardet, in "Il sacro. Studi e ricerche", Istituto di Studi filosofici, Roma 1974; "Les structures du sacré chez les Arabes" di J. Chelod, Maisonneuve et Larose, Paris 1964; "Le sacré" di J.J. Wunenburger, Que sais je?, Puf. 2001; "La violenza della religione: dai fondamentalismi al terrorismo religioso" in "Che cos'è la religione. Temi metodi problemi" di Giovanni Filoramo, Einaudi 2004, pp. 277-319; "Terroristi in nome di Dio" di M. Jürgensmeyer, Laterza 2003; "Alcune riflessioni sull'Islam, il terrorismo e l'Occidente" di Sadik J. Azm, in "Filosofia e questioni pubbliche", il Saggiatore, numero del gennaio 2004, pp. 87-97;

"Il paradosso del sacro" di Franco Ferrarotti, Laterza 1983; "Dictionnaire de l'Islam: religion et civilisation" Enciclopedia Universalis, Albin Michel, Paris 1997; "Das Heilige" in "Präludien" di W. Windelband, Tübingen 1914, pp. 295-337.

Di particolare interesse e attualità è: "I nuovi pensatori dell'Islam" di Rachid Benzine, Editrice Pisani 2004; il saggio di Mohammed Arkoun, contenuto nel volume, prende in esame il tema del rapporto fra "sacro e violenza" nella religiosità islamica (pp. 119-122).

<sup>7</sup> "Nuove apocalissi. La guerra in Iraq, l'Islam, l'Europa e la barbarie" di Enzo Bianchi (priore di Bose), Rizzoli 2003, p. 20.

<sup>8</sup> "La peste" di Albert Camus, Bompiani 1948, p. 307.

## Appendice

### a) la potenza infinita del “numinoso” nella Bhagavad Gîta

*La Bhagavad Gîta è suddivisa in diciotto canti<sup>9</sup>. Il canto undicesimo è chiamato Visione dell'Onniforme. Da questo canto, riportiamo alcuni brani scelti per evidenziare quella che Rudolf Otto chiama esperienza del numinoso, tremendum ac fascinans, vissuta dal guerriero Arjuna, l'Amleto indiano.*

*Arjuna sarebbe incapace di sopportare questa esperienza se la stessa divinità non gli concedesse il privilegio dello sguardo divino. Anche con questo aiuto, comunque, Arjuna è terrificato e supplica la divinità di riprendere una forma visibile compatibile con la sua condizione di creatura umana. Ecco l'esperienza del sacro che riporterà il guerriero alla violenza del combattere e uccidere:*

Arjuna disse:

O Dio, io vedo nel tuo corpo tutti gli dei così  
Come i diversi gruppi di esseri: il Signore Brahmān,  
che siede su un trono di loto, tutti i veggenti e i  
serpenti divini...

Io ti vedo – oh tu la cui contemplazione è di  
arduo accesso – col diadema, la mazza, il disco\* e  
quell'ardente splendore che illumina tutto all'intorno,  
inaccessibile ai nostri mezzi e alle nostre misure  
umane.

Tu sei l'Imperituro, l'oggetto supremo da conoscere,  
tu sei il supremo ricettacolo di tutto il diverso, tu sei  
l'Immutabile, il guardiano della legge eterna, tu sei  
lo Spirito eterno: tale è la mia convinzione.

Io ti vedo senza inizio, né mezzo, né fine, con la  
Tua energia infinita, le tue braccia in numero  
Infinito, il Sole e la Luna quali tuoi due occhi,  
la tua bocca scintillante che divora le oblazioni,  
mentre riscaldi l'universo col tuo ardore...

Perché vedendoti, tu che tocchi il cielo,  
fiammeggiante, dai molteplici colori, con  
la bocca spalancata, gli immensi occhi  
scintillanti, io sono scosso nel più profondo  
di me stesso e non trovo risolutezza né quiete,  
o Vishnu!

È, certamente vedendo le tue bocche, spaventevoli  
per le loro zanne simili al fuoco del tempo, io sono  
disorientato e non riesco a trovare protezione alcuna...

Con le tue bocche fiammeggianti, tu lecchi, divorandoli,  
i mondi interi riempiendo tutto l'universo coi tuoi  
ardori, i tuoi terribili splendori li consumano, o Vishnu!...

\* Arma da getto magica con poteri soprannaturali (astra).

### b) la potenza finita della natura: lo “tsunami”

“Ho visto l'acqua salire, lì per lì ho pensato all'alta marea. Poi ho sentito un rumore che mi ha fatto accapponare la pelle, qualcosa che non avevo mai udito nella mia vita. Era un suono alto seguito da un boato assordante, che sembrava diventare sempre più forte. Ho gridato a tutti di mettersi in salvo e ho cominciato a correre

Vedendo ciò che mai si è visto prima, sono orripilato;  
la mia mente freme di paura. O Dio mostrami quella  
forma di prima: grazia, Signore degli dèi, tu che hai fatto dell'universo la tua dimora!

Portatore del diadema e della mazza, col disco in mano, è così  
che desidero vederti, o Signore dalle mille braccia, o Onniforme,  
presentati sotto quella forma che non ha che quattro braccia!...

Spiegami chi sei, tu dalla forma terrificante. Omaggio a te, il  
migliore fra gli dèi!...

Il Beato Signore disse:

Io sono il tempo che fa deperire i mondi, perché io sono completamente sviluppato.  
Quaggiù io sono intento a riassorbire i mondi. Anche senza il tuo intervento un giorno tutti questi guerrieri schierati negli eserciti avversari non saranno più.

Sicché, sorgi! Conquista la gloria, trionfando sui tuoi nemici. Godi di un regno prospero. È da me che sono stati dapprima votati alla morte. Sii lo strumento e niente più; o tu che hai abile la mano sinistra!

Drona, Bhishma, Jayadratha, Karna, come gli altri eroici guerrieri sono già colpiti da me. Colpisili tu a tua volta. Non tormentarti: combatti; vincerai i tuoi rivali in questa battaglia.

Col mio favore, o Arjuna, e grazie alla mia potenza, ti ho mostrata questa forma suprema, di natura ardente, universale, infinita, primordiale ch'è mia e che fino a oggi non è stata vista da altri che te...

Né i Veda, né la austerità, né le elemosine o i sacrifici danno la possibilità di contemplarmi sotto la forma che tu hai visto...

Non tremare, non cadere nello smarrimento alla vista di questa mia forma terribile. Libero da timore, con mente lieta, contempla di nuovo questa forma che è veramente mia.

a perdiffiato verso l'interno”. Lo tsunami, un'onda alta come un palazzo di tre piani, un muro d'acqua sprigionato da un terremoto che al largo di Sumatra ha devastato ieri mattina le coste dell'Asia sud-orientale, seminando terrore e morte.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> “Bhagavad Gîta”, a cura di Anne – Marie Esnoul, Adelphi 2003, pp. 119-127 (passim).

<sup>10</sup> “L'Unità”, 27 dicembre 2004.

## Sistema automatico di lettura di dosimetri per neutroni veloci

**BRUNA MODELLI, ROBERTO BEDOGNI,  
FRANCESCA MARIOTTI, ELENA FANTUZZI**

ENEA,  
Istituto di Radioprotezione

Il rivelatore a tracce costituisce il dosimetro per neutroni veloci impiegato nel Servizio di Dosimetria Personale ENEA-IRP è una lastrina di PADC (Poly Allyl Diglicol Carbonate), un polimero organico prodotto dall'Intercast Europe spa, di Parma. Il materiale delle diverse partite di produzione, prodotto per scopi di ricerca scientifica in collaborazione con l'ENEA, è stato sottoposto a test per verificarne la qualità in termini di stabilità, omogeneità e purezza, analizzato e caratterizzato con differenti composizioni in numerosi studi effettuati dal 1998 ad oggi (1,2,3,4,5) allo scopo di produrre un materiale con una prestazione dosimetrica ottimale per l'impiego in routine.

### Strumentazione e procedure

Il nuovo sistema di lettura automatico recentemente svilup-

pato all'ENEA (8, 9) (vedi figura) è costituito da una parte ottica sostanzialmente invariata rispetto al precedente sistema, composta da un microscopio ottico, una telecamera analogica e da un generatore di luce fredda stabilizzata Volpi DC1100, il sistema è dotato inoltre di un lettore di barcode CODER TC1100, di un MID7604(NI) che alimenta i motori di 2 traslatori ortogonali con step da 50 mm che movimentano il supporto in alluminio dove viene posizionato in modo fisso il rivelatore, da un PC per la gestione del sistema, il controllo, la visualizzazione dell'immagine e l'acquisizione dei dati.

L'interfaccia hardware della National Instruments è costituita dalla scheda Motion NI PCI 7314 per il controllo dei traslatori e dalla scheda video NI IMAQ PCI 1407 per la digitalizzazione dell'immagine che digitalizza il segnale video in

768 x 576 pixel con 256 livelli di grigio. L'ingrandimento finale del sistema ottico risulta di  $11,5 \pm 0,1$  mm/pixel. Il programma di gestione del sistema è sviluppato in ambiente Labview, controlla la movimentazione, gestisce l'elaborazione di immagine effettuata con un software di visione automatica della National Instruments, l'analisi dei conteggi e il calcolo della dose.

Il sistema è provvisto di un algoritmo che, in funzione del valore di un indice numerico  $q$  (10) correlato con l'energia dei neutroni incidenti mediante l'analisi geometrica delle tracce (distribuzione cumulativa di area delle tracce), è in grado di correggere la dipendenza energetica della risposta del rivelatore di CR-39 in base al fattore correttivo  $N$  in relazione con l'indice  $q$  mediante una funzione continua.

### Procedura di lettura con il sistema automatico

L'operazione di inserimento del rivelatore nell'apposita allocazione fissa viene effettuata manualmente dall'operatore. Il sistema opera quindi acquisendo il barcode e posizionando il rivelatore nel primo campo di lettura che è quello centrale. Nel caso in cui il lettore di barcode fallisce la lettura, è prevista la possibilità di effettuare l'inserimento manuale del barcode. Il campo centrale analizzato è un'area circolare di  $0,23 \text{ cm}^2$  (se letta con ingrandimento 10x) o di  $0,0368 \text{ cm}^2$  (se letta con ingrandimento 25x). Ogni campo è analizzato tre volte per migliorare la riproducibilità di lettura. Il rivelatore cambia posizione senza alcun intervento da parte dell'ope-

ratore, per la lettura di altri 8 campi. Il sistema, per effettuare la lettura automatica e consecutiva dei 9 campi impiega complessivamente 30 s.

Dalla analisi dei nove campi viene calcolato il valore dell'indice numerico  $q$ , Hlin Equivalente di dose Cf equivalente corretta solo per la linearità (la densità di traccia osservata non aumenta proporzionalmente con la dose (11) e ciò è dovuto ad un effetto di saturazione esponenziale del sistema dosimetrico) e Hp, Equivalente di dose corretta per la dipendenza energetica della risposta sulla base dell'indice  $q$ .

Il sistema genera in output un file di testo dove sono riportati, il barcode del rivelatore, una stringa con dicitura ZERO/DOSE, la media del numero di tracce nette lette nei nove campi, la relativa incertezza, entrambi i valori di dose suddetti, il valore dell'indice  $q$ , il valore del fattore correttivo dell'energia N, e infine il valore dell'indice di uniformità U definito come dove x è il numero di tracce medie per campo e  $S_{n-1}$  è la deviazione standard.

L'indice di uniformità U esprime la discrepanza della deviazione standard osservata da quella aspettata in una distribuzione di Poisson (12).

## Implementazione in routine del sistema automatico

### Il processo di implementazione

Per l'utilizzo del sistema di lettura automatico per le letture in routine sono stati creati appositamente in ambiente Labview diversi programmi di gestione del lettore che rispecchiano la

**Tabella 1** Valori degli estremi dei parametri di riferimento per la ricerca del punto di lavoro del sistema

Ingrandimento	Parametro	Minimo	Massimo
10x	q	1,06	1,10
	N tracce	125	128
25x	q	0,50	0,60
	N tracce	22	23

sequenza di operazioni da effettuare sul modello della procedura di lettura e valutazione di dose finora utilizzata con il precedente sistema.

I programmi che gestiscono le diverse fasi dell'operazione di lettura sono i seguenti:

- controllo
- tarature
- SED10x
- SED25x.

Il programma *controllo* ricerca il punto di lavoro leggendo ripetutamente lo stesso dosimetro campione (dosimetro irraggiato ad 1 mSv di Am-Be) e deve essere usato prima di iniziare le letture di routine ed ogni qualvolta ci sia la necessità di cambiare ingrandimento. Il programma permette di settare il sistema nelle condizioni ottimali di lettura. Il sistema è pronto quando i valori di N (numero medio di tracce lette) e di q sono compresi nell'intervallo di riferimento che varia in base all'ingrandimento scelto (vedi tabella 1). Se il programma non riesce a settare il sistema nel punto di lavoro in un tempo ragionevole occorre agire variando la luminosità e/o il fuoco.

Il programma *tarature* acquisisce le letture dei dosimetri di zero (dosimetri non irraggiati) e di taratura (dosimetri irraggiati a dose nota) inseriti nel bagno di attacco e calcola e visualizza per entrambi gli ingrandimenti il fattore di taratura  $Ft(mSv/tracce)$ , il valore di fondo medio espresso in

tracce Z e il valore di soglia di misura S calcolato come  $Z+3S_b$ , dove  $S_b$  è la deviazione standard delle tracce di fondo.

I programmi *SED10x* e *SED25x* consentono di effettuare le letture di routine dei dosimetri del Servizio utilizzando rispettivamente l'ingrandimento 10x e 25x previa impostazione nella sezione di configurazione del fattore di taratura, del fondo Z, della soglia S e del numero di attacco. I due programmi generano come output un file di testo di nome in un formato prestabilito '*Atn- $nnX$* ' che esplicita l'ingrandimento di lettura ( $'nn'$ = 10X o 25X) e il bagno di attacco ( $'n'$ =1,2,3, ecc.)

La lettura dei dosimetri di ogni attacco deve essere effettuata impostando i parametri relativi all'attacco calcolati con il programma *tarature*.

Questa fase, attualmente non automatizzata, costituisce un passaggio determinante e critico ai fini della valutazione di dose in quanto da un lato rende consapevole l'operatore delle diverse fasi del processo di lettura dall'altro è maggiormente soggetta ad errore umano.

Il file di output generato dal sistema di lettura automatico, contenente tutti i parametri già illustrati in precedenza, è stato integrato per le letture di routine con altre informazioni quali la data e l'ora di lettura, il numero di attacco e le note relative a possibili anomalie di lettura legate a caratteristi-

**Tabella 2** Esempio del file di output generato dal nuovo sistema di lettura automatico

	120414	DOSE	Tpf= 25	Hnc= 0.32	Hp= 0.41	mSv	10%	q= 1.34	N= 1.27	U= 0.76	2	
28/07/03	15.14	120383	DOSE	Tpf= 46	Hnc= 0.59	Hp= 0.74	mSv	11%	q= 1.34	N= 1.25	U= 1.01	2
28/07/03	15.15	121097	DOSE	Tpf= 189	Hnc= 2.51	Hp= 2.51	mSv	6%	q= 1.05	N= 1.00	U= 1.09	2
28/07/03	15.15	121096	DOSE	Tpf= 250	Hnc= 3.37	Hp= 3.37	mSv	3%	q= 1.17	N= 1.00	U= 0.68	2
28/07/03	15.16	120512	DOSE	Tpf= 781	Hnc= 12.14	Hp= 12.14	mSv	5%	q= 1.65	N= 1.00	U= 1.88	2 RILEGG.
28/07/03	15.18	119066	DOSE	Tpf= 118	Hnc= 1.54	Hp= 1.54	mSv	7%	q= 1.10	N= 1.00	U= 0.99	2

che fisiche del rivelatore.

Per dosimetri regolari la stringa di caratteri predisposta per il campo "note" è vuota mentre in caso di anomalie può comparire la dicitura 'RILEGGERE' o 'ILLEGGIBILE'. La spia di riletture nell'interfaccia grafica del programma si attiva e compare contemporaneamente la nota 'RILEGGERE' nel file di output, nel caso in cui il valore dell'indice di uniformità U superi il valore di soglia fissato  $U_{soglia} = 1,40$  e/o quando la densità di tracce è molto elevata e quindi il dosimetro deve essere letto con un ingrandimento superiore (25x). Quest'ultimo caso è evidenziato quando si verifica il superamento del limite di linearità fissato a 500 tracce per le letture con ingrandimento 10x. Quando si verifica, per letture ad ingrandimento 25x, che la densità di tracce supera il limite di linearità fissato a 600 tracce (valutato con precedenti studi e che corrisponde ad una dose Am-Be equivalente di 38 mSv), si attiva la dicitura 'ILLEGGIBILE' e il dosimetro non può essere valutato.

Le dosi valutate con il sistema di lettura devono essere poi inserite negli archivi del programma di gestione del Servizio Dosimetrico e quindi è stato necessario realizzare un'apposito sottoprogramma per l'acquisizione delle letture dei dosimetri per neutroni veloci. La procedura informatica sviluppata, permette di importare automaticamente i file di output generati del sistema di lettura automatico per ogni attacco, negli archivi del programma di gestione del Servizio Dosimetrico.

In particolare il programma importa il file di output del sistema automatico, lo elabora e genera un altro file in formato *dbf* contenente solo le informazioni necessarie per l'archivio, quali il barcode, l'ente, l'anno e il periodo a cui è abbinato il dosimetro, la data di lettura, le tracce lette, i valori di dose ( $H_{nc}$  e  $H_p$ ) e le incertezze associate alle dosi comunicate.

### Risultati

La riproducibilità è stata valutata come deviazione standard del numero di tracce medie

per campo analizzato e dai risultati ottenuti si può affermare che il nuovo sistema automatico presenta una migliore riproducibilità di lettura. Come si può vedere in tabella 2 nel caso del sistema automatico, la riproducibilità risulta del 3,5% per dosimetri con un numero di tracce superiori a 50 e dell'ordine 5% per dosimetri con un numero di tracce inferiori mentre per il vecchio sistema semi-automatico la riproducibilità risulta dell'ordine del 10% con alcuni casi del 15% per dosimetri con tracce in prossimità della soglia.

Sono stati letti nelle medesime condizioni anche alcuni dosimetri di controllo e taratura irraggiati a dose nota nel Laboratorio Secondario di Metrologia dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA di Bologna e si è potuto osservare una riproducibilità di lettura del 2,5% nel nuovo sistema di lettura e del 6% nel vecchio sistema.

Per quanto riguarda la valutazione di dose calcolata per i dosimetri di fondo con tracce superiori alla soglia, nel caso

**Tabella 3** Risultati ottenuti dallo studio di riproducibilità di lettura di entrambi i sistemi per una settimana

Numero di tracce	Riproducibilità		Indice q
	Sistema semi-automatico	Sistema automatico	
<50	10%-15%	5%	4%
>50	10%	3,5%	4%

del nuovo sistema di lettura, l'analisi dei 9 campi ha facilmente evidenziato alte letture locali dovute probabilmente a difetti strutturali. Per quanto riguarda i valori di dose calcolati dall'analisi dei dosimetri di controllo irraggiati a dose nota, si è pu  osservare che i due sistemi sono in buon accordo con una leggera sovrastima per il nuovo sistema di lettura che si mantiene conservativo.   stato possibile osservare inoltre, dai risultati ottenuti, che il conteggio delle tracce medie lette per campo   sistematicamente pi  basso per il sistema semi-automatico precedentemente in uso rispetto al nuovo, e questo era prevedibile in quanto quest'ultimo   dotato di un sistema d'illuminazione costituito da un generatore di luce fredda stabilizzata che migliora la risoluzione rispetto al sistema precedente. La differenza di conteggio   dell'ordine del 5% nel caso di dosimetri con tracce inferiori a 50, mentre raggiunge il 20% nel caso di

dosimetri con un numero di tracce elevato e in prossimit  del limite di linearit .

Infine la riproducibilit  in routine dell'indice numerico  $q$  per il nuovo sistema di lettura automatico,   stabile ed indipendente dalla densit  di tracce ed   risultata dell'ordine del 4%.

## Bibliografia

1. B. Morelli, E. Vilela and E. Fantuzzi. *Dosimetric Performance of the Fast Neutron Dosemeter for ENEA Personal Dosimetry Service*. Radiat. Prot. Dosim. 85, Nos.1-4, pp. 105-108 (1999).
2. E. Vilela, E. Fantuzzi, G. Giacomelli, M. Giorgini, L. Patrizii, B. Morelli, P. Serra and V. Togo. *Optimisation of CR39 for Fast Neutron Dosimetry Applications*. Radiat. Meas. 31, 437-442. (1999)
3. E. Fantuzzi, B. Morelli, G. Falangi, L. Patrizii and V. Togo. *CR-39 Acceptance Test and Optimisation for Fast Neutron Dosimetry Applications*. Radiat. Prot. Dosim. 101, Nos.1-4, pp. 573-578 (2002).
4. E. Fantuzzi, F. Mariotti, G. Falangi. *Performance of CR-39<sup>®</sup> with Addition of DOP (Dioctylphthalate) for Fast Neutron Dosimetry*. 21<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Tracks in Solids, October 21-25, 2002, New Delhi, India.
5. Francesca Mariotti, Bruna Morelli, Elena Fantuzzi. *Test di Qualit  del Materiale CR-39 per Dosimetria Neutronica: Risultati e messa a punto dei Criteri di Accettabilit *. AIRP -XXXII Congresso Nazionale di Radioprotezione. Bari, 17-19 settembre 2003.

## Brevettato un preparato vegetale per la medicina veterinaria

**FIGIELLA CARNEVALI, ANDREW VAN DER ESCH,  
CHIARA CLEMENTEL**

ENEA,

UTS Biotecnologie, Protezione della Salute e degli Ecosistemi

**D**a anni i ricercatori dell'ENEA studiano le possibili applicazioni di sostanze naturali, salubri ed ecocompatibili nei settori agrario e veterinario, in alternativa ai prodotti di sintesi chimico-industriale.

Da quell'impegno è nata una nuova linea di ricerca coronata dal conseguimento del brevetto "Composizione naturale con proprietà cicatrizzante, repellente e biocida per il trattamento e la risoluzione delle lesioni esterne", depositato il 3 agosto 2004 e coperto dal segreto brevettuale fino al febbraio 2006.

Punto di partenza della ricerca è stato quello di verificare la validità di una miscela a base di sostanze vegetali come medicamento esterno da utilizzare in campo veterinario.

A seguito di una serie di attività sperimentali, è stato messo a punto un preparato, provato con successo sui cavalli dei Corazzieri del Quirinale, su quelli del Reggimento Carabinieri a cavallo e sugli animali ricoverati presso l'Ospedale veterinario dell'Esercito di stanza a

Montelibretti (Roma). La sperimentazione è stata successivamente estesa ad alcuni allevamenti suinicoli in Emilia-Romagna e a casi di piccoli e grandi animali affidati a professionisti veterinari a conoscenza dell'efficacia del brevetto.

Le sperimentazioni fino ad ora effettuate hanno dimostrato come sia possibile risolvere le lesioni esterne degli animali, di qualunque natura ed estensione, mediante modulazione del processo cicatrizzante, senza trattamento antibiotico locale (ad eccezione di un trattamento antibiotico sistemico da effettuarsi nelle prime fasi di attivazione della protezione superficiale del tessuto di granulazione, e con effetto repellente nei confronti dei ditteri miasigeni che colonizzano le piaghe e le lesioni esterne degli animali e dell'uomo).

L'obiettivo finale della ricerca è quello di fornire, con la somministrazione di un unico prodotto, tutti gli ausili terapeutici attualmente a disposizione (disinfettanti, antibiotici, lenitivi, idratanti,

repellenti ecc.) per la terapia delle lesioni esterne, utilizzabile anche nelle situazioni in cui non sia possibile ricoverare gli animali e nei casi di alterazioni dei processi di cicatrizzazione legate a malattie metaboliche o malattie croniche invalidanti.

Attualmente sul mercato non esiste un corrispettivo del brevetto messo a punto dai ricercatori ENEA.

La innovatività del brevetto risiede nell'utilizzazione di soli estratti naturali, non tossici, biodegradabili ed eco-compatibili.

Il suo interesse applicativo è per le attività economiche legate in senso lato al settore veterinario, con riferimento ad una molteplicità di animali da reddito e/o da lavoro, senza escludere quelli da compagnia. Potenziali utenti sono, ad esempio, gli allevamenti, gli ospedali veterinari, le cliniche per grandi e piccoli animali e gli ambulatori dei liberi professionisti.

Partendo da simili considerazioni è stata avviata la fase di ricerca di aziende potenzialmente interessate allo sfruttamento commerciale del brevetto.

Il prossimo obiettivo sarà quello di trovare i finanziamenti necessari ad una più approfondita verifica dell'efficacia terapeutica osservata nella sperimentazione clinica preliminare, utilizzando una casistica più ampia, sempre a partire da animali già feriti (il cosiddetto "regime di compassione").

A tale proposito si prevede, tra l'altro, di avviare un progetto di ricerca europeo sull'utilizzazione di composti naturali in zootecnia biologica, con particolare riferimento a quelli oggetto del brevetto.

Per informazioni:

[carnevali@casaccia.enea.it](mailto:carnevali@casaccia.enea.it)

[vanderesch@casaccia.enea.it](mailto:vanderesch@casaccia.enea.it)

<http://biotec.casaccia.it>

## Un sistema innovativo di Radioterapia IntraOperatoria

**CONCETTA RONSIVALLE**

ENEA,  
UTS Tecnologie Fisiche Avanzate

La terapia IORT consiste nell'erogazione di una dose unica ed elevata su un tumore o un letto tumorale esposto durante un intervento chirurgico tramite un fascio di elettroni prodotto da un acceleratore. Questa tecnica si avvale della particolare modalità di rilascio dell'energia da parte degli elettroni, che consente di depositare con precisione una dose elevata sul bersaglio, preservando gli organi sani circostanti. Inoltre, data l'elevata incidenza del fattore tempo sulla efficacia della radioterapia, una singola dose elevata (10-20 Gy) fornita durante l'intervento risulta più efficace di una dose frazionata rilasciata dopo un certo tempo dall'intervento stesso, come accade nella radioterapia tradizionale.

L'ENEA è da tempo impegnato nello sviluppo di tali sistemi avendo realizzato, in collaborazione con la Società Hitesys, la prima macchina commerciale IORT prodotta in Italia (NOVACT) e operativa in una quindicina di ospedali. Essa è

basata su un acceleratore compatto autofoccheggiante e a bassa radiazione diffusa montato su un braccio robotizzato che consente l'effettuazione della tera-

pia direttamente in sala operatoria.

In conseguenza degli eccellenti risultati ottenuti con questo tipo di macchine si è sviluppato un sempre maggior interesse intorno a tale tecnica e sono emerse sia nuove esigenze legate alle particolari applicazioni cliniche, sia richieste di facilità di utilizzo e di "performances" sempre più sofisticate. Per poter rispondere a queste nuove sollecitazioni e favorire una diffusione sempre maggiore di questi sistemi, l'ENEA ha realizzato, in collaborazione con esperti del settore e con l'industria nazionale, un sistema denominato IORT-1 (figura 1), prototipo di una serie di macchine IORT di nuova generazione.

Il sistema è stato realizzato nell'ambito del Progetto IORT finanziato da MIUR/UE tramite la legge ex 488, finalizzato alla realizzazione di un sistema



Figura 1  
Sistema IORT-1 ENEA

Tabella 1

Energia Nominale MeV	Profondità del 100% (mm)	Profondità del 90% (mm)	Profondità del 80% (mm)	Profondità del 50% (mm)	Profondità del 10% (mm)
3	7	9	11	12	14
6	12	16	20	23	28
9	19	27	30	35	40
12	25	35	38	46	55

IORT innovativo provvisto di sistemi dosimetrici dedicati e di "treatment planning" con collocazione finale in un ospedale del Sud Italia.

La struttura accelerante, progettata dai Laboratori del Centro Ricerche di Frascati dell'ENEA e costruita dalla ditta Hitesys è lunga 700 mm ed è costituita da un Linac ad alta efficienza e bassa corrente oscura. Il Linac è alimentato da un Magnetron di potenza pari a 3,1 MW, con impulsi di durata 2,5  $\mu$ s, e produce un fascio di elettroni di energia variabile tra 3 e 12 MeV.

In tabella 1 sono riassunte le più significative profondità di penetrazione del fascio in corrispondenza di quattro energie nominali in termini di misura della dose percentuale in profondità, ossia del valore percentuale della energia assorbita per unità di massa dal tessuto irradiato a differenti profondità

nel tessuto.

Questi valori, che costituiscono il parametro più significativo dal punto di vista radioterapico, vengono ricavati tramite una serie di misure di dose in fantoccio di materiale tessuto-equivalente, che consentono di costruire delle tipiche curve dose percentuale - profondità come quella riportata in figura 2.

Inoltre per rispondere alle esigenze di maneggevolezza è stato sviluppato per lo IORT-1 un tipo di movimentazione robotica dotata di cinque gradi di libertà (traslazione su un piano, elevazione rettilinea, rotazione rispetto a tre diversi assi) che facilita e velocizza le operazioni di posizionamento sul paziente. Al fine di poter installare l'acceleratore in qualsiasi tipo di sala operatoria, senza dover apportare modifiche strutturali alla stessa, la struttura mobile radiante è stata progettata in modo da avere un

ingombro ridotto (lunghezza  $\approx$  230 cm, larghezza  $\approx$  80 cm, altezza a riposo  $\approx$  185 cm) e non superare complessivamente il peso di 400 kg. La disponibilità poi di un sistema di alimentazione a batterie ne permette lo spostamento all'interno delle strutture ospedaliere, tra reparti o padiglioni, senza dover ricorrere a fonti di energia esterna.

La macchina nel suo insieme, il sistema di alimentazione, i controlli e la movimentazione robotica sono stati realizzati dalla ditta INFO&TECH.

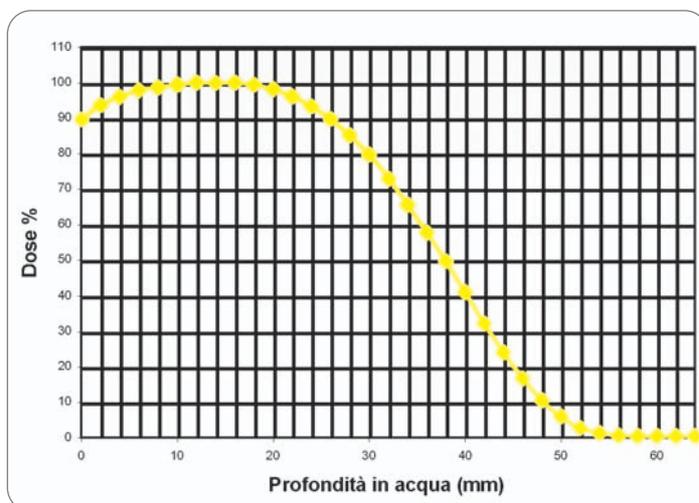
L'insieme di tutte queste caratteristiche rende lo IORT-1 come il sistema IORT più avanzato a livello mondiale per compattezza, affidabilità, versatilità di impiego.

Nei giorni 24 e 25 gennaio 2005 il sistema IORT-1 ENEA è stato trasferito e installato presso l'Azienda Ospedaliera di Cosenza dove sarà operativo nei primi mesi dell'anno.

La scelta di dotare una struttura Ospedaliera nel Meridione con un sistema così innovativo ha lo scopo di promuovere e sviluppare in questa parte del Paese metodi e procedure nuove di cura oncologica, originali a livello internazionale, che permettano anche la germinazione di autonome strutture di formazione medica chirurgica e radioterapica.

Figura 2

Sistema IORT-1: curva di penetrazione della dose percentuale in profondità per una energia nominale del fascio di 10 MeV



dal **MONDO****2005 Anno della Fisica****Cresce la siccità e il rischio desertificazione****In dubbio il futuro di Hubble****2005 ANNO DELLA FISICA**

Si è svolta a Parigi, dal 13 al 15 gennaio, l'inaugurazione dell'Anno della Fisica, promosso dall'UNESCO. Il 2005 è stato scelto per commemorare il 50° anniversario della morte di Albert Einstein.

Il prossimo 18 aprile comincerà l'iniziativa "La Fisica illumina il mondo": dall'Università di Princeton partirà un'onda luminosa e tutti sono invitati a partecipare accendendo torce, candele, fuochi, laser e fari delle automobili. "Oltre Einstein" è il titolo del meeting della Società di Fisica Europea che si svolgerà a Berna nel prossimo luglio.

Le Società di Fisica, che hanno concepito l'idea dell'anno mondiale, hanno deciso di puntare

sulla comunicazione e sul coinvolgimento pubblico. È stato lanciato *Einstein@home*, un salvaschermo "attivo", col quale si possono sfruttare le risorse di calcolo del proprio PC, quando non lo si usa, per processare i dati sulle onde gravitazionali. La Pirelli ha indetto un concorso internazionale che premierà chi spiegherà la relatività ristretta nel modo migliore, con un prodotto multimediale breve.

Molte iniziative poi riguardano ragazzi e studenti. In Italia, ci saranno il Festival della Scienza, cui partecipa l'Istituto Nazionale di Fisica della Materia, e la mostra itinerante "I microscopi della Fisica", organizzata dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

**CRESCE LA SICCATÀ E IL RISCHIO DESERTIFICAZIONE**

Uno studio del National Center for Atmospheric Research del Colorado, USA, afferma che le aree territoriali affette da siccità e da rischio di desertificazione sono raddoppiate in solo trent'anni. I risultati di questa ricerca sono stati resi pubblici il 12 gennaio scorso a San Diego (California) in occasione del meeting annuale della Società Meteorologica Americana e sono in corso di pubblicazione sulla rivista scientifica *Journal of Hydrometeorology*.

La crescita maggiore delle aree aride (e a maggior rischio di desertificazione) è avvenuta soprattutto in questi ultimi anni, ed è per metà dovuta alla crescita delle temperature (che ha aumentato l'evaporazione e la traspirazione dei suoli) e per metà dovuta alla diminuzione delle precipitazioni (che ha ridotto l'apporto di umidità nel suolo). Gli eventi estremi che hanno portato talvolta a copiose precipitazioni alluvionali, nelle zone aride, non

hanno contribuito ad alleviare il problema, ma in realtà a peggiorarlo. Infatti, il forte dilavamento del suolo ad opera di precipitazioni intense porta al degrado dei suoli stessi i quali, poi, sono ancora più esposti a ulteriore e successivo degrado (e rischio di desertificazione) con la ripresa della siccità.

**IN DUBBIO IL FUTURO DI HUBBLE**

Per quindici anni il telescopio spaziale Hubble ha catturato alcune delle più interessanti immagini dello spazio profondo: è di queste ultimi giorni la scoperta di una popolazione di giovanissime stelle nella Piccola Nuvola di Magellano, una galassia compagna della nostra Via Lattea. Ma ora Hubble non avrà più regolare manutenzione.

Il telescopio era stato progettato per essere periodicamente visitato da astronauti che avrebbero effettuato riparazioni e installato nuove apparecchiature. Per parecchie volte gli astronauti hanno compiuto missioni di servizio al telescopio e l'ultimo viaggio era prevista per il 2006. Ma, secondo notizie di stampa americana, la NASA (l'agenzia spaziale USA) ha intenzione di mettere fine alla missione di inviare nello spazio un uomo, o un robot, per riparare lo strumento. Il costo dell'operazione, che sarebbe stato di oltre un miliardo di dollari, è stato cancellato dal budget federale. Nonostante il taglio dei fondi, il telescopio non verrà ancora disattivato, e continuerà ad operare normalmente fino a quando cesserà di funzionare per usura naturale. Iniziata nel 1990, la missione di Hubble doveva in origine essere di 15 anni, poi estesa a 20, con il termine delle operazioni previsto, perciò, per il 2010.

cronache

## dall'UNIONE EUROPEA

Approvate le decisioni in materia di clima

Settimana Verde per le scuole 2005

Consorzio per rilevamento ambientale



### APPROVATE LE DECISIONI IN MATERIA DI CLIMA

Il Parlamento europeo ha approvato le decisioni adottate a Buenos Aires alla COP-10 sulla Convenzione sul cambiamento climatico (UNFCCC) ed in particolare il programma di lavoro sulle misure di adattamento e di reazione e sulla decisione di avviare un dialogo per gli anni post 2012 (vedi pag. 96). È stato riaffermato che l'UE dovrebbe mantenere il proprio ruolo guida nell'ambito degli sforzi internazionali per lottare contro il cambiamento climatico e pertanto presentare al Seminario degli esperti una proposta per contenere l'aumento medio della temperatura globale entro 2 °C sopra i livelli di preindustrializzazione. Come pure è necessario, a medio termine, una riduzione delle emis-

sioni dell'ordine del 30% entro il 2020 e, a lungo termine, una riduzione del 60-80% entro il 2050.

I Parlamentari invitano la Commissione e gli Stati membri a incentivare gli sforzi per avviare un dialogo con i Paesi responsabili in tutto il mondo allo scopo di trovare una soluzione sostenibile che eviti il verificarsi di pericolosi cambiamenti nel clima. Invitano quindi i paesi che non hanno ancora ratificato il Protocollo di Kyoto a farlo quanto prima e, in particolare, invitano gli USA a riesaminare la loro decisione di non partecipare. Viene, inoltre, ribadita la richiesta di incorporare negli obiettivi del dopo 2012 le emissioni derivanti da voli aerei e dalla navigazione internazionale; e si invita la Commissione a presentare con urgenza proposte volte a introdurre valori limite vincolanti per le emissioni di CO<sub>2</sub> dei nuovi veicoli.

### SETTIMANA VERDE PER LE SCUOLE 2005

La Commissione europea invita tutti i bambini e i ragazzi di età compresa tra i 6 e i 16 anni delle scuole dell'UE e dei paesi candidati a partecipare ad un concorso organizzato nell'ambito della Settimana Verde 2005. Il concorso rientra nel programma della conferenza e della mostra della Settimana Verde, una manifestazione annuale che quest'anno si terrà a Bruxelles dal 31 maggio al 3 giugno. Il tema del concorso è il cambiamento climatico. I più piccoli potranno esprimere le loro idee sul cambiamento climatico con disegni o pitture, mentre ai più grandi è chiesto di presentare un breve video digitale sul tema.

I primi tre classificati per ciascuna categoria vinceranno un viaggio a Bruxelles, in compagnia di un genitore o altro accompagnatore, dove riceveranno un premio e visiteranno la Commissione europea.

I lavori potranno essere presentati solamente attraverso la scuola. Per ulteriori informazioni [http://europa.eu.int/comm/environment/youth/index\\_it.html](http://europa.eu.int/comm/environment/youth/index_it.html) oppure [chris.coakley@eun.org](mailto:chris.coakley@eun.org).

### CONSORZIO PER RILEVAMENTO AMBIENTALE

Le caratteristiche chimico-atmosferiche della fascia tropicale sono utili per la comprensione dei cambiamenti climatici; per questo un aereo spia sovietico riconvertito ad usi scientifici, l'M-55 Geophysica, a 21 mila metri di altezza in ogni condizione di tempo e con 2 tonnellate di strumentazione scientifica, rileverà quelle caratteristiche. L'aereo è gestito dal Consorzio europeo Geophysica-GEIE, nato nel 2002 e diretto dal CNR. Vi fanno parte l'Agenzia Spaziale Italiana, l'Istituto di Ottica Applicata, la Società ERS srl, l'Agenzia Spaziale tedesca e i Centri di ricerca di Juliche e di Karlsruhe.

Il 20 gennaio l'M-55 Geophysica è partito per Siviglia, prima tappa di tre nuove campagne di ricerca sui cambiamenti climatici, per poi dirigersi sul Brasile, con destinazione Recife e Arcatuba, vicino a San Paulo.

La missione ha anche l'obiettivo di convalidare i dati raccolti da ENVISAT, il più grande e complesso satellite lanciato due anni fa dall'Agenzia Spaziale Europea ESA per lo studio della Terra. Senza una validazione della strumentazione del satellite i dati rilevati non possono essere considerati affidabili, e quindi utilizzabili per la comprensione dei mutamenti climatici in atto e l'enorme quantità di risorse impegnate non avrebbe alcuna ricaduta pratica.

Nel 2002 e 2003 M-55 Geophysica ha sorvolato l'Italia, l'Artide, il nord della Svezia. Ora è la volta delle latitudini tropicali.

dall'**ITALIA****Nubi sullo sviluppo dell'eolico****La e-mail diventa certificata****Recupero apparecchiature elettriche****NUBI SULLO SVILUPPO DELL'EOLICO**

Lo sviluppo dell'energia eolica in Italia, anche se non ha mai raggiunto il tasso di paesi come Danimarca, Germania e Spagna, ha comunque permesso al Paese di arrivare al quinto posto mondiale per potenza complessiva installata.

Le prospettive sono però incerte: lo sviluppo prosegue nel Mezzogiorno, ma sono sorte difficoltà nell'Italia centrale e in Sardegna.

Nel Sud sono recentemente entrate in funzione due centrali: una, quella di Monte Zimmara (a Gangi in provincia di Palermo), ha una potenza di 27,2 MW ed è stata realizzata da Enel Green Power; l'altra, di Energia Sud, è situata a Corleto Perticara, in provincia di Potenza, ed ha una potenza di 9,35 MW.

Nell'ultimo periodo si sono però intensificate le difficoltà: alle campagne politico-giornalistiche contro l'eolico in Toscana e Umbria, si è aggiunta una legge regionale approvata il 25 novembre 2004 dalla Regione Sardegna. La legge sulla pianificazione ambientale dispone infatti il blocco della realizzazione di impianti eolici nel territorio stesso. Il Consiglio dei Ministri, il 14 gennaio scorso, ha deciso di impugnare davanti alla Corte Costituzionale la legge sarda.

L'Associazione Nazionale Energia del Vento aveva già elevato dubbi sulla legittimità del provvedimento e aveva indicato le ripercussioni che tale norma avrebbe potuto determinare sullo sviluppo delle fonti rinnovabili: blocco dei cantieri e ombre sulle prospettive del settore, rendendo incerto il raggiungimento degli obiettivi nazionali e comunitari di produzione di energia da fonti rinnovabili.

**LA E-MAIL DIVENTA CERTIFICATA**

È stato approvato il 28 gennaio 2005 dal Consiglio dei ministri un decreto che disciplina le modalità di utilizzo della Posta Elettronica Certificata (PEC) non solo nei rapporti con la PA, ma anche tra privati cittadini. Si tratta di un provvedimento che dà valore giuridico alla trasmissione di documenti prodotti ed inviati per via informatica.

Il decreto pone in rilievo i due momenti fondamentali nella trasmissione dei documenti informatici: l'invio e la ricezione. "Certificare" queste fasi significa che il mittente riceve dal proprio gestore di posta una ricevuta che costituisce prova legale dell'avvenuta spedizione del messaggio e dell'eventuale allegata documentazione. Allo stesso modo, quando il messaggio perviene al destinatario, il suo gestore di posta invia al mittente la ricevuta di avvenuta (o mancata) consegna, con l'indicazione di data ed orario, a prescindere dalla apertura del mes-

saggio. Insieme alla ricevuta di consegna, inoltre, il gestore del destinatario può anche inviare al mittente la copia completa del testo del messaggio.

A fare da garanti dell'avvenuta consegna dell'e-mail saranno i gestori di posta che dovranno iscriversi in un apposito elenco tenuto dal CNIPA che svolgerà funzioni di vigilanza e controllo sul rispetto delle prescrizioni previste dal regolamento.

**RECUPERO APPARECCHIATURE ELETTRICHE**

La FISE, Federazione delle imprese di servizi, ha stipulato con i ministeri dell'Ambiente e delle Attività Produttive un Accordo di programma finalizzato al corretto smaltimento delle sostanze lesive dell'ozono recuperate dal trattamento delle apparecchiature elettriche (frigoriferi, congelatori, condizionatori, surgelatori) fuori uso.

Dall'ultimo rapporto annuale di FISE su "L'Italia del recupero" emerge come il mercato del riciclaggio dei rifiuti elettrici ed elettronici in Italia stia vivendo una fase di crescita in termini di volumi trattati, anche se le normative ed i controlli delle autorità competenti non sempre premiano lo sforzo e gli investimenti degli operatori qualificati del settore.

L'Accordo, perciò, da una parte, intende sostenere la crescita dell'industrializzazione del settore, al fine di assicurare la necessaria capacità di intervento degli operatori richiesta dalle condizioni previste dalla Direttiva europea in materia di Rifiuti elettrici ed elettronici (RAEE, in corso di recepimento); dall'altra, ribadisce nuovamente l'impegno di FISE nella promozione di un trattamento ambientalmente virtuoso delle sostanze pericolose contenute nei RAEE in un settore che deve fare i conti con le pressioni delle economie del 'Far East' asiatico e con le scarse risorse a disposizione degli Enti Locali, attualmente responsabili della gestione dei rifiuti urbani.



### STRUMENTI ECOLOGICI ON LINE PER LE IMPRESE

Una nuova piattaforma web, [www.ecoSMEs.net](http://www.ecoSMEs.net), sviluppata da ENEA con il contributo di importanti partner europei, è ora disponibile per le aziende che intendono produrre prodotti più ecologici.

Il portale contiene infatti informazioni, pacchetti formativi on line, banche dati e software di analisi, ed è quindi uno strumento indispensabile per favorire lo sviluppo delle competenze necessarie ad aderire alle Politiche integrate di prodotto (IPP), previste dal VI Programma di azione ambientale dell'Unione Europea.

Il portale consente di acquisire le competenze per mettere

a punto un approccio integrato che, partendo dalla fase di progettazione dei prodotti e dei servizi, ne prenda in considerazione l'intero ciclo di vita (produzione, distribuzione, uso, smaltimento), in modo da perseguire un continuo miglioramento in termini di minore impatto ambientale, e al tempo stesso, di puntare a conquistare nuovi spazi di mercato. L'obiettivo è di combinare innovazione, competitività del sistema produttivo e sostenibilità ambientale attraverso lo sviluppo di "prodotti verdi".

Il sito è il principale risultato del progetto eLCA2, cofinanziato dall'UE, nell'ambito del programma eContent, nato per dare una risposta pratica alle esigenze delle piccole e medie imprese e per ridurre i costi nell'adottare le IPP all'interno della propria azienda.

### UN PROGETTO PER LE AREE INDUSTRIALI

Si chiama SIAM (Sustainable Industrial Area Model), il progetto elaborato dall'ENEA nell'ambito del Programma LIFE-Ambiente che si propone di sperimentare sistemi per ridurre preventivamente l'impatto ambientale derivato da aree industriali e nel contempo di favorire, nelle stesse aree, lo sviluppo di tecnologie pulite. L'obiettivo è quello di arrivare a definire e ad applicare un modello di area industriale sostenibile attraverso l'adattamento e l'integrazione di tre importanti strumenti di politica ambientale messi a punto dall'Unione Europea: la Valutazione ambientale strategica (VAS), il Sistema comunitario ecogestionale e di audit (EMAS) e la Contabilità ambientale ed il libero accesso all'informazione

sull'ambiente.

Il progetto analizza 8 aree industriali italiane, 2 nel Lazio, 2 nel Veneto ed una, rispettivamente, in Abruzzo, Puglia, Toscana e Piemonte.

I partner del progetto, 19 società, enti e università coordinate dall'ENEA, riceveranno una quota dei 1.250.000 euro assegnati come finanziamento europeo.

Per informazioni ing. Ferdinando Frenquellucci (ENEA) 335-8122831

### NUOVO CENTRO EURO-MEDITERRANEO SUL CLIMA

L'ENEA è entrato a far parte del Centro euro-mediterraneo per i cambiamenti climatici che costituisce l'ingresso dell'Italia nelle ricerche di punta sul clima.

Queste ricerche, attualmente sparse nel nostro Paese in una molteplicità di istituti e di gruppi di studio, confluiranno nel Centro che, in Italia, ha il compito di coordinare le ricerche nel settore delle variazioni climatiche e degli effetti che tali variazioni hanno sugli ecosistemi e sull'uomo.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha ricevuto l'incarico di coordinare le attività del nuovo Centro da parte dei ministeri Ambiente, Economia, Istruzione e Politiche Agricole.

Il Centro avrà sede nell'Università di Lecce, dove sarà inaugurato nel corso del 2005.

Oltre ad ENEA sono numerosi gli altri partner, come l'Agenzia Spaziale Italiana, il Centro di Ricerche aerospaziali di Capua, il Consorzio Venezia Ricerche, le Università del Sannio e della Tuscia, il CNR, il Servizio Meteo dell'Aeronautica Militare ed altri istituti italiani.

## INCONTRI

### La COP-10 di Buenos Aires

#### Impatto ambientale dei termovalorizzatori

#### LA COP-10 DI BUENOS AIRES

Si è svolta a Buenos Aires dal 6 al 18 dicembre 2004 la COP-10, la decima Conferenza delle parti della Convenzione sul clima (UNFCC) che ha stabilito alcuni punti importanti.

Il Protocollo di Kyoto è entrato legalmente in vigore il 16 febbraio, le questioni tecniche rimaste in sospeso (come quelle sui meccanismi flessibili, i sink forestali e il CDM) sono state risolte dagli organi tecnici dell'UNFCC. Le questioni riguardanti le verifiche e i controlli sulla attuazione del Protocollo saranno prese in carico dall'organo di amministrazione e gestione COP-MOP che si riunirà per la prima volta nel novembre 2005. La COP-UNFCC, d'ora in poi, si occuperà di mettere a punto, ed av-

viare a partire dal 2012, il nuovo accordo per la fase due della strategia di mitigazione, il post-Kyoto. Per valutare le diverse opzioni del post-Kyoto, è stato deciso di convocare, per maggio a Bonn, un Seminario di esperti governativi; le conclusioni del Seminario, che non costituisce in alcun modo presupposto di negoziato, saranno disponibili a tutte le Parti che hanno ratificato la Convenzione per riceverne commenti, osservazioni e proposte.

Le Parti riconoscono che il problema dell'adattamento ai cambiamenti climatici è una questione critica e cruciale dei paesi più poveri e si impegnano a portare avanti un programma di lavoro sull'adattamento e sulle misure per diminuire la vulnerabilità ai cambiamenti del clima di tali paesi (Programma di azione di Buenos Aires) e di rimandare allo SBI (Subsidiary Body for Implementation, organo tecnico UNFCC)) la discussione di dettaglio per quanto riguarda il funzionamento del Fondo Speciale per l'adattamento, costituito presso la World Bank, e del Fondo per i paesi più poveri.

#### IMPATTO AMBIENTALE DEI TERMOVALORIZZATORI

Nell'ambito dell'indagine conoscitiva sull'impatto ambientale dei termovalorizzatori presso la Commissione Territorio, Ambiente e Beni Ambientali del Senato, si è svolta il 26 gennaio l'audizione dei rappresentanti dell'ENEA. Intervendendo su delega del presidente dell'ENEA, Giorgio Gavelli, direttore dell'UTS Protezione e sviluppo dell'Ambiente e del Territorio, ha sottolineato innanzitutto come la valorizzazione energetica dei rifiuti debba essere correlata sempre al risparmio di risorse fossili e alla salvaguardia dell'ambiente. Recuperando energia, infatti, si valorizza il rifiuto sostituendo potenziali

vantaggi – in termini di risparmio di risorse e di emissioni evitate sia di inquinanti che di gas con effetto serra – a rischi certi, legati allo spreco di risorse e alla dispersione nell'ambiente, quali quelli che caratterizzano lo smaltimento dei rifiuti in discarica.

A livello internazionale, l'applicabilità della valorizzazione energetica dei rifiuti è stata ampiamente dimostrata non solo come fattibilità tecnico-economica ma anche sotto gli aspetti di compatibilità e di valenza ambientale. Sotto questi ultimi aspetti, infatti, la valorizzazione energetica dei rifiuti permette di conseguire, rispetto alla produzione di energia da combustibili tradizionali, vantaggi in termini di risparmio di risorse, di minori emissioni globali degli inquinanti tipici della combustione e, soprattutto, un rilevante contenimento delle emissioni di gas con effetto serra. Occorre, poi, rilevare che esistono ulteriori margini di miglioramento: nel breve termine, adottando le migliori tecniche disponibili; nel medio-lungo termine, mettendo a punto processi e tecnologie innovative (massificazione, sviluppo di nuovi materiali che consentano di incrementare le caratteristiche del vapore, cicli ad alimentazione ibrida rifiuti/combustibili tradizionali) ovvero attuando miglioramenti di carattere gestionale (adozione del teleriscaldamento/telerefrigerazione, co-combustione). Inoltre, è presumibile in futuro lo sviluppo di tecnologie basate su processi di conversione termica e/o chimico-fisica tendenti ad enfatizzare il recupero di materia (tra cui l'idrogeno) rispetto al recupero diretto di energia.

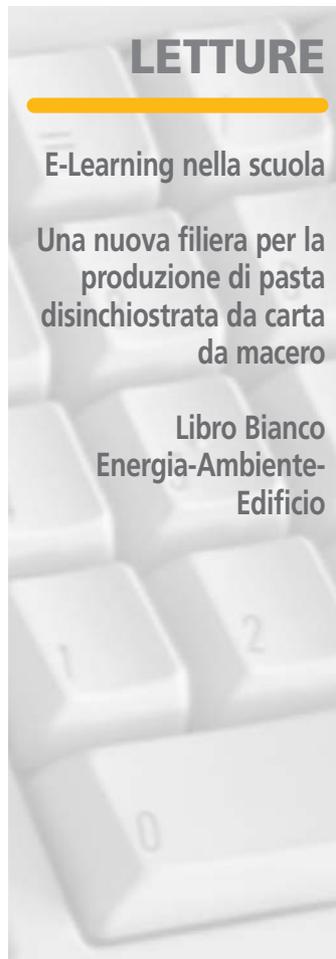
Tutti questi interventi sono in grado di migliorare l'efficienza di conversione dell'energia contenuta nei rifiuti e quindi contribuiscono ad incrementare quantitativamente le emissioni evitate, oltre che a ridurre i fabbisogni energetici da fonti fossili.

## LETTURE

## E-Learning nella scuola

Una nuova filiera per la produzione di pasta disinchiostrata da carta da macero

Libro Bianco  
Energia-Ambiente-Edificio



**E-LEARNING NELLA SCUOLA**  
Ruolo e modelli dell'e-learning nel sistema della formazione

Stefano Epifani,  
Carmine Marinucci  
Editrice La Scuola

Il libro, rivolto a tutti gli attori della formazione, ma in modo particolare a quelli operanti nel mondo della scuola, ha l'obiettivo di avviare una riflessione su quale e-learning serva nella scuola.

Infatti, l'e-learning fornisce certo l'occasione per strutturare il materiale didattico, ma soprattutto consente di "ripensare" i percorsi didattici valorizzando la capacità della rete nel generare gruppi virtuali d'apprendi-

mento.

A tal fine vengono illustrate le specificità delle nuove forme di apprendimento, e si arriva quindi a declinare tale specificità nel mondo della scuola e della didattica.

**UNA NUOVA FILIERA PER LA PRODUZIONE DI PASTA DISINCHIOSTRATA DA CARTA DA MACERO**

Nino Di Franco, Pier Giorgio Landolfo, Luca Marciani  
ENEA  
aprile 2004, pagine 74

Il volume è frutto della collaborazione tra ENEA e COMIECO (Consorzio nazionale recupero e riciclo degli imballaggi a base cellulosica) tesa a individuare ed introdurre tecnologie innovative per il riciclaggio degli imballaggi misti a carta proveniente dalla raccolta differenziata.

Esigenze tecnologiche e di mercato impongono alle fibre riciclate percorsi di recupero obbligati: in pratica, i maceri di qualità vengono attualmente avviati alla produzione di carte grafiche, da stampa e tissue, mentre i maceri post-consumo indifferenziati vengono utilizzati per la produzione di carte a minor valore aggiunto.

Nello studio vengono individuate le condizioni di mercato per una nuova filiera di valorizzazione dei maceri post-consumo: gli impianti per la produzione di pasta disinchiostrata, un semilavorato a metà strada tra la cellulosa vergine ed il macero di qualità da localizzare nel Sud Italia.

Infatti, nei prossimi anni è là che si avrà un maggior flusso di carta da macero post-consumo di circa 400 mila tonnellate per anno.

**LIBRO BIANCO**  
Energia - Ambiente - Edificio

FIN.CO. - ENEA  
dicembre 2004, pagine 372

In Italia 17,5 milioni di abitazioni su un totale di 26,5 milioni, sono cresciute senza alcuna attenzione ai consumi energetici. In totale, tra costruzione e gestione, tutto il sistema edifici (terziario e residenziale) è responsabile di circa il 45% del fabbisogno energetico totale. Ma sotto accusa sono l'isolamento e soprattutto le cattive abitudini: 8 milioni di scaldacqua elettrici ancora installati. È il risultato di una ricerca dell'ENEA e della FIN.CO. (Federazione industrie, prodotti, impianti e servizi per le costruzioni) in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente, che ha per tema l'energia, l'ambiente, e l'edificio. Risulta, in particolare, che il sistema edificio, nel complesso, è responsabile del 45% circa delle emissioni, prodotte dall'Italia, che alterano il clima. Inoltre, la quota di gestione supera di quasi 5 volte ciò che è dovuto alle attività di costruzione e ristrutturazione: il costo energetico per costruire una abitazione equivale a circa 5 tonnellate di petrolio mentre per il solo riscaldamento si consuma l'equivalente di una tonnellata.

A fronte dei numeri, il Libro Bianco sottolinea la necessità di intervenire sugli incentivi e sull'uso di sistemi intelligenti e di progettazione bioclimatica per contenere queste tendenze (in particolare risanando gli involucri: due terzi dei nostri edifici sono di costruzione anteriore alla legge 373/76 sull'isolamento termico), governare la diffusione del condizionamento estivo nel residenziale, promuovere l'uso di fonti rinnovabili, razionalizzare energeticamente le città.