

Il riordino della disciplina dell'ENEA

primo piano

Licenziato dal Consiglio dei Ministri il 31 luglio e pubblicato sulla "Gazzetta Ufficiale" del 13 settembre, il decreto legislativo per il riordino dell'ENEA affida all'Ente il compito di promuovere e svolgere attività di ricerca di base e applicata e di innovazione tecnologica, diffondere i risultati delle ricerche e fornire servizi di alto livello tecnologico, anche in collaborazione con il sistema produttivo

New law reorganises ENEA

A legislative decree issued by the Council of Ministers on July 31st and published in the Official Gazette on September 13th assigns ENEA the tasks of promoting and conducting basic and applied research and technological innovation activities, disseminating research results, and providing high-tech services, alone or in collaboration with the productive system

Il decreto legislativo n. 257, pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale* n. 213 del 13 settembre 2003, provvede alla riorganizzazione ENEA, abrogando la precedente disciplina contenuta nel decreto legislativo n. 36/1999.

Come è noto, infatti, l'art. 1 della legge n. 137/2002, "Delega per la riforma dell'organizzazione del Governo e della Presidenza del Consiglio dei Ministri, nonché di enti pubblici" dispone che il Governo, entro diciotto mesi dalla data di entrata in vigore della stessa legge, è delegato ad adottare uno o più decreti legislativi, correttivi o modificativi di decreti legislativi emanati ai sensi dell'articolo 11 della legge n. 59/1997, e successive modificazioni, attenendosi agli stessi principi e criteri direttivi (tra gli altri, riordino degli enti di ricerca secondo procedure di programmazione e di valutazione, evitando duplicazioni per i medesimi obiettivi, valorizzando l'autonomia e la professionalità dei ricercatori e la loro mobilità rispetto ad altri enti di ricerca, università, scuola e imprese).

In attuazione dell'art. 1 della legge n. 137/2002, quindi, il presente decreto riordina l'organizzazione ed il funzionamento dell'ENEA, proponendosi di risolvere alcune questioni alle quali il decreto n. 36/1999, non sembra aver dato idonea soluzione.

Peraltro, le scelte compiute si pongono decisamente nel solco della riforma, approvata dal Consiglio dei Ministri del C.N.R., dell'A.S.I. e dell'I.N.A.F.

DECRETO LEGISLATIVO 3 SETTEMBRE 2003, N. 257

Riordino della disciplina dell'Ente per le nuove tecnologie; l'energia e l'ambiente - ENEA, a norma dell'articolo 1 della legge 6 luglio 2002, n. 137

ART. 1

(Oggetto)

1. Il presente decreto legislativo, in attuazione della delega conferita dall'articoli 1, commi 1 e 2, della legge 6 luglio 2002, n. 137, provvede al riordino della disciplina dell'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente, di seguito denominato: "ENEA", secondo criteri di semplificazione, efficienza ed economicità nella conduzione dei compiti e delle funzioni attribuite.

ART. 2

(Finalità dell'Ente)

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

2. L'ENEA ha personalità giuridica di diritto pubblico, gode di autonomia scientifica, finanziaria, organizzativa, patrimoniale e contabile ed è dotato di un ordinamento autonomo, adottato conformemente al presente decreto, nonché al decreto legislativo 5 giugno 1998, n. 204, sulla base degli indirizzi definiti dal Ministro delle attività produttive, d'intesa con il Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca e con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, nonché con il Ministro degli affari esteri per quanto concerne le attività internazionali.

ART. 3

(Attività dell'ENEA)

1. Per il perseguimento delle finalità di cui all'articolo 2, comma 1, l'ENEA svolge, in particolare, le seguenti attività:

a) promuovere e svolgere attività di ricerca di base ed applicata, ivi inclusa la realizzazione di prototipi e l'industrializzazione di prodotti, nei seguenti settori:

- 1) settore dell'energia;
- 2) settore dell'ambiente, in relazione sia alle interazioni con i sistemi industriali sia per il miglioramento delle condizioni di compatibilità ambientale e di sicurezza degli stessi;
- 3) settore delle tecnologie e delle applicazioni nucleari, delle tecnologie delle radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti e delle radiazioni ionizzanti, delle altre tecnologie innovative sviluppate dal-

l'ente nei settori dell'energia e dell'ambiente; in particolare l'ente è responsabile del presidio scientifico e tecnologico in tema di energia nucleare;

b) curare la conduzione di grandi progetti complessi di ricerca, sviluppo e dimostrazione, con prevalente contenuto ingegneristico e tecnologico;

c) valutare il grado di sviluppo di tecnologie avanzate, inclusi gli impatti economici e sociali, nelle aree tematiche di cui alla lettera a), con particolare riferimento a richieste formulate dalle pubbliche amministrazioni interessate;

d) fornire a soggetti pubblici e privati servizi ad alto contenuto tecnologico, studi, ricerche, misure, prove e valutazioni nei settori di competenza;

e) promuovere, nei settori di competenza, la collaborazione con enti ed istituzioni di altri paesi nel campo scientifico-tecnologico, ivi inclusa la definizione della normativa tecnica, la partecipazione ai grandi programmi di ricerca e agli organismi internazionali, fornendo su richiesta competenze specifiche;

f) svolgere attività di comunicazione e promozione della ricerca curando la diffusione dei relativi risultati, nonché favorire la valorizzazione a fini produttivi e sociali ed il trasferimento tecnologico dei risultati stessi a sostegno dello sviluppo nazionale;

g) promuovere, favorire e sostenere processi di innovazione tecnologica del sistema produttivo nazionale nei settori di competenza, in particolare delle piccole e medie imprese, anche stimolando la domanda di ricerca e di tecnologia in conformità ai principi dello sviluppo durevole;

h) collaborare con le regioni e con le amministrazioni locali, al fine di promuovere attraverso iniziative congiunte, lo sviluppo delle specifiche realtà produttive del territorio;

i) effettuare la valutazione dei risultati dei programmi di ricerca, del funzionamento delle proprie strutture e dell'attività del personale, sulla base di criteri di valutazione definiti dal comitato di indirizzo per la valutazione della ricerca (C.I.V.R.) di cui al decreto legislativo 5 giugno 1998, n. 204;

l) promuovere la formazione, in particolare post-universitaria, e la crescita tecnico professionale dei ricercatori nelle materie di competenza, anche attraverso la collaborazione con le università nazionali ed internazionali sulla base di apposite convenzioni;

m) curare la realizzazione e gestione di grandi attrezzature scientifiche e tecnologiche;

n) svolgere ogni altra attività funzionale al perseguimento delle finalità istituzionali.

2. Le predette attività devono essere svolte nell'ambito del piano triennale delle attività di cui all'articolo 16, nel quadro del Programma nazionale della ricerca di cui al decreto legislativo 5 giugno 1998, n. 204, sulla base degli indirizzi definiti dal Ministro delle attività produttive, d'intesa con il Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca e con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, ed in conformità agli impegni derivanti dalla partecipazione italiana all'Unione europea ed alle altre organizzazioni internazionali.

3. L'ENEA potrà, ai fini della valorizzazione ed utilizzazione dei risultati delle proprie attività di ricerca, nonché per il migliore sfruttamento dei brevetti dei propri beni e servizi, conferire i relativi diritti alla società di cui all'articolo 18.

ART. 4 (Organi)

1. Sono organi dell'ENEA:

a) il presidente;

b) il consiglio di amministrazione;

c) il collegio dei revisori.

ART. 5 (Presidente)

1. Il presidente è scelto tra persone di alta qualificazione scientifica e manageriale, con una profonda conoscenza del sistema della ricerca in Italia e all'estero e con esperienza almeno triennale nella gestione di enti o organismi pubblici o privati, operanti nel settore della ricerca. Il presidente è nominato, con le procedure di cui all'articolo 6, comma 2, del decreto legislativo 5 giugno 1998, n. 204, dal Presidente del Consiglio dei Ministri, previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro delle attività produttive.

2. Il presidente dura in carica quattro anni e può essere confermato una sola volta.

3. Il presidente, se dipendente di pubbliche amministrazioni, può essere collocato fuori ruolo e se professore o ricercatore può essere collocato in aspettativa ai sensi dell'articolo 13 del decreto del Presidente della Repubblica 11 luglio 1980, n. 382.

4. Il presidente ha la rappresentanza legale dell'ENEA e cura i rapporti esterni con le istituzioni ed amministrazioni pubbliche, nazionali, comunitarie ed internazionali, con le istituzioni di ricerca e di alta cultura e con il mondo industriale nazionale, comunitario ed internazionale.

5. Il presidente convoca e presiede il consiglio di amministrazione. In caso di urgenza, provvede alle deliberazioni di competenza del consiglio di amministrazione, da sottoporre a ratifica nella prima seduta successiva del consiglio stesso.

6. In caso di assenza o impedimento, il presidente è sostituito da un vice presidente, nominato dal consiglio di amministrazione tra i suoi componenti, che può operare anche in virtù di specifiche deleghe, secondo quanto previsto dal regolamento di cui all'articolo 20.

ART. 6

(Consiglio di amministrazione)

1. Il consiglio di amministrazione è composto dal presidente e da sette membri, in possesso di elevate competenze scientifiche e gestionali, dei quali due sono designati dal Ministro delle attività produttive, due dal Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, due dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e uno dal Presidente della Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano. Alla nomina provvede il Ministro delle attività produttive, con proprio decreto.

2. Il consiglio di amministrazione dura in carica quattro anni e i suoi componenti possono essere confermati una sola volta.

3. Il consiglio di amministrazione ha poteri di programmazione, indirizzo e controllo strategico. In particolare, il consiglio di amministrazione:

- a) individua gli obiettivi e le priorità delle attività dell'ente;
- b) verifica l'attuazione dei programmi;
- c) nomina il direttore generale, su proposta del presidente;
- d) elabora ed approva il regolamento di organizzazione e funzionamento e quello del personale dell'ente;
- e) approva il piano triennale, il piano annuale di attività ed i loro aggiornamenti;
- f) approva il bilancio preventivo, il bilancio consuntivo e le relazioni di accompagnamento;
- g) delibera in materia di costituzione di società, partecipazioni dell'ENEA a società, associazioni e consorzi, designazione dei rappresentanti nei relativi organi, conclusione di accordi di rilevante importanza;
- h) nomina i dirigenti e i responsabili delle unità organizzative di cui agli articoli 13 e 14 e provvede all'attribuzione delle relative funzioni.

4. Il consiglio di amministrazione delibera, inoltre, sulle materie che il regolamento di organizzazione e funzionamento affida alla sua competenza.

5. Il consiglio di amministrazione nomina il vice presidente e i membri del comitato di valutazione.

ART. 7

(Consiglio scientifico)

1. Presso l'ENEA è istituito il consiglio scientifico, che è composto da undici membri, scelti tra i rappresentanti della comunità scientifica nazionale ed internazionale, nominati dal presidente dell'ente, tre dei quali su designazione del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, tre del Ministro delle attività produttive, tre del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, uno del Ministro per l'innovazione e le tecnologie, uno del Ministro delle politiche agricole e forestali. Il consiglio scientifico elegge al proprio interno il presidente tra i membri designati dal Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca.

2. I componenti del consiglio scientifico durano in carica quattro anni e possono essere confermati una sola volta.

3. Il consiglio scientifico ha compiti propositivi e consultivi relativi all'attività complessiva di ricerca dell'Ente. In particolare, il consiglio:

- a) individua le possibili linee evolutive della ricerca e propone le iniziative dell'ente finalizzate alle politiche di sostegno allo sviluppo durevole e sostenibile nei settori di competenza, elaborando proposte da sottoporre al presidente ed al consiglio di amministrazione;
- b) compie analisi e confronti sullo stato della ricerca nei settori di competenza a livello internazionale;
- c) esprime al consiglio di amministrazione pareri tecnico-scientifici, obbligatori e non vincolanti, sulle proposte di piano triennale e di piano annuale e sullo stato della ricerca svolta dall'ente;
- d) realizza, su specifica richiesta del consiglio di amministrazione, studi e redige pareri.

ART. 8

(Comitato di indirizzo e coordinamento dei progetti di industrializzazione)

1. Presso l'ENEA è istituito il comitato di indirizzo e coordinamento dei progetti di industrializzazione, che ha compiti propositivi e consultivi relativi all'attività complessiva di ricerca dell'ente con particolare riferimento alle strategie industriali. In particolare, il comitato:

a) individua le possibili linee evolutive della ricerca nei settori produttivi di competenza, elaborando proposte da sottoporre al presidente ed al consiglio di amministrazione;

b) compie analisi e confronti sullo stato della ricerca nei settori produttivi di competenza a livello nazionale;

c) esprime al consiglio di amministrazione, pareri tecnico-scientifici, obbligatori e non vincolanti, sulle proposte di piano pluriennale e di piano annuale e sullo stato della ricerca a fini produttivi svolta dall'ente;

d) realizza, su specifica richiesta del consiglio di amministrazione, studi e redige pareri.

2. Esso è composto da sette membri, nominati con decreto del Ministro delle attività produttive, di cui tre sono designati dalle associazioni nazionali di categoria maggiormente rappresentative, uno dal Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, uno dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, uno dal Ministro delle attività produttive, con funzioni di presidente, e uno dal Presidente della Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano.

3. La partecipazione al comitato non comporta il percepimento di indennità o compensi in qualsiasi forma.

ART. 9

(Collegio dei revisori)

1. Il collegio dei revisori è composto da tre membri effettivi e tre membri supplenti, che devono essere in possesso dei requisiti di cui al decreto legislativo 27 gennaio 1992, n. 88. Un membro effettivo e un membro supplente sono designati dal Ministro delle attività produttive, un membro effettivo, con funzioni di presidente, e un membro supplente sono designati dal Ministro dell'economia e delle finanze, un membro effettivo e un membro supplente sono designati dal Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca. Alla nomina provvede il Ministro delle attività produttive, con proprio decreto.

2. I membri del collegio dei revisori durano in carica quattro anni e possono essere confermati una sola volta.

3. Il collegio dei revisori realizza il controllo della regolarità amministrativa e contabile dell'ente e svolge i compiti previsti dall'articolo 2403 del codice civile, in quanto applicabile.

ART. 10

(Comitato di valutazione)

1. Presso l'ENEA è istituito il comitato di valutazione, che ha il compito della valutazione periodica dei risultati scientifici e tecnologici dell'attività di ricerca dell'ENEA, come indicato dall'articolo 5 del decreto legislativo 5 giugno 1998, n. 204, e successive modificazioni, anche in relazione agli obiettivi definiti nel piano triennale e nel piano annuale, sulla base dei criteri di valutazione definiti dal Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, sentito il comitato di indirizzo per la valutazione della ricerca (C.I.V.R.).

2. Il comitato di valutazione svolge i propri compiti in piena autonomia, avvalendosi della collaborazione del direttore generale dell'ENEA per il supporto logistico necessario allo svolgimento dei compiti assegnati. Il comitato di valutazione invia al C.I.V.R. ed al consiglio di amministrazione dell'ENEA la relazione di valutazione periodica sui risultati scientifici e tecnologici della sua attività di ricerca. La relazione viene successivamente inviata dal C.I.V.R. al Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca.

3. Il numero, la composizione, le modalità di nomina e di funzionamento del comitato di valutazione dell'ente sono definite dal C.I.V.R., d'intesa con il presidente dell'ENEA.

ART. 11

(Struttura organizzativa)

1. L'ENEA si articola in dipartimenti, in numero non superiore a cinque, e in direzioni centrali, in numero non superiore a tre.

2. Il regolamento di organizzazione e funzionamento disciplina l'articolazione dei dipartimenti e delle direzioni centrali in strutture di secondo livello, in modo, comunque, che sia assicurata l'invarianza complessiva della spesa rispetto all'esercizio finanziario precedente alla data di entrata in vigore del presente decreto legislativo.

3. Al vertice della struttura organizzativa è posto il direttore generale.

4. Il regolamento di organizzazione e funzionamento dell'ENEA può prevedere l'istituzione, l'organizzazione ed il funzionamento di ulteriori unità organizzative, costituenti articolazioni settoriali ovvero locali di quelle di primo livello, necessarie al perseguimento dei suoi fini istituzionali.

ART. 12 (Direttore generale)

1 Il direttore generale, il cui rapporto di lavoro è regolato con contratto di diritto privato con durata coincidente con la scadenza naturale del mandato del presidente, è nominato dal consiglio di amministrazione, su proposta del presidente, ed è scelto tra persone di elevata qualificazione tecnico-professionale e di comprovata esperienza gestionale.

2. Il direttore generale può essere confermato.

3. Il direttore generale è responsabile della gestione dell'ENEA e partecipa alle riunioni del consiglio di amministrazione senza diritto di voto. In particolare, il direttore generale:

a) esercita i poteri di direzione e gestione, conformemente agli atti approvati dal consiglio di amministrazione ed agli indirizzi espressi dal presidente;

b) predispose la proposta di piano triennale e di piano annuale dell'ENEA, sulla base delle proposte dei direttori dei dipartimenti ed in conformità agli obiettivi, priorità e programmi definiti dal consiglio di amministrazione;

c) attua le delibere del consiglio di amministrazione;

d) predispose i bilanci consuntivi e preventivi da sottoporre al consiglio di amministrazione;

e) esercita le ulteriori competenze assegnategli dal regolamento di organizzazione e funzionamento, nonché quelle necessarie per la gestione dell'ente;

f) ha potere generale di proposta al consiglio di amministrazione.

ART. 13 (Dipartimenti)

1. I dipartimenti sono le strutture organizzative di primo livello, responsabili dell'esercizio organico ed integrato delle funzioni dell'ENEA. Ai dipartimenti sono attribuiti compiti finali e strumentali, con riferimento a grandi aree di materie omogenee, individuate in relazione alle finalità dell'ente ed ai settori di intervento, garantendo l'integrazione delle competenze e la multidisciplinarietà dei compiti. Ai dipartimenti sono altresì attribuiti compiti di indirizzo e coordinamento delle unità di secondo livello e compiti di organizzazione, allocazione e gestione delle risorse strumentali, finanziarie ed umane ad essi attribuite, nel rispetto del piano triennale e del piano annuale, per il perseguimento degli obiettivi ivi stabiliti.

2. Con riferimento alle specifiche aree di competenza, ciascun dipartimento, secondo quanto stabilito dal regolamento di organizzazione e funzionamento, in particolare:

a) elabora le proposte di piano triennale ed annuale per le attività di competenza;

b) gestisce gli investimenti in grandi infrastrutture, su mandato del consiglio di amministrazione;

c) coordina e controlla l'attività delle strutture di secondo livello;

d) alloca le risorse presso le strutture di secondo livello in relazione al piano triennale ed al piano annuale dell'ente;

e) propone al consiglio di amministrazione le politiche di gestione e sviluppo tecnico-professionale dei ricercatori;

f) coordina le relazioni esterne, nazionali ed internazionali, sulle tematiche di competenza;

g) valorizza la ricerca sul territorio, anche predisponendo e proponendo accordi di programma e attività di agenzia, interagendo con tutti i soggetti pubblici e privati;

h) fornisce al consiglio di amministrazione relazioni e proposte sulla costituzione di nuove società, sull'acquisizione di partecipazioni e sull'avvio di attività di società, consorzi e distretti industriali sulle tematiche di competenza;

i) coordina, su specifico incarico del consiglio di amministrazione, ove necessario, progetti e programmi comuni a più dipartimenti;

l) promuove la valorizzazione dei risultati della ricerca nei settori di competenza.

ART. 14

(Direzioni centrali)

1. Le direzioni centrali sono unità organizzative espletanti attività di interesse generale, comuni a più organi o dipartimenti.

2. Le direzioni centrali, secondo quanto stabilito dal regolamento di organizzazione e funzionamento, in particolare:

- a) assicurano l'elaborazione dei bilanci;
- b) curano l'amministrazione del personale;
- c) gestiscono i processi di pianificazione e controllo di gestione;
- d) gestiscono il sistema informativo gestionale e la rete di comunicazione dell'ente;
- e) gestiscono la comunicazione esterna;
- f) curano i servizi generali e gli acquisti di funzionamento dell'ente, non inerenti le attività correnti della rete scientifica;
- g) gestiscono gli affari societari;
- h) forniscono assistenza e supporto legale;
- i) supportano la rete scientifica nella vendita di beni e servizi a terzi;
- l) gestiscono il patrimonio immobiliare.

ART. 15

(Incompatibilità ed indennità)

1. Le incompatibilità con le cariche di presidente, componente del consiglio di amministrazione, del consiglio scientifico e del collegio dei revisori, di direttore generale, di direttore di dipartimento e delle strutture di cui all'articolo 14, sono disciplinate dal regolamento di organizzazione e funzionamento dell'ente.

2. Il presidente dell'ENEA, i componenti del consiglio di amministrazione, del consiglio scientifico e del collegio dei revisori, per la durata del loro mandato, non possono essere direttori di dipartimento o di divisione o dei programmi di ricerca dell'ente, né possono far parte di commissioni di concorso per il reclutamento di personale dell'ENEA.

3. Il presidente, i componenti del consiglio di amministrazione, il direttore generale e i direttori di dipartimento non possono essere amministratori o dipendenti di società operanti nei settori di intervento dell'ENEA, ad esclusione di quelle partecipate dallo stesso ente, né possono avere altri interessi diretti e indiretti nell'attività svolta da tali società.

4. Le indennità di carica del presidente e del vice presidente dell'ENEA, dei componenti del consiglio di amministrazione, del presidente e dei componenti del collegio dei revisori sono determinate con decreto del Ministro delle attività produttive, secondo criteri e parametri definiti di concerto con il Ministro dell'economia e delle finanze, in modo, comunque, che sia assicurata l'invarianza complessiva della spesa rispetto all'esercizio finanziario precedente alla data di entrata in vigore del presente decreto legislativo.

5. I compensi dei componenti del consiglio scientifico e del comitato di valutazione sono determinati dal consiglio di amministrazione, su proposta del presidente dell'ENEA, in modo, comunque, che sia assicurata l'invarianza complessiva della spesa rispetto all'esercizio finanziario precedente alla data di entrata in vigore del presente decreto legislativo.

ART. 16

(Piani di attività)

1. L'ENEA opera sulla base di un proprio piano triennale di attività, formulato e rivisto annualmente. Il piano triennale definisce gli obiettivi, i programmi di ricerca, i risultati socio-economici attesi, nonché le correlate risorse, in coerenza con il programma nazionale per la ricerca di cui all'articolo 1, comma 2, del citato decreto legislativo n. 204 del 1998 e con gli indirizzi del Ministro delle attività produttive. Il piano comprende la programmazione pluriennale del fabbisogno del personale.

2. Oltre al piano triennale è previsto un piano annuale di dettaglio, che pianifica le attività da svolgersi nel corso dell'anno, contenente specifici obiettivi, attività, risorse da impiegare, sia interne che esterne, tempi di realizzazione, risultati attesi e indicatori di valutazione.

3. Le proposte di piano triennale e di piano annuale dell'ente sono deliberate dal consiglio di amministrazione e approvate dal Ministro delle attività produttive ai sensi del citato decreto legislativo n. 204 del 1998, d'intesa con il Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, con il Ministro del-

l'ambiente e della tutela del territorio, previo parere del Ministro per la funzione pubblica e del Ministro dell'economia e delle finanze, ciascuno per gli ambiti di rispettiva competenza.

Art. 17
(Strumenti)

1. Per lo svolgimento delle funzioni e delle attività di cui agli articoli 2 e 3 l'ENEA può anche:
- a) stipulare convenzioni, accordi, accordi di programma e contratti con soggetti pubblici o privati interessati;
 - b) costituire o partecipare a consorzi, fondazioni o società con soggetti pubblici e privati, italiani e stranieri;
 - c) partecipare alla costituzione ed alla conduzione anche scientifica di centri di ricerca internazionali, anche in collaborazione con analoghe istituzioni scientifiche di altri paesi;
 - d) commissionare attività di ricerca e studio a soggetti pubblici e privati, nazionali e internazionali, anche mettendo a disposizione le proprie strutture operative;
 - e) coordinare attività di soggetti terzi nei propri settori di competenza;
 - f) avvalersi di ogni altro strumento necessario al conseguimento delle finalità istituzionali dell'ente.
2. L'ENEA riferisce sui programmi, sugli obiettivi, sulle attività e sui risultati dei soggetti di cui al comma 1 in apposita sezione del piano triennale e del piano annuale dell'ente.
3. Il regolamento di cui all'articolo 20 disciplina il ricorso agli strumenti di cui al comma 1 e stabilisce le modalità di funzionamento, di organizzazione e di controllo degli stessi.

ART. 18
(Società di gestione)

1. Al fine di valorizzare i risultati della ricerca, l'ENEA è autorizzata a costituire una società di diritto privato alla quale possono essere trasferite dagli aventi diritto la titolarità e comunque i diritti di sfruttamento dei brevetti per invenzioni industriali derivanti dall'attività di ricerca dell'ente.
2. Nel rispetto dei criteri di economicità ed efficienza, la società di cui al comma 1 gestisce le partecipazioni detenute dall'ENEA nelle aziende industriali, che le sono trasferite in esecuzione di un programma di ristrutturazione organizzativa e produttiva, approvato dal Ministro delle attività produttive, su proposta del consiglio di amministrazione dell'ENEA.
3. La società di cui al comma 1 può assumere partecipazioni, anche di maggioranza, al capitale di altre società il cui oggetto sociale sia strumentale al perseguimento delle finalità proprie dell'ENEA.

Art. 19
(Entrate)

1. Le entrate dell'ENEA sono costituite:
- a) dal contributo finanziario ordinario dello Stato;
 - b) dalle assegnazioni e dai contributi da parte di pubbliche amministrazioni centrali e locali per l'esecuzione di specifiche iniziative di ricerca;
 - c) dai contributi dell'Unione europea o di altri organismi internazionali per la partecipazione a programmi e progetti;
 - d) dai mezzi finanziari derivanti dal proprio patrimonio;
 - e) dai contratti stipulati con terzi pubblici e privati per la fornitura di beni e servizi;
 - f) dai ricavi ottenuti con la cessione di brevetti o cessione di know-how;
 - g) dagli utili o dividendi derivanti dalla partecipazioni a società di capitali o ad altre forme associative;
 - h) da ogni altra eventuale entrata connessa alla sua attività.

ART. 20
(Regolamenti)

1. Entro 180 giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto legislativo il consiglio di amministrazione dell'ENEA, è tenuto a predisporre il regolamento di organizzazione e funzionamento dell'ente da sottoporre all'approvazione del Ministro delle attività produttive, previo parere per i profili di rispettiva competenza del Ministro per la funzione pubblica e del Ministro dell'economia e delle finanze.
2. Il regolamento di organizzazione e funzionamento dell'ENEA, in particolare:
- a) detta le regole di funzionamento degli organi dell'ente individuando i loro compiti specifici;
 - b) definisce la struttura organizzativa dell'ente individuando l'istituzione, l'organizzazione ed il fun-

zionamento delle singole unità previste dagli articoli 13 e 14, nonché delle unità di secondo livello nelle quali esse si articolano, ivi compreso l'ufficio per le relazioni con il pubblico, nonché l'istituzione di un sistema di controlli coerente con i principi fissati dal decreto legislativo 30 luglio 1999, n. 286;

c) definisce le procedure per la nomina dei responsabili delle unità organizzative previste dagli articoli 13 e 14;

d) definisce le modalità per la gestione e l'amministrazione del personale, prevede le procedure di assunzione ai diversi livelli e profili del personale, individua gli strumenti contrattuali che possono essere utilizzati per l'acquisizione del personale;

e) definisce le modalità per la gestione patrimoniale, economica, finanziaria e contabile interna, anche in deroga alle disposizioni sulla contabilità generale dello Stato;

f) definisce le procedure per la pianificazione ed il controllo di gestione, nonché per la redazione dei bilanci;

g) definisce procedure e strumenti che assicurino la trasparenza nell'assegnazione e nell'utilizzo delle risorse finanziarie per i diversi obiettivi di ricerca e per la realizzazione delle funzioni istituzionali;

h) definisce la disciplina per l'approvvigionamento di beni e servizi in conformità con la normativa nazionale e comunitaria vigente;

i) definisce le regole per il ricorso agli strumenti di cui agli articoli 17 e 18 e stabilisce le modalità di controllo degli stessi;

l) definisce le modalità per le assunzioni e nomine dei dirigenti e di altre funzioni dirigenziali e per le nomine dei responsabili delle unità organizzative di primo livello.

3. Il regolamento di organizzazione e funzionamento può prevedere le modalità di adozione di ulteriori regolamenti interni o di altri atti di organizzazione e gestione disciplinandone il procedimento di formazione ed approvazione.

ART. 21

(Personale)

1. Il rapporto di lavoro dei dipendenti dell'ENEA è regolato ai sensi del decreto legislativo 30 marzo 2001, n. 165. In deroga a quanto previsto dall'articolo 70, comma 4, del citato decreto legislativo n. 165 del 2001, la contrattazione collettiva di cui all'articolo 40 del medesimo decreto legislativo definisce il comparto di contrattazione del personale dell'ENEA.

2. L'ENEA si avvale, sentite le organizzazioni sindacali, di tutte le forme contrattuali di assunzione e di impiego del personale previste dal codice civile e dalla normativa vigente in materia di rapporto di lavoro, nell'ambito di un organico complessivo, coerente con il piano triennale e il piano annuale dell'ente, che è determinato con l'approvazione del Ministro dell'economia e delle finanze e del Ministro per la funzione pubblica, in modo comunque che sia assicurata l'invarianza complessiva della spesa.

3. L'ENEA, con proprio regolamento, adottato ai sensi dell'articolo 20 e previo parere del Ministro per la funzione pubblica, adegua la disciplina del personale in organico alla norme del comma 1.

ART. 22

(Vigilanza e controllo)

1. Il Ministro delle attività produttive vigila sul corretto andamento dell'ENEA e verifica il perseguimento dei suoi fini istituzionali. In particolare, il Ministro approva:

a) le proposte di piano triennale e di piano annuale deliberate dal consiglio di amministrazione;

b) il bilancio consuntivo dell'ente;

c) la costituzione di società, consorzi ed altre forme associative di cui all'articolo 17 e i relativi statuti;

d) la partecipazione dell'ente a società, consorzi ed altre forme associative di cui all'articolo 17;

e) le modifiche al regolamento di organizzazione e funzionamento.

2. Decorsi 60 giorni dalla ricezione del piano triennale e del piano annuale dell'ENEA senza osservazioni da parte del Ministro delle attività produttive, del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca e del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio per gli ambiti di rispettiva competenza, i piani si intendono approvati. Sul piano annuale e sul piano triennale, per gli ambiti di rispettiva competenza, sono richiesti dal consiglio di amministrazione dell'ente e acquisiti nel termine perentorio di 60 giorni, i pareri dei Ministri dell'economia e delle finanze e per la funzione pubblica.

3. I bilanci consuntivi e le relazioni del collegio dei revisori sono inviate al Ministro delle attività produttive entro il 30 aprile di ogni anno. Decorsi 60 giorni dalla ricezione del bilancio consuntivo dell'ente senza osservazioni da parte del Ministro delle attività produttive, il bilancio si intende approvato ed è trasmesso al Ministero dell'economia e delle finanze.

4. L'ENEA è soggetto al controllo della Corte dei conti previsto dall'articolo 12 della legge 21 marzo 1958, n. 259, e si avvale del patrocinio dell'Avvocatura generale dello Stato, ai sensi dell'articolo 43 del regio decreto 30 ottobre 1933, n. 1611.

ART. 23

(Relazione annuale al Parlamento)

1. Il Ministro delle attività produttive, sentito il Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca ed il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, trasmette al Parlamento, entro il 30 giugno di ogni anno, una relazione sull'attività svolta dall'ENEA e dalle società o consorzi da essa comunque partecipati.

ART. 24

(Commissariamento)

1. Per gravi e motivate ragioni, inerenti il corretto funzionamento dell'Ente ed il perseguimento dei suoi fini istituzionali, con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro delle attività produttive, può essere sciolto il consiglio di amministrazione e nominato un commissario straordinario, per un periodo non superiore a diciotto mesi, con il potere del presidente e del consiglio di amministrazione, eventualmente coadiuvato da due vice commissari.

ART. 25

(Norme transitorie e finali)

1. Il presidente, il consiglio di amministrazione ed il collegio dei revisori dell'ENEA sono nominati entro sessanta giorni dall'approvazione del presente decreto legislativo e con il loro insediamento cessano gli organi attualmente in carica.

2. Fino all'approvazione del regolamento di organizzazione e funzionamento dell'ENEA, di cui all'articolo 20, continuano a trovare applicazione i regolamenti dell'ente attualmente vigenti.

3. Entro 180 giorni dall'approvazione del regolamento di organizzazione e funzionamento dell'ente, di cui all'articolo 20, il consiglio di amministrazione è tenuto a sottoporre al Ministro delle attività produttive un piano di razionalizzazione delle attività e funzioni non svolte direttamente dall'ENEA.

4. In sede di prima attuazione del presente decreto legislativo, non si applica quanto disposto dall'articolo 6, comma 2, del citato decreto legislativo n. 204 del 1998, in merito al limite massimo dei due mandati per il presidente di enti di ricerca.

5. È abrogato il decreto legislativo 30 gennaio 1999, n. 36, recante riordino dell'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente - ENEA, a norma degli articoli 11, comma 1, e 18, comma 1, della legge 15 marzo 1997, n. 59.

DISTRIBUZIONE DEL PERSONALE ENEA PER LIVELLI PROFESSIONALI

Categorie	Totale
1	0
2	3
3	3
4	30
5	206
6	331
7	634
8	360
8.1	100
9	744
9.1	496
9.2	268
D	64
TOTALE	3.238

Agricoltura in primo piano. AGRIALP 2003.



**ALTO ADIGE
SÜDTIROL**

Punto d'incontro

CACCIA
PESCA
JAGD
FISCHEREI

Sponsors & Partners



CASSA DI RISPARMIO



AGRIALP

18^a Fiera Agricola dell'Arco Alpino

7 - 10 novembre 2003

ore 9,00 - 18,00

- 7.11.: Convegno "Le prospettive della melicoltura italiana"
- 8.11.: Convegno sull'agriturismo in Alto Adige
- 9.11.: Incontro dei vincitori premio "Contadini di montagna"
- 8. e 9.11. Mostra zootecnica

Tel +39 0471 516 000 Fax +39 0471 516 111
www.fierabolzano.it/agrialp2003

FIERA BOLZANO



MESSE BOZEN

Il clima prossimo venturo

Evoluzione del clima ed impatti dei cambiamenti climatici in Italia

VINCENZO FERRARA

ENEA

Progetto Speciale Clima Globale

spazio aperto

Le attività umane stanno cambiando le capacità termiche dell'atmosfera, del suolo ed anche degli oceani. Se non intervengono nel prossimo futuro azioni di inversione di queste tendenze, l'equilibrio del sistema climatico è destinato a cambiare in tempi relativamente brevi rispetto alle naturali variazioni. Il timore è che i tempi entro cui i temuti cambiamenti climatici possano avvenire siano troppo ristretti perché gli ecosistemi viventi e l'ambiente possano adattarsi a tali cambiamenti

Climate change

Evolution of the climate and the impacts of climate change in Italy

Human activities are altering the balance of the climate system faster than living ecosystems and the environment can adjust naturally to the changes. Europe, the Mediterranean area and Italy may be especially vulnerable to this process because of the complexity of their environmental, human, social and infrastructural systems

a possibile minaccia di un cambiamento climatico globale nasce dalla osservazione di alcuni sintomi di una malattia del pianeta che è la crescita dell'effetto serra, ovvero del sommarsi di un effetto serra "non naturale", provocato dalle attività umane, all'effetto serra "naturale" dovuto alla presenza stessa dell'atmosfera (se non ci fosse l'atmosfera la temperatura media del nostro pianeta sarebbe di ben 19 °C sotto zero, mentre in realtà è di 15 °C sopra lo zero). L'aumento dell'effetto serra "non naturale" è collegato all'aumento di concentrazione in atmosfera di gas e composti provenienti dalle attività umane, alcuni dei quali sono chiaramente identificabili perché non esistenti in natura (ad esempio i clorofluorocarburi) ed altri che si sommano, invece, a quelli già esistenti in natura (ad esempio l'anidride carbonica).

Le attività umane stanno cambiando le capacità termiche dell'atmosfera, del suolo ed anche degli oceani, introducendo fattori di perturbazione energetica capaci di spostare l'equilibrio naturale esistente e le naturali fluttuazioni di questo equilibrio. In altre parole, le attività umane stanno generando un effetto serra aggiuntivo a quello naturale, che tende a spostare tutti gli equilibri del sistema climatico.

I principali sintomi di questa interferenza sono di due tipi: sintomi direttamente collegabili alle attività umane, più evidenti a partire dall'inizio dell'era industriale (collocabile attorno al 1800) fino ad oggi quali la crescente emissione in atmosfera di gas ad effetto serra, e sintomi desumibili indirettamente in base ai risultati delle osservazioni sperimentali sul clima globale, quali gli andamenti e le variazioni climatiche che finora sono state misurate e studiate.

Gli andamenti attualmente osservati nello sviluppo economico, nella crescita della popolazione, nell'uso dell'energia e delle risorse naturali, sono tali che, se non intervengono nel prossimo futuro azioni di inversione di queste tendenze, l'equilibrio del sistema climatico è destinato a cambiare in tempi relativamente brevi rispetto alle naturali variazioni. La preoccupazione maggiore, infatti, non riguarda tanto il fatto che il clima possa cambiare a causa delle attività umane, quanto, invece, i tempi entro cui i temuti cambiamenti climatici possano avvenire: tempi troppo ristretti perché gli ecosistemi viventi e l'ambiente, compreso l'ambiente antropico, possano naturalmente adattarsi a tali cambiamenti.

Per quanto riguarda i sintomi collegati alle attività antropiche, è stato accertato quanto segue.

- 1) Le concentrazioni atmosferiche dei gas serra, fra cui l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄) ed il protossido di azoto (N₂O), sono aumentate in modo significativo a partire dall'inizio della rivoluzione industriale (databile intorno agli anni 1750-1800); in particolare la CO₂ è passata da circa 280 a quasi 370 ppmv (parti per milione in volume), il CH₄ da 700 a circa 1750 ppbv (parti per miliardo in volume) e il N₂O da 275 a circa 315 ppbv. Gli idrocarburi fluorurati e clorurati (CFC), che non esistevano fino a circa la metà del ventesimo secolo, sono cresciuti in modo talmente rapido in questi ultimi 50 anni che, oltre a costituire una minaccia aggiuntiva all'effetto serra naturale, hanno minacciato (e distrutto sopra l'Antartide) l'integrità della fascia di ozono stratosferico. Anche le concentrazioni di altri gas serra antropogenici, presenti in traccia nell'atmosfera, sono di pari passo aumentate. Molti di tali gas serra permangono lungamente nell'atmosfera (centinaia di anni), influenzando il clima per i secoli futuri.
- 2) L'attuale concentrazione di anidride carbonica in atmosfera è la più alta che si sia mai verificata negli ultimi 420 mila anni e molto probabilmente (le verifiche sono in corso) anche degli ultimi 20 milioni di anni. La velocità di crescita dell'anidride carbonica in at-

**le attività
umane
stanno
generando
un effetto
serra
aggiuntivo a
quello
naturale**

atmosfera (32% in 250 anni di cui ben 8% negli ultimi 20 anni) è il più alto tasso di crescita degli ultimi 20 mila anni. Il 70% circa dell'aumento di anidride carbonica in atmosfera è causato dalla combustione di combustibili fossili, il rimanente 30% è dovuto ad altre cause tra cui la deforestazione, l'uso del suolo e l'agricoltura.

- 3) Le concentrazioni atmosferiche di metano, che hanno avuto un tasso di crescita medio del 250% in 250 anni, pur continuando ad aumentare mostrano una flessione nel tasso di crescita di questi ultimi decenni, mentre gli idrocarburi alogenati (tra cui i famosi CFC), che avevano avuto una velocità di crescita delle loro concentrazioni atmosferiche molto sostenuta negli ultimi 50 anni, sono in fase di diminuzione, grazie anche all'attuazione del Protocollo di Montreal per la protezione dell'ozono stratosferico.
- 4) La distruzione, soprattutto nella fascia intertropicale, di boschi e foreste è cresciuta ad un ritmo vertiginoso: boschi e foreste, infatti, attraverso i processi di fotosintesi, sottraggono anidride carbonica dall'atmosfera e la trasformano in biomassa e, quindi, costituiscono di fatto la principale fonte di assorbimento e di riciclo dell'anidride carbonica atmosferica. Si valuta che negli anni più recenti, anche se ora sembra vi sia un certo rallentamento, sono state disboscate, ogni anno, superfici medie territoriali di estensione complessiva paragonabile a quella del territorio della Svizzera.
- 5) Il ritmo di trasformazione della superficie terrestre da parte degli esseri umani, sia a causa della crescita demografica, sia per lo sviluppo delle attività economiche e industriali, è in forte aumento e ciò è causa di variazione del bilancio energetico complessivo del sistema climatico. In particolare, l'intensa ed estesa urbanizzazione, che sta aumentando in modo vertiginoso soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, gli usi intensivi del suolo per l'agricoltura, l'inquinamento terrestre e marino e le altre attività umane sono stati, in quest'ultimo secolo, tali da aver modificato sia le capacità di assorbimento terrestre dell'energia solare incidente e le capacità di riflessione (albedo) verso lo spazio della radiazione solare, sia anche le capacità di emissione termica del suolo e di irraggiamento terrestre verso lo spazio.
- 6) Attualmente l'effetto riscaldante complessivo indotto come effetto serra "non naturale" è pari a circa $2,8 \text{ watt/m}^2$, di cui: anidride carbonica pari a $+1,5 \text{ watt/m}^2$; metano pari a $+0,5 \text{ watt/m}^2$; protossido di azoto pari a $+0,1 \text{ watt/m}^2$; idrocarburi alogenati pari a $+0,4 \text{ watt/m}^2$; ozono stratosferico pari a $-0,2 \text{ watt/m}^2$; ozono troposferico pari a $+0,4 \text{ watt/m}^2$; emissioni inquinanti da aerei di linea pari a $+0,1 \text{ watt/m}^2$ (il segno + indica riscaldamento, il segno - indica raffreddamento).
- 7) L'aumento degli aerosol troposferici e degli inquinanti urbani e industriali prodotti dall'uso di combustibili fossili, dalla combustione di biomasse e da altre fonti hanno prodotto, invece, una retroazione negativa, vale a dire una diminuzione dell'effetto serra, diminuzione che è, comunque, di modesta entità. Il contributo negativo all'effetto serra (raffreddamento) è pari complessivamente a circa $-0,3 \text{ watt/m}^2$, di cui $-0,5 \text{ watt/m}^2$ sono dovuti agli inquinanti atmosferici di origine antropica, $+0,2 \text{ watt/m}^2$ sono dovuti ad aerosol carboniosi (fuliggine, nerofumo, incombusti ecc.) e $-0,2 \text{ watt/m}^2$ ad altri tipi di aerosol atmosferici (il segno + indica effetto riscaldante, il segno - indica effetto raffreddante). L'inquinamento atmosferico e gli aerosol antropogenici hanno una vita media piuttosto breve nell'atmosfera, a differenza dei gas serra che hanno di norma una vita media

*la
distruzione
di boschi e
foreste è
cresciuta ad
un ritmo
vertiginoso*

molto lunga; pertanto, questo contributo negativo all'effetto serra varia velocemente in funzione degli aumenti o delle riduzioni delle relative emissioni.

- 8) Esistono altri fattori che fanno oscillare le precedenti valutazioni e sono legate alla variabilità dell'intensità della radiazione solare (che è risultata in aumento soprattutto nella prima parte del ventesimo secolo) ed alla variabilità dell'albedo terrestre globale (anche l'albedo complessiva terrestre è aumentata in quest'ultimo secolo). Poiché queste due variabilità, che sono dell'ordine del 10-20% dell'effetto serra "non naturale", tendono a compensarsi, non cambiano in definitiva i bilanci totali sopradetti. Di conseguenza tra effetto riscaldante dei gas di serra ed effetto raffreddante di inquinanti ed aerosol antropogenici, il risultato complessivo di riscaldamento globale dovuto alle attività umane è valutato attorno ai $2,5 \text{ watt/m}^2$, un valore che è all'incirca pari all'1% dell'effetto serra naturalmente presente nell'atmosfera terrestre.

**il
riscaldamento
globale è
dovuto
essenzialmente
all'aumento
delle
temperature
minime**

Le tendenze climatiche in atto a livello globale

I recenti studi sul sistema climatico hanno messo in evidenza che il clima del nostro pianeta sta subendo, soprattutto in questi ultimi decenni, alcuni cambiamenti che potrebbero portare, se le attuali tendenze di sviluppo socio-economico e di uso delle risorse naturali non venissero modificate, a variazioni profonde ed irreversibili sia dell'ambiente sia della stessa società umana nei prossimi 50-100 anni. Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e sulla base dei più recenti risultati acquisiti da IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) abbiamo il seguente quadro di variazioni accertate.

Cambiamenti della temperatura del pianeta

La temperatura media globale del nostro pianeta è aumentata di un valore compreso fra $0,4$ e $0,8 \text{ }^\circ\text{C}$ a partire dalla fine del 1800. I più rilevanti aumenti di temperatura sono avvenuti principalmente in due periodi:

- a) nel periodo compreso fra il 1910 ed il 1945;
- b) nel periodo attuale che va dal 1976 ai giorni nostri.

Il riscaldamento globale del primo periodo (1910-45) è stato concentrato, in modo molto marcato, soprattutto nella regione del nord Atlantico (inclusa Europa e nord America). In questa regione ha fatto però seguito, tra il 1946 ed il 1975, un persistente raffreddamento non riscontrato in altre parti del pianeta. Nel secondo periodo (tra il 1976 ed oggi) il maggior riscaldamento ha riguardato complessivamente tutto l'emisfero nord, ma in particolare le medie ed alte latitudini delle zone continentali. Il riscaldamento dell'emisfero sud si è manifestato, invece, in modo molto meno marcato. Tuttavia, complessivamente, il tasso di riscaldamento in quest'ultimo periodo è stato particolarmente elevato e pari a circa $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ per decennio. Se si analizzano in dettaglio gli andamenti delle temperature minime e massime (giornaliere, mensili ed annuali) si nota che il riscaldamento globale del nostro pianeta non era dovuto tanto all'aumento delle temperature massime, ma dovuto essenzialmente all'aumento delle temperature minime il cui tasso di crescita è stato doppio di quello delle temperature massime.

Scioglimento dei ghiacci

Per quanto riguarda i ghiacci della calotta antartica, non appare evidente alcuna correlazione tra aumento della temperatura globale e scioglimento dei ghiacci antartici, a partire dal 1970,

da quando cioè si hanno dati attendibili in proposito. I dati esistenti mostrano che i ghiacci antartici sono rimasti piuttosto stabili. Per quanto riguarda i ghiacci artici, invece, è stata notata una certa riduzione in questi ultimi decenni, una riduzione che ha interessato anche il ghiaccio marino delle alte latitudini. Infine, per quanto riguarda i ghiacciai delle medie latitudini la tendenza è una riduzione delle dimensioni e delle estensioni dei ghiacciai. Questa tendenza è particolarmente evidente nei ghiacciai alpini e in quelli delle catene montuose delle medie e basse latitudini dell'emisfero nord (Himalaia, Ande, Kilimangiaro ecc.).

Precipitazioni e siccità

Le precipitazioni, intese come precipitazioni totali annue, sono in aumento soprattutto nell'emisfero nord e particolarmente nelle regioni delle medie ed alte latitudini. Nell'emisfero sud, invece, non si notano variazioni significative, né si osservano tendenze in atto. Infine, nelle regioni subtropicali vi è una chiara tendenza alla diminuzione, tendenza che coinvolge anche le regioni limitrofe delle medie latitudini. In effetti, i fenomeni di aumento della siccità sono particolarmente evidenti nella regione del Sahel (dove a partire dal 1970 si è sempre di più aggravata), nell'Asia orientale e nel sud Africa. Aumento dei fenomeni siccitosi si sono avuti anche in aree limitrofe, quali la parte più estrema del sud Europa (Spagna, Italia meridionale, Grecia, Turchia) e la parte meridionale degli Stati Uniti. Tuttavia, in tutte queste aree, molti dei fenomeni siccitosi derivano anche dal comportamento anomalo di "el niño", di cui si parlerà successivamente.

Circolazione atmosferica ed oceanica

Esistono due fenomeni periodici e ricorrenti della circolazione atmosferica ed oceanica che negli ultimi decenni hanno subito delle modifiche: il fenomeno di ENSO (El Niño Southern Oscillation), detto più brevemente "el niño", ed il fenomeno della NAO (North Atlantic Oscillation). Per quanto riguarda "el niño", va rilevato che il suo comportamento è particolarmente insolito a partire dal 1970. Non sono ancora chiare le cause di tale insolito comportamento. In ogni caso si è osservato che sia la frequenza sia la intensità di "el niño" sono in aumento, mentre vi è una diminuzione (in frequenza ed intensità) dei fenomeni opposti di "la niña". Per quanto riguarda la NAO, pur essendo meno evidente di "el niño", va rilevato che essa è accoppiata con la circolazione delle correnti oceaniche del nord Atlantico e con la circolazione generale dell'atmosfera della zona artica. Tale accoppiamento in questi ultimi anni ha dato luogo con maggior evidenza ad un rafforzamento sia della ciclogenese dei cicloni extratropicali, sia delle correnti aeree, delle burrasche e dell'intensità dei venti associati alle perturbazioni meteorologiche di origine atlantica.

Eventi meteorologici estremi

In questo contesto è necessario distinguere tra precipitazioni estreme (piogge alluvionali), temperature estreme (sia calde sia fredde) e tempeste (quali cicloni, tornado ecc.). Per quanto riguarda le precipitazioni estreme, le valutazioni IPCC mostrano che nelle regioni del pianeta dove le precipitazioni totali annue sono in aumento, risultano in aumento anche la frequenza delle piogge a carattere alluvionale. In particolare, in queste zone le piogge tendono in generale ad avere una intensità maggiore e una durata minore. Tuttavia, ci sono anche delle eccezioni come le regioni dell'Asia orientale dove, pur essendo le precipitazioni totali annue in diminuzione, sono invece in aumento i fenomeni di precipitazioni estreme o a carattere alluvionale.

Per quanto riguarda le temperature estreme i dati attuali mostrano che non sembra esserci un aumento della frequenza delle temperature massime (estremi di caldo) ma appare, in-

le precipitazioni sono in aumento soprattutto nell'emisfero nord

vece, evidente una diminuzione della frequenza delle temperature minime (estremi di freddo). Ciò, comunque, non esclude il fatto che, indipendentemente dalla frequenza, i singoli picchi di caldo o di freddo possano talvolta raggiungere anche valori record. Infine, un discorso a parte va fatto per le tempeste. A livello globale non appare evidente che in questi ultimi decenni vi siano stati aumenti nella frequenza dei cicloni tropicali (e delle tempeste ad essi associati: gli uragani, i tifoni, i tornado ecc.), né nella frequenza di quelli extratropicali, anche se i danni derivanti da tali tempeste appaiono in aumento. Pertanto, pur non essendo variata la frequenza, sembrerebbe aumentata l'intensità o la violenza di tali tempeste. Tuttavia, non essendo disponibili informazioni complete e attendibili sulla intensità di questi eventi estremi, non è del tutto certo se i maggiori danni siano dovuti ad una aumentata intensità a parità di frequenza oppure ad una aumentata, per le zone colpite, vulnerabilità ambientale e territoriale, a parità di intensità. Se si analizzano i fenomeni a livello regionale si osserva che:

- a) il fenomeno di "el niño" ha portato ad un aumento della frequenza e dell'intensità dei cicloni tropicali originati sul Pacifico e ad una diminuzione dei cicloni extratropicali generati sull'Atlantico per gli anni successivi al 1970 e fino ai nostri giorni;
- b) la frequenza e l'intensità dei cicloni di origine atlantica è oscillante (periodi in cui appare un aumento, alternati a periodi in cui appare una diminuzione), a seconda dei decenni oggetto di osservazioni, ma sul lungo periodo non si osservano tendenze certe;
- c) la frequenza e l'intensità dei cicloni originati sull'Oceano Indiano è molto variabile senza alcuna tendenza né all'aumento, né alla diminuzione.

**una
tendenza al
progressivo
aumento dei
processi di
aridità**

Le tendenze climatiche in atto in Italia

L'Italia dispone di un rilevante patrimonio di documentazione storica sulle caratteristiche meteorologiche di molte località italiane. Dati ed informazioni, opportunamente interpretate ed elaborate hanno permesso di realizzare un quadro dell'evoluzione del clima e valutare i cambiamenti in atto in una prospettiva di lungo periodo. Le serie secolari più lunghe ed affidabili (1865-2000) provengono dalle stazioni UCEA e dai Servizi Idrografici, mentre quelle decennali (1951-2000) rilevate secondo gli "standard" internazionali della World Meteorological Organization sono dell'Aeronautica Militare.

Variazioni di temperatura in Italia

Le analisi delle serie storiche italiane, che sono circa 40, relative al periodo 1865-1996 indicano che:

- le temperature massime e minime mensili sono aumentate in modo diverso nelle diverse regioni, ma soprattutto fra Italia settentrionale ed Italia centro-meridionale;
- la temperatura massima è aumentata nel periodo di osservazione (1865-2000) di circa 0,6 °C nelle regioni del nord Italia e di 0,8 °C nelle regioni del centro-sud;
- la temperatura minima è aumentata di circa 0,4°C nelle regioni del nord e 0,7° nel centro-sud;
- l'inverno è la stagione nella quale le temperature massime e minime sono aumentate maggiormente in tutte le regioni italiane.
- per le regioni dell'Italia centro-meridionale, a partire dal 1930, si riscontra inoltre una tendenza al progressivo aumento della evapotraspirazione e, di conseguenza, dei processi di aridità, a causa della concomitanza sia dell'incremento delle temperature, sia della progressiva riduzione delle precipitazioni, anche se le informazioni sulle precipitazioni sono da ritenersi meno affidabili nel periodo compreso fra il 1930 ed il 1950.

Il quadro generale degli andamenti delle temperature osservate in Italia mostra caratteristiche analoghe a quelle medie osservate a livello globale, ma con accentuazione dei fenomeni di riscaldamento e dei processi di aridità per le regioni centro-meridionali.

Variazioni di precipitazioni in Italia

Le serie storiche italiane più affidabili in questo campo non risalgono al secolo scorso, come nel caso della temperatura, ma sono più recenti e riguardano settantacinque serie di precipitazioni giornaliere relative al periodo dal 1951-1996, dalle quali si evidenzia che in questi ultimi 50 anni circa:

- le precipitazioni totali sono diminuite in tutto il territorio nazionale con maggiori riduzioni nelle regioni centro-meridionali, rispetto a quelle settentrionali;
- il numero complessivo dei giorni di pioggia in tutto il territorio nazionale è diminuito di circa 14% senza significative variazioni fra regioni settentrionali e regioni centro-meridionali;
- a livello stagionale si riscontra, in generale e per tutte le regioni, che la riduzione dei giorni di pioggia è molto più elevata nella stagione invernale rispetto alle altre stagioni;
- a livello stagionale si riscontra inoltre una tendenza, generale e per tutte le regioni, all'aumento dell'intensità delle precipitazioni e ad una diminuzione della loro durata;
- l'aumento dei fenomeni siccitosi riguarda tutte le regioni italiane, ma la persistenza dei periodi di siccità è diversamente distribuita: nelle regioni settentrionali la persistenza è maggiore in inverno, mentre nelle regioni meridionali la persistenza è maggiore in estate.

Gli andamenti osservati in Italia sono solo parzialmente analoghi con gli andamenti osservati a livello globale. Ciò è dovuto alla particolare climatologia della regione mediterranea e all'evoluzione a più grande scala che sta subendo tale climatologia. Infatti, gli studi in corso mostrano una variazione della frequenza e della persistenza dei cicloni extratropicali sul bacino del Mediterraneo ed una accelerazione della velocità e della intensità del ciclo idrologico complessivo mediterraneo.

Variazione del livello del mare

Quantunque a livello globale, a partire dal 1900, il livello medio del mare è andato progressivamente aumentando (circa 0,2 mm/anno) con un'accentuazione della crescita in questi ultimi anni (circa 0,7 mm/anno), tuttavia il mar Mediterraneo (e quindi anche i mari italiani), presenta comportamenti anomali rispetto agli oceani. Dopo una fase iniziale di innalzamento progressivo del livello, analogo a quello osservato a livello globale, sono apparse anomalie nei tassi di crescita, particolarmente evidenti negli ultimi 30 anni, ma soprattutto in questi ultimi 15 anni durante i quali il livello marino è rimasto stazionario o ha mostrato addirittura sintomi di diminuzione. Questo andamento recente, se paragonato con quello della media degli oceani implicherebbe necessariamente la formazione in atto di una sorta di "scalino" che dovrebbe formarsi presso lo stretto di Gibilterra e che gli studi in corso stanno cercando di verificare e spiegare. Attualmente le ipotesi in esame sono le seguenti:

- il livello del mar Mediterraneo non cresce come quello degli oceani a causa delle anomalie nella dinamica dell'atmosfera, che hanno colpito in modo particolare il Mediterraneo: infatti, poiché è variata la frequenza e l'intensità dei cicloni extra tropicali e sono aumentate in numero ed intensità le situazioni anticicloniche sul Mediterraneo (alte pressioni), la pressione atmosferica sulla superficie del mare è mediamente più alta, e questo comporterebbe, per un mare chiuso come il mediterraneo uno "schacciamento" non trascurabile verso il basso della superficie marina stessa;

*il livello del
Mar
Mediterraneo
non cresce
come quello
degli oceani*

- il livello del Mar Mediterraneo non cresce come quello degli oceani a causa delle anomalie del ciclo idrologico complessivo del bacino mediterraneo: infatti, da una parte è aumentata l'evaporazione delle acque mediterranee (a causa del riscaldamento globale) e dall'altra è diminuito l'apporto idrico dei fiumi e delle acque interne (a causa della riduzione delle precipitazioni): tutto ciò porta sia ad una crescita della salinità del Mediterraneo, sia ad una diminuzione del livello marino. Gli apporti di acqua atlantica attraverso lo stretto di Gibilterra non riescono a compensare le perdite per evaporazione e minor apporto fluviale, perché la maggior acqua salata presente nel Mediterraneo, e che dal Mediterraneo tende a riversarsi nell'Atlantico (acqua più pesante), impedirebbe all'acqua atlantica meno salata (e più leggera) di penetrare attraverso la sezione, alquanto angusta, dello stretto di Gibilterra nel Mediterraneo a flussi sufficienti per compensare le perdite.

Risorse idriche

situazione idrica di crescente criticità nel Sud Italia e isole

Le stime più recenti (campagne di studio della Conferenza Nazionale delle Acque) valutano che l'apporto complessivo delle piogge sul territorio nazionale è di circa 300 miliardi di metri cubi per anno e si distribuisce in modo disomogeneo fra nord (41%), centro (26%), sud (20%) ed isole (6%). L'evapotraspirazione riduce drasticamente questo apporto tanto che la risorsa netta effettivamente disponibile viene stimata essere di poco superiore ai 50 miliardi di metri cubi per anno suddivisa in acque sotterranee (per circa 10-25%) e acque superficiali (75-90%): un quarto circa delle acque superficiali viene raccolta in invasi naturali ed artificiali.

Gli utilizzatori delle risorse idriche disponibili sono fondamentalmente le regioni settentrionali (per il 65%), mentre le regioni centrali e meridionali ne hanno a disposizione molto meno (il 35%). Il principale consumatore di acqua in tutte le regioni è il settore agricolo, le cui esigenze vengono soddisfatte al nord utilizzando direttamente le acque superficiali, mentre al sud e nelle isole utilizzando soprattutto gli invasi artificiali. L'uso potabile ai fini civili viene soddisfatto utilizzando prevalentemente acque sotterranee ma al sud acquista importanza fondamentale l'uso delle acque di invasi artificiali. Questo bilancio idrologico, tracciato a grandi linee, sta subendo delle modifiche perché gli apporti complessivi che vengono dalle precipitazioni meteoriche mostrano la tendenza alla diminuzione, più accentuata nell'Italia meridionale rispetto al nord Italia, mentre gli utilizzi dell'acqua da parte delle attività umane sono in costante aumento, con una situazione di crescente criticità nelle regioni meridionali e nelle isole.

Variatione qualità dei suoli e rischio desertificazione

Le analisi complessive sui suoli della regione mediterranea mostrano che molte delle aree più meridionali dell'Europa e gran parte di quelle del nord Africa sono, già da tempo, soggette ad una crescente pressione antropica sulle risorse naturali, alla quale si aggiungono ora anche i cambiamenti del clima: tutto ciò sta determinando una riduzione della produttività biologica ed agricola e ad una progressiva perdita di biodiversità degli ecosistemi naturali. In Italia, il fenomeno è particolarmente evidente nelle regioni meridionali ed insulari, dove l'aridità dei suoli è aumentata a partire dal 1900, ma soprattutto in questi ultimi decenni, sia in termini di estensione delle aree interessate, sia in termini di intensità.

Le aree aride, semi-aride e sub-umide secche, che si trasformano poi in aree degradate, interessano attualmente il 47% della Sicilia, il 31,2% della Sardegna, il 60% della Puglia, ed il 54% della Basilicata. Tuttavia, al degrado del suolo hanno contribuito anche le modalità di uso del suolo ed i cambiamenti di uso del suolo, come ad esempio politiche a sostegno

dell'agricoltura non sempre adatte alle specificità territoriali, l'impiego irriguo di risorse idriche non sempre idonee, il disboscamento e la crescita degli incendi boschivi, la concentrazione dell'urbanizzazione nelle aree costiere. Fattori derivanti da cambiamento del clima e fattori di origine antropica hanno complessivamente innescato alcuni processi che sono stati identificati come principale causa del degrado del suolo italiano, e di rischio di desertificazione nell'Italia meridionale; tali processi sono: l'erosione, la salinizzazione, la perdita di sostanza organica e l'impermeabilizzazione.

Gli scenari futuri per l'Europa e il Mediterraneo

Le valutazioni degli scenari di cambiamento climatico e di conseguenze dei cambiamenti climatici in Europa ed in particolare nell'area mediterranea non sono allo stato attuale delle conoscenze, abbastanza dettagliate da renderle sicuramente affidabili, essendo affette da errori che dipendono sia dai modelli e dalle metodologie utilizzate sia dagli scenari di evoluzione dello sviluppo socio economico e delle emissioni antropiche di gas di serra.

Tenendo conto delle incertezze, vengono di seguito riportate le tendenze future più probabili in relazione alla sensibilità dei sistemi ambientali e socioeconomici europei ed alle capacità di adattamento di tali sistemi alle variazioni climatiche.

L'Europa ed in particolare l'area mediterranea sia a causa della complessità dei sistemi ambientali, umani, sociali ed infrastrutturali, sia a causa della peculiarità delle caratteristiche degli ecosistemi naturali e del patrimonio storico, artistico e culturale, possiede già attualmente una vulnerabilità accentuata verso gli eventi estremi non solo di tipo meteorologico (alluvioni, inondazioni, siccità ecc.), ma anche di tipo naturale (terremoti, stabilità geologica ed idrogeologica ecc.). I futuri cambiamenti climatici prevedibili modificheranno tale vulnerabilità e porteranno conseguenze che, rispetto alla situazione attuale, in alcuni casi si aggraveranno, in altri si attenueranno.

I problemi prioritari che dovranno affrontare i Paesi dell'Europa meridionale, ed in particolare i Paesi del Mediterraneo, sono così sintetizzabili:

- a) gli eventi meteorologici ed idrologici estremi ed in particolare la differenza fra abbondanza e scarsità d'acqua fra nord e sud Europa e, per l'Italia, fra nord e sud Italia. Questo problema non è semplicemente una questione di bilancio idrologico, ma ha profonde implicazioni sull'agricoltura, la produzione industriale, l'urbanizzazione, il turismo, la salute e non ultimo il settore assicurativo;
- b) lo spostamento verso nord di tutti i sistemi ecologici ed ambientali naturali che potrebbe portare a profonde modifiche, anche del paesaggio, in tutta Europa con effetti positivi nel nord Europa ed effetti negativi nel sud Europa ed in Italia, soprattutto nei settori dell'agricoltura, del turismo e tempo libero, nel settore residenziale;
- c) le ripercussioni secondarie connesse con le conseguenze dei cambiamenti climatici, quali la perdita della biodiversità e i rischi di desertificazione che interesserebbero soprattutto il sud Europa e l'area mediterranea. Ripercussioni non trascurabili si avrebbero anche nel campo economico a causa delle modifiche delle opportunità di sviluppo per i vari Paesi europei, ma anche fra le varie regioni italiane, soprattutto per quanto riguarda le iniziative economiche, l'occupazione e la distribuzione della ricchezza, opportunità che, a loro volta, coinvolgerebbero anche problemi di equità fra le popolazioni europee.

Per quanto riguarda i possibili cambiamenti, la situazione che si prospetterebbe viene qui di seguito sintetizzata in dettaglio in relazione ai vari fattori climatici ed ai principali impatti prevedibili.

**vulnerabilità
accentuata
verso gli
eventi
estremi
meteorologici
e naturali**

Temperatura

La temperatura media annuale tenderà a crescere ad un ritmo compreso fra 0,1° e 0,4 °C per decennio e tale crescita risulterà più marcata sull'Europa nord orientale (in particolare la penisola scandinava e la Russia occidentale) e sul Mediterraneo (in particolare Spagna, Italia e Grecia), ma meno marcata nell'Europa nord occidentale (in particolare: isole britanniche e Francia). A livello stagionale, invece, il riscaldamento invernale sarà più accentuato lungo una direzione ovest-est che va dall'Europa centrale a quella orientale (dalla Francia alla Russia), mentre il riscaldamento estivo sarà più marcato lungo una direzione nord sud che va dalla Scandinavia all'Italia. Inoltre tenderà a diminuire sia la lunghezza della stagione invernale, sia la frequenza degli estremi di freddo in inverno. Viceversa, tenderà ad aumentare sia la lunghezza della stagione estiva, sia la frequenza degli estremi di caldo in estate.

Precipitazioni

L'andamento generale previsto per le precipitazioni annue future mostra:

- un aumento delle precipitazioni ad un ritmo compreso fra 1 e 2% per decennio per quanto riguarda il nord Europa;
- una diminuzione delle precipitazioni ad un ritmo pari a circa 1% per decennio per quanto riguarda il sud Europa ed in particolare l'area mediterranea;
- un carattere ambiguo per quanto riguarda il centro Europa ed in particolare l'area compresa fra Francia ed Ungheria.

L'andamento stagionale delle precipitazioni mostra una differenziazione ancor più marcata nelle varie regioni europee. In particolare:

- la maggior parte dell'Europa diventerà più piovosa in inverno (ad eccezione dei Balcani e della Turchia che viceversa diventano più secchi) e più secca in estate (ad eccezione della Scandinavia che viceversa diventa più piovosa);
- in inverno la maggiore piovosità si concentrerà soprattutto lungo le zone prospicienti l'asse centrale europeo che va da ovest ad est (dalla Francia alla Russia);
- in estate invece si manifesterà un forte gradiente lungo un asse nord-sud (dalla Scandinavia all'Italia) con forte aumento siccità nell'area mediterranea (diminuzione delle piogge estive del 5% per decennio), e con un discreto aumento delle precipitazioni nel nord Europa (aumento delle piogge del 2% per decennio).

Eventi estremi

La previsione dell'intensità e della frequenza futura degli eventi meteorologici estremi è molto difficile ed i risultati vanno considerati come indicativi. È quindi molto probabile che aumenti sia la frequenza che l'intensità di molti fenomeni estremi ed in particolare:

- delle onde di calore in estate su tutta l'Europa;
- delle precipitazioni estreme (alluvioni) su tutta l'Europa, soprattutto d'inverno;
- della mancanza prolungata di precipitazioni (siccità) sull'Europa meridionale, soprattutto d'estate.

Il probabile aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorologici estremi porterà ad un aumento dei danni economici e sociali sulle strutture ed infrastrutture residenziali e produttive, la cui entità dipende sia dalla vulnerabilità delle singole strutture ed infrastrutture, sia dalla vulnerabilità ambientale e territoriale complessivamente esistente. La crescita di eventi estremi, potrebbe incidere anche direttamente sulle attività produttive modificando le opportunità di alcuni mercati e la domanda di alcuni prodotti.

*probabile
aumento
degli eventi
meteorologici
estremi*

Risorse idriche

L'attuale pressione antropica sulle risorse idriche, ed in particolare il loro uso e la loro gestione, tenderà a diventare più acuta con i cambiamenti climatici. I rischi da alluvioni e da inondazioni tenderanno ad aumentare, e aumenteranno anche i rischi di disponibilità di adeguate risorse idriche, in particolare nel sud Europa e nell'area mediterranea. I cambiamenti climatici tenderanno ad aumentare le differenze tra nord e sud Europa (eccesso di acqua nel nord Europa, mancanza d'acqua nel sud Europa).

La qualità dei suoli

La qualità dei suoli tenderà a deteriorarsi in tutta l'Europa. In particolare, nel nord Europa il deterioramento potrà essere provocato principalmente dal maggior dilavamento dei suoli a causa della crescita delle precipitazioni e dei maggiori rischi di alluvione, mentre nel sud Europa, al contrario, il deterioramento potrà essere provocato dal degrado dei suoli da erosione e perdita di nutrienti a causa dalla diminuzione delle precipitazioni e dai maggiori rischi di siccità. Il degrado a sua volta accrescerà il rischio di desertificazione. Con l'aumento della temperatura saranno probabili fenomeni di deglaciazione in alta montagna. I suoli, ma soprattutto i pendii e versanti liberi da ghiacci perenni, saranno più soggetti a processi franosi.

Ecosistemi

L'aumento della temperatura media e la crescita delle concentrazioni di anidride carbonica in atmosfera sono in grado di cambiare gli equilibri degli ecosistemi naturali con modifiche anche nel paesaggio. Pertanto, la vegetazione e gli ecosistemi naturali più tipici dell'area mediterranea tenderanno a spostarsi verso il centro Europa, così come le foreste di conifere e quelle tipiche boreali delle medie latitudini potrebbero prendere il posto della tundra, presente attualmente alle più alte latitudini dell'Europa.

Nell'area mediterranea, invece, tenderanno sia ad aumentare gli incendi boschivi, sia a crescere i rischi di perdita degli ecosistemi e della biodiversità attuale. Le conseguenze si ripercuoteranno anche sulla fauna e soprattutto su quella migratoria.

Si valuta che complessivamente la produttività primaria tenderà a crescere (maggiore presenza di biomassa), ma, salvo una fase transiente (espansione verso nord delle foreste), non cresceranno le riserve complessive di carbonio (*carbon sinks and carbon stocks*).

Agricoltura

L'aumento di anidride carbonica in atmosfera tenderà ad aumentare la produttività agricola soprattutto del nord e del centro Europa. Nel sud Europa, invece, la riduzione della disponibilità d'acqua e l'aumento della temperatura tenderanno a portare, invece, ad un effetto opposto. Complessivamente, l'Europa non subirebbe modifiche significative nella produttività agricola totale, ma solo una sua diversa distribuzione. Infatti, dai cambiamenti climatici il nord Europa riceverebbe degli effetti positivi, mentre il sud Europa degli effetti negativi, che tenderebbero complessivamente a bilanciarsi.

Foreste

La risposta delle foreste ai cambiamenti climatici presenterà due tendenze opposte, una di diminuzione del patrimonio forestale causata dalla riduzione della disponibilità idrica nelle aree del sud Europa e del Mediterraneo, e l'altra di espansione della flora arborea e di allungamento del periodo vegetativo nel nord Europa, dove ci saranno più favorevoli condizioni di temperatura ed umidità dei suoli, oltre alla maggiore disponibilità di anidride carbonica per la fotosintesi.

gli ecosistemi naturali mediterranei tenderanno a spostarsi verso il centro Europa

Che cos'è il clima

Il "clima" nell'opinione pubblica è percepito come una serie di statistiche meteorologiche. In realtà, il clima è l'equilibrio energetico tra il flusso totale di energia entrante sul nostro pianeta, che è quasi totalmente l'energia solare, ed il flusso totale di energia uscente dal nostro pianeta, che è in parte radiazione solare riflessa dall'atmosfera, dal suolo e dalle nubi, ed in parte energia emessa o irraggiata dalla terra nel suo insieme. Prima di essere riemessa verso lo spazio, l'energia solare viene anche trasformata (per esempio: in calore e dinamica dell'atmosfera, dagli oceani) e rielaborata in varie forme (comprese le forme organiche). Pertanto, il clima è l'equilibrio di un sistema (detto sistema climatico) costituito dalle seguenti componenti: atmosfera, oceano, biosfera e geosfera (inclusa la criosfera ed i sistemi idrogeologici continentali). Tali componenti interagiscono incessantemente fra loro scambiandosi flussi di calore, flussi di energia, e flussi di materia attraverso due cicli fondamentali: quello dell'acqua e quello del carbonio. L'equilibrio a scala globale costituisce il clima globale, l'equilibrio a scala regionale o locale costituisce rispettivamente il clima regionale o locale. Attualmente, le attività umane sono capaci di modificare le capacità di assorbimento o di emissione dei flussi energetici e quindi sono in grado di modificare il clima.

Che cosa sono vulnerabilità e resilienza ai cambiamenti del clima

La vulnerabilità è la potenzialità o la possibilità che un determinato sistema (ambientale o umano) possa essere danneggiato rispetto ad una variazione del clima, possibilità determinata dall'incapacità di tollerare quella variazione. Ciò porta come conseguenza a modifiche anche irreversibili e a danni, la cui entità dipende dalla sensibilità ai cambiamenti del clima del sistema suddetto. La resilienza, invece, è la potenzialità o la possibilità che un determinato sistema possa resistere ad un danno, possibilità determinata dalle sue proprie capacità di elasticità o di recupero rispetto alla variazione del clima, la resilienza è, quindi, l'opposto della vulnerabilità. Vulnerabilità e resilienza rappresentano, infatti, le due facce di una stessa medaglia.

Che cosa è l'adattamento ai cambiamenti del clima

L'adattamento rappresenta gli aggiustamenti che i sistemi naturali e quelli umani effettuano, o sono in grado di effettuare, in relazione ad una variazione del clima, al fine di riequilibrarsi alle mutate condizioni, o agli effetti di tali mutate condizioni. Si tratta di aggiustamenti, che da una parte tendono a minimizzare le conseguenze negative della variazione climatica e, dall'altra parte, a sfruttare le opportunità positive di tale variazione, aggiustamenti che nei sistemi ambientali naturali, in assenza di intervento umano, sono per lo più di tipo omeostatico. L'adattamento dipende dalle intrinseche capacità che i sistemi considerati hanno di raggiungere un nuovo equilibrio più o meno analogo al precedente, ma adeguato alla nuova situazione. Le capacità di adattamento sono tanto maggiori quanto maggiore è la resilienza del sistema considerato (o quanto minore è la sua vulnerabilità), e sono tanto maggiori quanto minore è la sensibilità di tale sistema alla variazione del clima. Di conseguenza, aumentare o favorire l'adattamento di un sistema ai cambiamenti climatici significa prioritariamente diminuire la vulnerabilità di tale sistema agli stessi.

Nell'area mediterranea, ed in particolare nel sud Italia, in gran parte di Spagna, Grecia e Turchia, l'aumento previsto dell'aridità renderà le foreste più vulnerabili ai fattori di disturbo biotici (attacchi batterici, parassitari ecc.) ed abiotici (siccità, incendi ecc.) riducendone la resistenza e soprattutto compromettendone la resilienza. Ciò comporterà, in tali aree, anche una perdita di habitat e quindi di biodiversità.

Benessere umano

L'aumento della temperatura tenderà a modificare anche l'uso del tempo libero della popolazione ed in particolare tenderà a stimolare maggiori attività turistiche e ricreative all'aria aperta nel nord Europa ed a ridurle, invece, nel sud Europa. Nell'area mediterranea in particolare, le più frequenti ondate di calore e di siccità, insieme alla minore dispo-

nibilità di acqua, potrebbero modificare le attuali abitudini turistiche concentrate soprattutto in estate, così come il minor innevamento e la progressiva ritirata dei ghiacciai potrebbe modificare e ridurre l'abituale turismo invernale alpino.

Ambiente marino-costiero

L'aumento del livello del mare comporterà maggiori rischi per le zone costiere europee del mediterraneo. In particolare, si valuta che i maggiori problemi siano nella perdita di zone umide alla foce dei fiumi, nell'invasione di acqua salata nelle falde costiere di acqua dolce con conseguenze sull'agricoltura e sulla disponibilità di acqua dolce, ed infine, nella maggiore e più rapida erosione delle spiagge basse e delle spiagge ottenute con opere di difesa idraulica delle coste o di zone bonificate. Nell'Europa settentrionale, le zone costiere più esposte a rischio di inondazione sarebbero quelle del mar Baltico ed in particolare della Polonia.

Problemi di maggiore criticità per l'Italia

Gli scenari futuri di cambiamento climatico per l'Europa ed il Mediterraneo, sopra descritti, contengono le indicazioni sui possibili impatti che riguardano anche l'Italia nel contesto dell'area mediterranea e del sud Europa. Tuttavia, sono da evidenziare alcuni problemi critici che si porranno in Italia a seguito dei prevedibili cambiamenti climatici, problemi che riguardano soprattutto le conseguenze sull'ambiente marino costiero in relazione all'innalzamento del livello del mare, le conseguenze sul suolo, ecosistemi ed agricoltura in relazione alle variazioni di temperatura, precipitazioni ed umidità e gli eventuali potenziali rischi aggiuntivi in relazione all'acutizzarsi di eventi estremi.

potrebbe modificarsi l'abituale turismo estivo e invernale

Innalzamento del livello del mare

All'innalzamento del livello del mare contribuiscono diverse cause, ma l'espansione termica degli oceani sarà la fondamentale causa di innalzamento del livello marino globale. Tuttavia, su base regionale l'innalzamento del livello del mare sarà diverso a seconda delle diverse regioni del globo. Nel Mediterraneo tale innalzamento dovrebbe essere contenuto, secondo IPCC, tra i 18 cm ed i 30 cm al 2090, senza ovviamente considerare i fattori di subsidenza naturale che sono diversi per le diverse zone costiere italiane.

Assumendo come riferimento le valutazioni IPCC e senza tener conto dei movimenti verticali del suolo a cui è soggetto per sua natura geologica il territorio italiano, risulterebbero a rischio inondazione circa 4.500 chilometri quadrati di aree costiere e pianure distribuite nel modo seguente:

- 25,4% nel nord dell'Italia (soprattutto alto Adriatico);
- 5,4% nell'Italia centrale (soprattutto medio Adriatico ed alcune zone del medio Tirreno);
- 62,6% nell'Italia meridionale (soprattutto Golfo di Manfredonia e zone del Golfo di Taranto);
- 6,6% in Sardegna (soprattutto zone della parte occidentale e meridionale).

Anche se per il momento l'area mediterranea non appare tra le più critiche per problemi di popolazioni a rischio di inondazione, è, comunque fra quelle mondiali a più alta vulnerabilità in termini di perdita di zone umide ed in particolare degli ecosistemi e della biodiversità marino-costiera.

Inoltre, l'invasione marina delle aree costiere basse e delle paludi costiere, accompagnata da minori capacità di ripascimento delle spiagge da parte dei detriti solidi dai fiumi (fiumi con portate medie più ridotte a causa della riduzione delle precipitazioni), accelera l'erosione delle coste, aumenta la salinità negli estuari e nei delta a causa dell'ingresso del

cuneo salino, produce una maggiore infiltrazione di acqua salata negli acquiferi della fascia litorale.

Le coste basse sarebbero in ogni caso maggiormente esposte alle inondazioni in caso di eventi meteorologici estremi accompagnati da forti mareggiate, che, tra l'altro, impediscono il deflusso dei fiumi nel mare, causando maggiori probabilità di straripamenti e di alluvioni. Va osservato, comunque, che i maggiori rischi valutati per l'Italia sono in realtà rischi aggiuntivi di quelli già esistenti a causa della attuale pressione antropica e dell'uso dei territori costieri. Infatti, almeno per quanto riguarda l'Italia, i cambiamenti climatici non tendono a creare nuovi rischi, ma tendono ad accentuare ed amplificare (con effetti talvolta non prevedibili) i rischi già esistenti derivanti dalla urbanizzazione, la produzione industriale, la pesca, il turismo, i trasporti marittimi ecc.

Secondo uno studio dell'ENEA, sono a possibile rischio di inondazione e/o erosione costiera non solo l'area veneziana e tutta la costa dell'alto Adriatico compresa grosso modo tra Monfalcone e Rimini, ma anche altre aree costiere quali quelle alla foce dei fiumi (Magra, Arno, Ombrone, Tevere, Volturno, Sele), quelle a carattere lagunare (Orbetello, laghi costieri di Lesina e Varano, stagno di Cagliari), coste particolarmente basse o già soggette ad erosione (costa prospiciente Piombino, tratti della costa pontina e del Tavoliere delle Puglie ecc.).

L'entità del rischio non è, comunque, lo stesso per tutte le coste sopra menzionate, ma è maggiore là dove esistono già problemi di subsidenza e problemi di erosione e di instabilità dei litorali, problemi che riguardano soprattutto l'alto Adriatico e l'alto Tirreno.

**anche
se irrigati,
i suoli
possono
degradare**

Suolo e agricoltura

Nell'Italia meridionale, già attualmente afflitta da scarsità di acqua e da problemi di degrado dei suoli a causa di molteplici fattori derivanti dalle attività antropiche e dall'uso del territorio, i cambiamenti climatici prevedibili indurranno ulteriori fattori di rischio inclusi i rischi di desertificazione per i quali sono in corso opportuni studi nell'ambito dell'Annesso IV della Convenzione per la lotta contro la desertificazione.

La possibilità di ulteriore degrado a causa dei cambiamenti climatici è legata alla concomitanza di due fattori che gli attuali scenari di cambiamento climatico non stimano con certezza ma indicano come probabili, e cioè: la diminuzione delle precipitazioni totali annue al di sotto della soglia di circa 600 mm/anno che, con temperature medie crescenti, implica un rischio permanente di aridificazione; l'estensione dei periodi di siccità per periodi prolungati di molti mesi, soprattutto se questo periodo coincide con il semestre caldo (evapotraspirazione molto alta e aridificazione acuta). Anche se irrigati, i suoli possono ugualmente degradare se le attività umane sul territorio (ed in primo luogo l'agricoltura) sono tali da indurre cambiamenti insostenibili nei terreni, ridurre la biodiversità e rendere non permanente qualsiasi tipo di equilibrio ecosistemico. Nell'Italia settentrionale, dove invece gli equilibri idrologici potrebbero essere cambiati per la maggiore disponibilità d'acqua, il problema del degrado è legato alle condizioni di maggior ruscellamento (o *run-off*) a cui sono sottoposti i suoli, ma soprattutto i pendii e le zone collinari.

Secondo le più recenti stime condotte da ENEA, l'incremento di temperatura media prevista da IPCC alle nostre latitudini potrà influenzare sia la vegetazione naturale sia le coltivazioni. In particolare, nell'Italia meridionale potrebbe prodursi un effetto particolarmente negativo sui sistemi locali, poiché sia la vegetazione sia i terreni si trovano già in un regime di disponibilità idrica marginale. Le regioni italiane settentrionali potrebbero avere invece maggiori problemi di franosità e di erosione da *run-off*, ma meno problemi sulla vegetazione complessiva. Ciò nonostante, terreni bassi nella zona del delta del Po potrebbero essere colpiti in maniera significativa da fenomeni di innalzamento del livello del mare e di

intrusioni di acque salmastre. In ogni caso, i previsti aumenti di temperatura e di variazione delle precipitazioni e gli effetti sul ciclo idrologico richiederanno cambiamenti di gestione in molte regioni.

Eventi estremi

Le tendenze previste da IPCC a livello globale avranno ripercussioni anche a livello nazionale. In particolare è possibile che aumenti la frequenza, ma soprattutto l'intensità di fenomeni estremi quali siccità, alluvioni ed di altri fenomeni meteorologici particolarmente violenti (come le trombe d'aria, le burrasche, i groppi ecc.).

Tuttavia alcuni di questi fenomeni estremi, quali le alluvioni, interesseranno maggiormente l'Italia settentrionale, mentre altri, quali la siccità, soprattutto il meridione d'Italia.

La recrudescenza soprattutto dell'intensità dei fenomeni estremi porterà come conseguenza ad una variazione, probabilmente significativa, degli esistenti rischi di catastrofi naturali e della vulnerabilità del territorio nazionale, la cui valutazione di dettaglio è attualmente soggetta ad attente analisi da parte dell'ENEA.

Bibliografia

ANTONIOLI F., 1999. Measuring Holocene sea-level rise in the Mediterranean, in state e pressure on Mediterranean Sea Environment. Joint report of the Topic Centre on Marine Coastal Environment. EEA – European Environment Agency.

ANTONIOLI F., SILenzi S., 2001. Sea Surface Temperature and Sea Level Variations in the Tyrrhenian Sea during the Last 2000 and 500 yr. Invited paper at Accademia dei Lincei. Workshop on "Global climate changes during the late quaternary".

ANTONIOLI F., LEONI G., MARGOTTINI C., 2001. The risk of sea flooding in 33 Italian coastal plains. Accademia dei Lincei. Workshop on "Global climate changes during the late quaternary", Roma 4-5 maggio 2001. Abstract volume.

BRUNETTI M., BUFFONI L., MAUGERI M., NANNI T., 2000c. "Precipitation intensity trends in northern Italy". *International Journal of Climatology* 20: 1017-1031.

BRUNETTI M., COLACINO M., MAUGERI M., NANNI T., 2001. "Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996". *International Journal of Climatology* 21: 299-316.

BRUNETTI M., MAUGERI M., NANNI T., 2000a. "Variations of temperature and precipitation in Italy from 1866 to 1995". *Theoretical and Applied Climatology* 65: 165-174.

BRUNETTI M., MAUGERI M., NANNI T., 2000b. "Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996". *Theoretical and Applied Climatology* 66: 49-60.

BRUNETTI M., MAUGERI M., NANNI T., NAVARRA A., 2002. "Droughts and extreme events in regional daily Italian precipitation series", *Int. J. Climatol.*, in press.

BUFFONI L., MAUGERI M., NANNI T., 1999. "Precipitation in Italy from 1833 to 1996". *Theoretical and Applied Climatology* 63: 33-40.

CAMINITI N. M., LA MALFA S. (a cura di), 2002. *Incontrare Johannesburg 2002. Rapporto ENEA sullo stato di attuazione del Patto per l'Energia e l'Ambiente*, ENEA.

CAMUFFO D., JONES P. (eds.), 2002. *Improved understanding of past climatic variability from early daily European instrumental sources*, Kluwer Academic Publisher.

CLINE W.R., 1992. *The Economics of Global Warming*. Institute of International Economics, Washington, DC.

COLACINO M., CONTE M., 1993. "Greenhouse effect and pressure pattern in the Mediterranean basin". *Il Nuovo Cimento*, 16C, 67-76.

COMITATO NAZIONALE PER LA LOTTA CONTRO LA DESERTIFICAZIONE – Comunicazione nazionale per la lotta alla siccità e alla desertificazione.

CORPO FORESTALE DELLO STATO (MIPAF) – Rapporto sulla salute delle foreste italiane 2001.

EASTERLING W.E., CROSSON P.R., ROSENBERG N.J., MCKENNEY M.S., KATZ L.A., LEMON K.M., 1993. "Agricultural impacts of and responses to climate change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas (MINK) region". *Climatic Change* 24(1/2) 23-62.

ENEA, 2003. Terza Comunicazione Nazionale dell'Italia alle Nazioni Unite (UNFCCC), Capitolo 6, Ministero dell'Ambiente e del Territorio, Roma.

ENEA FEEM, 2003. La risposta al cambiamento climatico in Italia, Rapporto ENEA-Ministero Ambiente e Territorio, Roma.

EUROPEAN COMMISSION, 1999. Weather Impacts on Natural, Social and Economic Systems (WISE), DG XII (Environment and Climate Research Programme) - Framework IV.

*in molte
regioni
saranno
necessari
cambiamenti
di gestione
del territorio*

- EUROPEAN COMMISSION (ongoing) Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health in Europe (cCASHh), DG Research Environment and Sustainable Development Programme), Framework V.
- FANKHAUSER S., 1995. Valuing Climate Change. The Economics of the Greenhouse, Earthscan, London.
- FANKHAUSER S., SMITH J.B., TOL R.S.J., 1999. "Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions", *Ecological Economics* 30, 67-78.
- FEENSTRA J.F., BURTON I., SMITH J.B., TOL R.S.J. (eds.), 1998. *Handbook on Methods of Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*, pp. 4.1-4.20, United Nations Environment Programme and Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Nairobi and Amsterdam.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, New York.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, New York.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001. *Climate Change 2001: Mitigation*, Cambridge University Press, New York.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1998. *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*, Cambridge University Press, New York.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1996. *Impacts, adaptation and mitigation of climate change: scientific-technical analyses*, IPCC-WG2, Cambridge Univ. Press, pp. 773-797.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1995. *Radiative Forcing of Climate Change: An Evaluation of the Emission Scenarios*, Geneva.
- LAMBECK K., BARD E., 2000. "Sea-level change along the French Mediterranean coast since the time of the Last Glacial Maximum". *Earth Planetary Science Letter* 175 (3-4), 202-222.
- LAMBECK K., JOHNSTON P., 1995. "Land subsidence and sea-level change: contributions from the melting of the last great ice sheets and the isostatic adjustment of the Earth". In: BARENDIS F.J., BROUWER F.J.J., SCHRODER F.H. (eds.), *Land Subsidence. Proc. Fifth Int. Symp. Land Subsidence*, The Hague, 16-20 October 1995. Rotterdam, 3-18.
- LAMBECK K., CHAPPEL J., 2001. "Sea level change through the last glacial cycle", *Science*, 292, 679-686.
- MAUGERI M., BAGNATI Z., BRUNETTI M., NANNI T., 2001. "Trends in Italian total cloud amount, 1951-1996", *Geophys. Res. Lett.*, 28, 4551-4554.
- MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA, Programma Nazionale della Ricerca – Approvato dal CIPE il 21.12.00.
- MOBERG A., JONES P.D., BERGSTROM H., CAMUFFO D., COCHEO C., DAVIES T.D., DEMARÉE G., MAUGERI M., MARTIN-VIDE J., VERHOEVE, T., 2000. "Day-to-day Temperature Variability Trends in 160- to 275-year-long European Instrumental Records". *J. Geophys. Res. – Atmospheres*, Vol 105: D18, 22849-22868.
- NAVARRA A. (a cura di). Linee Guida del Piano Nazionale di Ricerca per la Protezione del Clima, Ministero dell'Ambiente, 1998.
- NICHOLIS R.J., HOOZEMANS F.M.J., MARCHNAD M., 1999. "Increasing flood risk and wetland losses due to sea level rise". *Global Environmental Change*, n. 9, pp. 69-87).
- PFISTER C., BRAZDIL R., GLASER, R., BARRIENDOS M., CAMUFFO D., DEUTSCH, M., DOBROVOLNY P., ENZI S., GUIDOBONI E., KOTYZA O., MILITZER S., RACZ L., RODRIGO F.S., 1999. "Documentary Evidence on Climate in the Sixteenth-Century Europe". Special Issue: Climatic Variability in Sixteenth-Century Europe and Its Social Dimensions, *Climatic Change*, 43:1, 55-110.
- PIRAZZOLI P.A., 1997. *Sea-Level Changes, the last 20.000 years*. Wiley, 211 p.
- PIRAZZOLI P.A., TOMASIN A., 2000. "L'evoluzione Recente delle cause meteorologiche dell'acqua alta". *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, CLVII, 317-342.
- PIRAZZOLI P.A., 1993. "Global sea-level changes and their measurement". *Global and Planetary Changes*, 8 135-148.
- SCIORTINO M. ET AL., 2000. "La lotta alla desertificazione in Italia e nel bacino del Mediterraneo", in *Complessità e sviluppo*, ENEA 2000, pp. 37-46.
- SHIMEL D.S. ET AL., 1996. The global carbon cycle, IPCC-SR, Cambridge Univ. Press, pp. 76-86.
- VALENTINI R. ET AL., 2000. "Accounting for carbon sinks in the biosphere", in *European Perspective*, Horhold, Jena.

La risonanza magnetica nella caratterizzazione chimica di materiali di riferimento

VINCENZO ALTAMURA
MARIA ANTONIETTA BIANCIFIORI
FRANCESCO INTROCASO
RAFFAELE LAMANNA
MARIA LUCIA MIGLIETTA
ILARIO PISCIONERI

ENEA
UTS Biotecnologie,
Protezione della Salute
e degli Ecosistemi

Analisi delle potenzialità della spettroscopia di risonanza magnetica nucleare come tecnica analitica per la valutazione dell'omogeneità e per la caratterizzazione di materiali di riferimento a matrice alimentare

studi & ricerche

Using **magnetic resonance** for the chemical characterisation of **reference materials**

Abstract

This paper describes the preparation of reference materials and methods for evaluating their homogeneity. It outlines the procedure used at ENEA's Trisaia Research Center to produce a tomato-based Reference Material, and analyses the potential of Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy as an analytic technique for characterising and evaluating the homogeneity of food-based reference materials.

Four analytes with well-resolved resonance lines (α-glucose, β-glucose, citric acid and lactic acid) were chosen as representative of the matrix and used to evaluate the variability of the analytic method and the homogeneity of the material produced.

Misure e materiali di riferimento

La misura

È grandissima, nella società attuale, l'importanza economica e sociale delle attività legate alla misura: quasi tutti i segmenti dell'economia, infatti, ne sono in vario modo influenzati.

Nei processi produttivi, le tecniche di misura acquisiscono un peso sempre maggiore, in quanto la crescente complessità delle nuove tecnologie e l'introduzione dell'automazione anche nei comparti maturi richiedono metodi di misura e di controllo sempre più sofisticati e sempre più integrati nei diversi stadi dei processi di fabbricazione.

Le misure giocano un ruolo fondamentale anche nella ricerca di nuovi materiali, nuovi processi e nuove tecnologie, ed è sulla base dei risultati di vari tipi di misure che vengono prese decisioni di carattere legale, amministrativo e sanitario, di grande importanza per l'individuo e per la società.

Si stima che le attività legate alla misura incidano oggi per qualche unità percentuale sul prodotto nazionale lordo dei paesi industrializzati. Le analisi chimiche, in particolare, hanno un peso notevole sull'economia: solo negli Stati Uniti, ogni anno vengono eseguite dai laboratori pubblici e privati varie decine di miliardi di analisi chimiche nei campi più diversi (dall'ambiente alle biotecnologie, dalle analisi cliniche a quelle di materiali ad alta purezza ecc.). Ne consegue che le implicazioni economiche e sociali di dati analitici non accurati possono essere molto pesanti ed è per questo che diventa sempre più necessario lo sviluppo di metodologie atte a migliorare la qualità dei risultati analitici e garantirne l'affidabilità.

Particolarmente importante è la ricaduta economica e sociale di misure affidabili nel settore agro-alimentare. L'attenzione dei consumatori e, con essi, quella delle istituzioni nazionali e internazionali è focalizzata sui temi della sicurezza, della autenticità e della tipicità degli alimenti; anche l'Unione

Europea impone regole sempre più stringenti per l'etichettatura dei prodotti alimentari, in favore di una maggiore informazione sulle loro proprietà nutrizionali, sulla loro qualità ed origine.

L'attenzione generale sulla sicurezza alimentare è rivolta principalmente alla presenza di sostanze usate nella produzione e lavorazione dei prodotti agricoli, come i pesticidi, e la presenza di sostanze nocive derivanti dall'inquinamento ambientale. Recenti e importanti casi di malattie provocate da alimenti, come quelle dovute alla contaminazione da diossine o alla infezione del bestiame affetto da encefalopatia spongiforme bovina (BSE), hanno ingigantito la preoccupazione dell'opinione pubblica sulla sicurezza alimentare. Desti inoltre preoccupazione l'uso di organismi geneticamente modificati (OGM) la cui sicurezza per la salute umana non è stata ancora completamente accertata e rispetto ai quali esistono forti riserve in merito al rischio che possono costituire per la biodiversità.

In merito alla autenticità e tipicità degli alimenti, sempre più spesso assistiamo a vere e proprie battaglie politiche per proteggere sul mercato mondiale i nostri prodotti tipici dai numerosi tentativi di contraffazione e/o dall'uso non corretto della denominazione di un prodotto per aggirare i marchi di protezione (DOP, IGP), basti pensare alla recente battaglia per l'uso della denominazione "Parmesan", come richiesto da alcuni paesi, in cui è stato chiamato a dare un giudizio il Codex Alimentarius (organo della FAO e della Organizzazione Mondiale della Sanità).

Rispondere a queste richieste di controllo sulla qualità degli alimenti vuol dire eseguire determinazioni analitiche, la cui affidabilità deve essere garantita.

Le analisi chimiche e l'accuratezza

Sfortunatamente, a differenza delle misure di grandezze fisiche come massa, lunghezza, temperatura ecc., i cui strumenti di misura possono essere tarati direttamente dai

laboratori di metrologia nazionale o comunque, con campioni a loro volta verificati su campioni nazionali, le misure chimiche non hanno una tracciabilità¹ dello stesso tipo. Infatti, un procedimento di analisi chimica richiede un numero variabile di trasformazioni chimiche e chimico-fisiche del campione, ciascuna delle quali può essere fonte di contaminazione, perdita di analiti², errori.

Perché i risultati siano attendibili, le misure chimiche devono avere due importanti proprietà: precisione ed accuratezza.

La precisione è la riproducibilità della misura e può essere valutata semplicemente per mezzo di misure ripetute sullo stesso campione.

L'accuratezza è stata definita dall'International Organization for Standardization (ISO)³ come "l'accordo tra il valore vero ed i risultati medi ottenibili applicando la procedura sperimentale un numero di volte molto grande". La valutazione dell'accuratezza, così come il riconoscimento e l'eliminazione degli errori, è un processo complesso che richiede l'uso delle seguenti procedure possibilmente combinate insieme:

- a) l'effettuazione di misure per mezzo di differenti tecniche analitiche, metodi e analisti: se queste misure sono in accordo tra loro, si può assumere che il risultato sia accurato; tuttavia, capita frequentemente il caso in cui un laboratorio abbia a disposizione un solo metodo o una sola tecnica analitica;
- b) la partecipazione ad intercomparazioni. L'accuratezza dei risultati riportati da un laboratorio per una specifica determinazione può essere valutata dall'accordo con i valori raccomandati, ottenuti da una rigorosa valutazione statistica dei risultati di tutti i laboratori partecipanti al-

l'intercomparazione. Il campione per l'intercomparazione dovrebbe essere il più possibile simile, come composizione e concentrazioni, ai campioni da analizzare nella normale routine analitica;

- c) l'uso di materiali di riferimento simili, per composizione quali-quantitativa, ai campioni da analizzare.

La capacità di ottenere gli stessi risultati, entro i limiti concordati, da parte di tutti i laboratori che effettuano la stessa analisi (cioè la compatibilità delle misure) è di estrema importanza: essa può essere raggiunta quando la rete di misura è basata sull'accuratezza.

In figura 1 è illustrato un modello di sistema di misura accurato e compatibile, costituito da un sistema gerarchico di metodi di misura e di materiali di riferimento^[1].

Gli elementi del sistema sono:

1) *Unità di misura di base e derivate*

Nel sistema internazionale di unità (SI), attualmente adottato dalla maggior parte dei paesi del mondo e dagli organismi di unificazione a livello internazionale, a tutte le grandezze corrispondono delle unità: le unità di base sono scelte con il criterio che devono essere definite esattamente in modo "assoluto", senza cioè ricorrere, se possibile, al confronto con campioni artificiali o con altre unità.

2) *Metodi definitivi*

Sono quei metodi che misurano quantità chimiche o fisiche direttamente in unità di base o che sono legati ad esse indirettamente da relazioni matematiche esatte. Questi metodi devono avere elevata riproducibilità, devono essere privi di errori sistematici e deve essere conosciuto in maniera esauriente il processo che sta alla base del metodo.

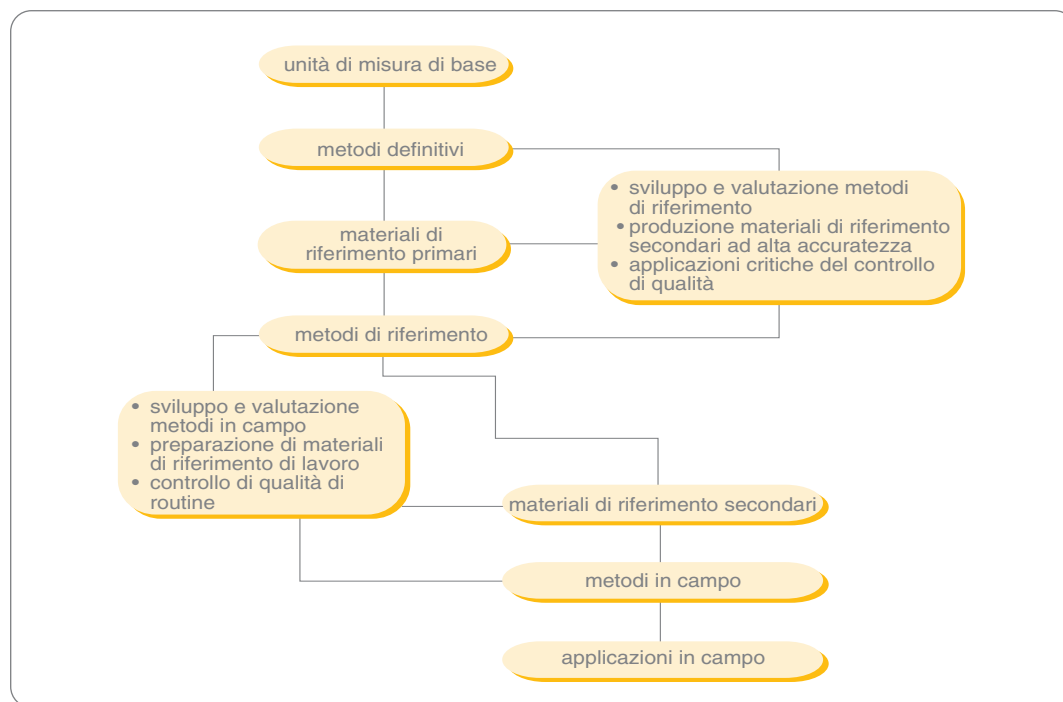
¹ Tracciabilità: "Proprietà del risultato di una misura o del valore di uno standard che può essere correlato con riferimenti stabiliti, generalmente standard nazionali o internazionali, attraverso una catena ininterrotta di confronti che abbiano ciascuno una incertezza stabilita." (Guida ISO 30 1992).

² Analita: sostanza oggetto dell'indagine analitica.

³ ISO è una federazione internazionale di enti di normazione nazionali, non governativa, istituita nel 1947. La missione della ISO è di promuovere lo sviluppo della standardizzazione e delle attività correlate allo scopo di agevolare gli scambi internazionali di beni e servizi e di sviluppare cooperazioni nell'ambito di attività scientifiche, tecnologiche ed economiche.

Figura 1

Modello di sistema di misura accurato e compatibile, costituito da un sistema gerarchico di metodi di misura e di materiali di riferimento



3) *Materiali di riferimento*

Nello schema citato, i materiali di riferimento sono solo una parte di un disegno più vasto; essi sono inseriti in due livelli diversi, a seconda del grado di accuratezza e di definizione.

Un materiale di riferimento primario, essendo un materiale puro, prodotto attraverso procedimenti lunghi e costosi, non può essere usato ogni volta che nella realtà sperimentale si renda necessario un materiale di riferimento, ma va usato soprattutto nella messa a punto di metodi di riferimento, in controlli di qualità e per la produzione di materiali di riferimento secondari (detti anche di laboratorio). Questi ultimi, caratterizzati per mezzo dei primi, possono a loro volta essere usati nella normale routine.

4) *Metodi di riferimento*

Per metodi di riferimento si intendono quei metodi, di accuratezza provata e dimostrata, che hanno le seguenti funzioni:

- calibrare e verificare i metodi in campo;
- calibrare i materiali di riferimento secondari;
- permettere l'effettuazione di programmi di controllo di qualità.

Lo sviluppo di un metodo di riferimento è un processo complesso, per certi aspetti simile al processo di certificazione di un materiale di riferimento.

5) *Metodi in campo*

Poiché molti metodi di riferimento non possono essere usati in pratica a causa della loro complessità o del costo elevato, vengono usati dei metodi più accessibili, in grado di fornire una quantità di risultati maggiore, in meno tempo e/o con costo minore. Questi metodi, pur non essendo dotati a volte della massima riproducibilità, devono avere comunque un'accuratezza adeguata rispetto alla necessità analitica. Per la calibrazione ed il controllo di questi metodi, l'impiego di materiali di riferimento è essenziale.

I materiali di riferimento

I materiali di riferimento, da quanto risulta anche dal paragrafo precedente, sono quindi lo strumento a disposizione dell'analista per attuare il controllo di qualità sui procedimenti analitici adottati e per garantire l'affidabilità dei risultati ottenuti mediante il confronto fra un campione reale ed

un campione a composizione nota. Detti materiali hanno lo stesso ruolo dei campioni di riferimento metrologici e permettono, al laboratorio che li impiega, di ottenere risultati tracciabili rispetto al sistema internazionale di unità di misura e confrontabili con quelli dei laboratori che lavorino con le stesse modalità.

I materiali di riferimento nel laboratorio analitico hanno diverse funzioni:

- 1) contribuiscono allo sviluppo di nuovi metodi di analisi o di controllo ed alla modifica di quelli già esistenti;
- 2) contribuiscono a controllare la produzione di materiali di riferimento secondari (detti anche di laboratorio) o la qualità di una riedizione di un materiale di riferimento primario;
- 3) come materiale incognito (all'analista) servono a verificare, validare o controllare una procedura analitica o i vari laboratori di una rete di misura;
- 4) forniscono punti di calibrazione per gli strumenti usati in una procedura analitica;
- 5) all'interno di un metodo di riferimento o standardizzato, sono usati come materiale calibrante o di controllo;
- 6) assicurano il controllo statistico di qualità a lungo termine di un processo di misura.

I materiali di riferimento usati in un procedimento analitico devono avere la composizione della matrice e la concentrazione degli analiti ricercati il più simile possibile a quella dei campioni da analizzare. Quanto più la composizione del materiale di riferimento approssima quella del campione reale da analizzare, tanto più la correttezza della sua misura implica anche la correttezza della misura del campione reale (da qui la necessità di disporre di molti materiali di riferimento anche preparati da matrici reali). Ciò diventa particolarmente importante per i materiali di riferimento da impiegare nel controllo di qualità nel settore agro-alimentare dove bisogna tener conto non solo della moltitudine delle matrici alimentari possibili ma anche della variabilità naturale nella composizione di uno stesso

prodotto dovuta a differenze nella varietà e nelle condizioni e metodi di produzione.

L'importanza della certificazione di un materiale di riferimento sta soprattutto nel fatto che l'organizzazione certificante fornisce all'utilizzatore la garanzia che il valore certificato è la migliore approssimazione possibile al valore "vero" della grandezza e, nello stesso tempo, rende noto come tale approssimazione è stata ottenuta.

La produzione e la certificazione di materiali di riferimento sono dei processi complessi e dispendiosi, che richiedono per di più tempi molto lunghi, in quanto prevedono la partecipazione di numerosi laboratori ben attrezzati e di grande esperienza, oppure l'esistenza di una struttura permanente di elevatissima qualificazione; per tale motivo i materiali disponibili non sono in numero tale da coprire tutte le necessità, mentre, d'altra parte, è sempre crescente la richiesta di materiali di riferimento in tutte le aree della scienza e della tecnologia. Tutto ciò ha reso sempre più necessaria la cooperazione internazionale.

La disponibilità di materiali di riferimento per un mercato mondiale, invece che nazionale, consente infatti notevoli economie, in quanto rende possibile la produzione di un numero maggiore di materiali di riferimento, utilizzando al meglio le competenze di ogni singola nazione.

Fino al 1969^[2] non c'era mai stato nessun tentativo di coordinare le attività sui materiali di riferimento tra le organizzazioni del settore dei diversi paesi industrializzati o tra agenzie internazionali. Ciò può essere attribuito principalmente al fatto che fino a quel tempo quasi tutti i materiali di riferimento prodotti erano indirizzati verso applicazioni industriali, e, di conseguenza, la salvaguardia degli interessi delle industrie nazionali era la considerazione prioritaria.

A partire dalla fine degli anni 60 divenne sempre più evidente che i materiali di riferimento erano destinati a giocare un ruolo fondamentale non solo nell'aumento della produttività industriale, ma anche in alcune

aree di enorme interesse, a livello internazionale: la sanità, la protezione dell'ambiente, l'energia nucleare, ed infine la protezione e la sicurezza del consumatore.

Ciò ha fatto sì che, negli anni 70 e 80, ci sia stata una forte crescita nelle attività sui materiali di riferimento in molti paesi e presso organizzazioni internazionali. L'aumentato interesse ha portato a riconoscere la necessità di istituire un organismo internazionale in grado di innescare delle iniziative di cooperazione sui materiali di riferimento che si sono concretizzate nella costituzione, all'interno dell'International Organization for Standardization (ISO), di un Comitato sui Materiali di Riferimento (REMCO), con i compiti principali di:

- proporre azioni sui materiali di riferimento;
- stabilirne definizioni, categorie, livelli e classificazioni.

Tutti i principali paesi industrializzati hanno inoltre attivato iniziative sui materiali di riferimento, a supporto delle necessità nazionali nel campo della produzione industriale e della protezione dell'ambiente e della salute. Oltre ad assicurare l'uniformità del sistema di misura in ambito nazionale, scopo di tali iniziative è spesso quello di svolgere funzioni normative. Le soluzioni organizzative scelte, pur variando in maniera sensibile da un paese all'altro, a causa delle differenti realtà nazionali, prevedono in ogni caso un ruolo di guida, coordinamento e riferimento per le strutture pubbliche. Le ragioni di un intervento pubblico nella preparazione e distribuzione di materiali di riferimento, sono diverse:

- evitare un'inutile duplicazione di sforzi da parte delle singole industrie;
- dotare i materiali di riferimento prodotti di quella autorità, derivante da un ente neutrale tecnicamente competente, che non avrebbero se fossero prodotti da un privato;
- produrre i materiali di riferimento necessari per applicazioni diverse.

In Italia, come in tutti i paesi più avanzati,

esiste una struttura metrologica finalizzata a rendere affidabile ed economica l'attività industriale. Le attività metrologiche primarie (tecnico-scientifiche) sono svolte da istituzioni diverse e principalmente da:

- Istituto Metrologico G. Colonnetti (IMGC) del CNR;
- Istituto Elettrotecnico Nazionale G. Ferraris (IENGF);
- ENEA;
- Istituto Superiore di Sanità.

Esistono inoltre centri di taratura secondari (tra cui alcuni laboratori dell'ENEA), che svolgono la maggior parte delle tarature, lasciando agli istituti primari principalmente la realizzazione dei campioni primari e l'attività di confronto a livello internazionale.

Tuttavia, questa struttura metrologica non include, se non in misura ridotta, fra le proprie attività la metrologia chimica ed i materiali di riferimento; manca quindi attualmente una sede istituzionale in cui vengano affrontate tali problematiche, e, di conseguenza, manca completamente, a differenza di tutti gli altri paesi più industrializzati, una attività autonoma di produzione e certificazione di materiali di riferimento.

Una iniziativa nazionale in questo settore è da considerarsi di grande significato strategico, al di là del valore puramente economico, in quanto l'esistenza di una attività in questo campo può essere considerata un indice della maturità tecnologica, oltre che dell'indipendenza commerciale, del Paese. Essendo i materiali di riferimento strettamente legati allo sviluppo dei processi produttivi ed alla esportazione dei prodotti, essi concorrono in maniera notevole ad affermare l'affidabilità tecnologica del Paese, che a sua volta è non solo un elemento di prestigio, ma anche uno strumento di penetrazione tecnico-commerciale di notevole efficacia.

Infine, i materiali di riferimento costituiscono un elemento di garanzia nell'applicazione di norme e controlli derivanti dalla legislazione nazionale e dalle direttive comunitarie, principalmente nei settori dell'ambiente, della sicurezza e della sanità.

La International Organization for Standardization (ISO) si occupa sin dagli anni 70 dei materiali di riferimento e attraverso il Comitato Tecnico sui MR (REMCO), istituito nel 1975, ha elaborato le seguenti definizioni:

Materiali di Riferimento (RM): materiale o sostanza di cui uno più valori relativi alle sue proprietà sono sufficientemente omogenei e ben stabiliti da poter essere utilizzati per la calibrazione di uno strumento, la valutazione di un metodo di misura o per assegnare valori ai materiali (Guida ISO 30, 1992)^[3].

Quando i valori delle proprietà sono certificati attraverso una procedura che stabilisce la sua tracciabilità ad un valore accurato avente una sua incertezza ben definita, si parla di Materiale di Riferimento Certificato.

Materiale di Riferimento Certificato (CRM): materiale di riferimento provvisto di certificazione, di cui una o più valori relativi alle sue proprietà sono certificati per mezzo di una procedura che stabilisce la loro riferibilità ad una realizzazione accurata dell'unità nella quale i valori delle proprietà sono espressi e per la quale ogni valore certificato è accompagnato da incertezza ad un livello di confidenza esplicitamente indicato (Guida ISO 30, 1992)^[3].

Le Guide cui si fa riferimento sono alla base della normativa relativa ai Materiali di Riferimento e, di fatti, l'ISO è un organismo riconosciuto, a livello internazionale, a svolgere attività normativa così come l'EN a livello europeo, e l'UNI a livello nazionale. L'osservanza di tali norme non è obbligatoria. Spesso, però, l'argomento trattato dalle norme ha un impatto così determinante sulla sicurezza del lavoratore, del cittadino o dell'ambiente che le Pubbliche Amministrazioni fanno riferimento ad esse richiamandole nei documenti legislativi e trasformandole, quindi, in documenti cogenti.

L'uso dei Materiali di Riferimento Certificati CRM è riservato alla verifica della accuratezza delle misure effettuate e alla validazione dei metodi analitici adottati^[4] mentre i Materiali di Riferimento non certificati, spesso indicati come Materiali di Riferimento di Laboratorio (LRM), sono destinati ad un uso routinario per i programmi di controllo di qualità del laboratorio (carte di controllo), ovvero alla verifica sul lungo periodo delle prestazioni analitiche e alla determinazione della riproducibilità dei risultati ottenuti.

Preparazione di materiali di riferimento

Il processo di preparazione di un materiale di riferimento certificato può essere suddiviso in diverse fasi:

- 1) definizione del materiale da produrre e delle grandezze da certificare, e, conseguentemente, scelta dei laboratori e dei metodi da impiegare;
- 2) preparazione del lotto (batch) e verifica dell'omogeneità e della stabilità;
- 3) determinazione analitica dei parametri da certificare, raccolta e confronto dei risultati ed eventuali test supplementari per l'eliminazione di dati non accurati;
- 4) certificazione, attraverso l'elaborazione e il trattamento statistico dei dati ottenuti;
- 5) stesura del documento finale e distribuzione del materiale certificato.

Preparazione del lotto

La parte preliminare del processo è la pre-

parazione di un lotto di materiale di qualità adeguata dal punto di vista della stabilità e dell'omogeneità. Ciò richiede spesso più lavoro di quello richiesto dalla parte di certificazione vera e propria.

Un materiale di riferimento è usato di solito nell'arco di diversi anni, per cui è di grande importanza che sia stabile: se varia nel tempo, infatti, i valori veri delle sue proprietà potranno non essere più in accordo con i valori certificati. La valutazione della stabilità può richiedere studi preliminari, in particolare per materiali di origine biologica, che possono degradarsi ed essere attaccati da batteri, funghi ecc. (anche in forma liofilizzata), o in molti casi subire variazioni nelle concentrazioni o nei legami chimici a seguito di volatilizzazione (per elementi volatili come Hg, As) o di reazioni chimiche con agenti contaminanti.

Il metodo di conservazione influenza ovviamente il periodo di validità di un MR; un

condizionamento speciale è necessario per materiali sensibili all'alterazione da parte dell'aria o dell'umidità e in alcuni casi è raccomandata la conservazione a temperature tra i 10 e i 30 °C in essiccatore al buio. Per questi motivi deve essere stabilita una data oltre la quale il certificato non è più valido.

Poiché l'obiettivo nelle preparazioni di MR in molti casi è la produzione di campioni "naturali", simili in composizione della matrice e concentrazioni degli analiti ai campioni reali, il materiale di partenza è un materiale naturale e la preparazione del *batch* richiede una sequenza di processi base realizzati con metodi e tecniche che dipendono di volta in volta dalle caratteristiche della matrice da trattare, dal livello di concentrazione degli analiti di interesse e dalla dimensione e dal numero di unità da produrre^[5]. In particolare, nel caso di materiali solidi in polvere, i processi fondamentali sono: la disidratazione, la macinazione, la setacciatura, l'omogeneizzazione, il confezionamento ed infine i controlli per l'omogeneità e la stabilità.

La disidratazione ed il confezionamento sono fondamentali per garantire la stabilità rispetto alle condizioni di conservazione, trasporto e stoccaggio.

La disidratazione è uno dei metodi più antichi per la conservazione di un alimento. L'eliminazione dell'acqua riduce drasticamente l'attività enzimatica e microbica aumentando la stabilità del prodotto nel tempo. L'acqua in un alimento si trova in due fasi termodinamiche distinte: una frazione d'acqua con proprietà simili all'acqua pura, detta acqua libera, e una frazione che interagisce con le molecole che costituiscono l'alimento, detta acqua legata, con proprietà fisiche molto diverse dall'acqua pura. Una delle caratteristiche dell'acqua legata è che al suo interno i processi enzimatici e di proliferazione batterica, alla

base della degradazione di un alimento, sono fortemente inibiti. Per poter ottenere un buon grado di conservabilità di un alimento è quindi sufficiente estrarre l'acqua libera⁴, considerando che le proprietà termodinamiche dell'acqua legata ne rendono l'estrazione difficile e costosa.

Macinazione, setacciatura e omogeneizzazione sono tutte operazioni che mirano a ridurre la variabilità di composizione del materiale fino all'ottenimento di un prodotto in cui le proprietà che si intendono misurare sono omogenee in tutti i punti dell'intera massa.

Il confezionamento deve avvenire in unità campione rappresentative del lotto di produzione. La scelta della forma, delle dimensioni e dei materiali che costituiscono la confezione è un passaggio importante nella definizione del protocollo di produzione di un materiale di riferimento. I materiali costitutivi della confezione devono assicurare, infatti, una totale inerzia nei confronti del contenuto ed essere compatibili con le condizioni di conservazione.

Rischi di contaminazione del materiale

Durante tutte le fasi di lavorazione è importante tenere sotto controllo il rischio di contaminazione del materiale: uno dei maggiori rischi durante la lavorazione è infatti la perdita o l'aggiunta accidentale di analiti alla massa di materiale. Il rischio deriva dal fatto che la contaminazione non è mai riproducibile e oltretutto influenza negativamente l'omogeneità del materiale.

L'analisi dei rischi di contaminazione, degradazione della matrice e/o degli analiti e di tutti quei fattori che potrebbero rendere il materiale non idoneo all'uso è uno strumento che permette di individuare le migliori strategie di produzione con un conseguente aumento dell'affidabilità del processo e della qualità del prodotto finale.

⁴ Un parametro che permette di valutare il rapporto tra acqua libera ed acqua legata è la cosiddetta attività dell'acqua, a_w . Valori di $a_w < 0,3$ garantiscono un buon livello di disidratazione, sufficiente alla conservazione su lungo periodo di una matrice alimentare.

Le fonti di contaminazione possono essere molteplici: sostanze esogene, i materiali di fabbricazione di utensili e macchine che vengono in contatto con il campione, diffusione dalle taniche di stoccaggio o dalle bottiglie ecc.

È possibile minimizzare i rischi di contaminazione attraverso una opportuna scelta dei materiali che sono a diretto contatto con la massa di materiale in lavorazione. L'acciaio è un ottimo materiale per la maggior parte delle applicazioni ma non va bene quando gli analiti di interesse sono elementi metallici in traccia. In questo caso sono più opportuni materiali come Teflon, polietilene, polipropilene, poliuretano, vetro. Per elementi macinanti o lame possono essere utilizzati lo zirconio, il carburo di tungsteno o altri materiali contenenti metalli che raramente sono di interesse analitico e non sono perciò oggetto d'interesse per il materiale di riferimento.

Altri tipi di contaminazione che possono condurre alla degradazione della matrice e degli analiti sono le contaminazioni batteriche ed enzimatiche. Per far fronte a questo tipo di contaminazione è importante creare condizioni che inibiscano la proliferazione batterica o l'attività enzimatica, avendo cura di minimizzare i tempi e le temperature dei processi di lavorazione e, quando particolarmente indicato, operare in atmosfera di gas inerte.

Infine, dopo il confezionamento del materiale nelle singole unità e prima della distribuzione e della caratterizzazione chimica, si eseguono i test sulla omogeneità fra unità e all'interno della singola unità^[6,7,8].

Verifica dell'omogeneità e spettroscopia NMR

Il requisito dell'omogeneità e la sua verifica sta diventando sempre più importante, in quanto le tecniche di misura sono diventate più precise e le analisi possono essere eseguite su quantità più piccole di materiale. L'omogeneità deve essere perciò controllata molto attentamente prima di intraprendere il lavoro di certificazione. Quando si prevede la certificazione di un materiale per diverse proprietà, l'omogeneità rispetto ad una di queste proprietà non implica necessariamente l'omogeneità rispetto a tutte le altre.

Affinché il materiale di riferimento sia utilizzabile nelle comuni applicazioni analitiche, è essenziale che la differenza tra i campioni sia minore dell'incertezza delle misure; ogni porzione di un dato lotto deve essere identica entro i limiti di incertezza stabiliti, e quindi il valore certificato della proprietà di interesse deve valere per ogni porzione.

L'omogeneità deve essere valutata attraverso un'apposita campagna, condotta in genere da un solo laboratorio, con un metodo di precisione adeguata.

I metodi analitici usati nella valutazione dell'omogeneità di un materiale di riferimento devono essere rapidi e accurati ma soprattutto altamente riproducibili così da poter apprezzare la variabilità dovuta alla disomogeneità. Infatti, a questo stadio, non è importante determinare il valore "vero" della proprietà quanto piuttosto la dispersione dei valori misurati per quella stessa proprietà fra campioni raccolti dal lotto.

La spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) può fornire una valida alternativa ai metodi analitici tradizionali in virtù della sua alta selettività e velocità. La spettroscopia NMR è una tecnica che trova oggi numerose applicazioni nel campo della chimica degli alimenti^[9,10,11].

Tale tecnica, infatti, permette di analizzare matrici complesse come tessuti animali e vegetali e quindi è particolarmente adatta per la caratterizzazione di prodotti agro-alimentari. Mediante NMR è possibile la determinazione quantitativa e simultanea di diversi composti caratteristici della matrice. A tale scopo è necessario aver descritto completamente lo spettro NMR della matrice^[12,13], assegnato tutti i set di righe $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ (*chemical shift* δ , costanti di accoppiamento J) e aver quindi, individuato le

Il laboratorio per la preparazione di materiali di riferimento

Il Laboratorio per la Preparazione di Materiali di Riferimento del Centro Ricerche ENEA Trisaia è stato progettato appositamente per la produzione di materiali a matrice agro-alimentare. Le apparecchiature di cui dispone consentono di trattare vegetali da molli a medio duri e sono realizzate con materiali che minimizzano i rischi di contaminazione da metalli e sostanze organiche.

Per la fase preliminare di riduzione della dimensione delle particelle del campione (triturazione) si dispone di una macchina tritratrice con vasca in PVC da 40 l e coltelli in teflon, collegata ad una centrifuga con filtro in teflon per la separazione di eventuali parti fibrose, semi ecc.

Per le matrici vegetali ad alto tenore di acqua, è prevista una successiva fase di concentrazione per allontanamento dell'acqua con evaporatore rotante. Questo sistema, lavorando a pressione ridotta, provoca l'abbassamento del punto di ebollizione del solvente e di conseguenza consente la distillazione a temperature in cui non avviene alcuna alterazione termica della matrice. Il distillato contiene le frazioni volatili evaporate insieme al componente principale e può essere utilizzato per ricostituire l'eventuale prodotto essiccato giungendo ad un prodotto finale che è molto prossimo alla matrice reale.

Figura 2
Evaporatore rotante



L'evaporatore rotante è costituito da un pallone di distillazione in vetro pyrex della capacità di 100 litri, inserito in un bagno termostatico; la serpentina di raffreddamento e i palloni di raccolta dell'estratto (20 l) sono sempre in vetro pyrex; i tubi usati per l'immissione, il recupero del prodotto e il lavaggio del pallone sono in teflon. L'apparecchio è gestito da computer interno che permette di impostare i parametri di pressione, la temperatura del bagno, il numero di giri del pallone (1÷50 rounds per minutes - rpm), di visualizzare la temperatura del prodotto e identificare il ciclo di lavorazione, la data e la durata dell'operazione (figura 2).

Per il processo di essiccamento si dispone di due tipologie di attrezzature: un liofilizzatore ed una stufa termo-ventilata ad azoto. La liofilizzazione è un processo di essiccamento particolarmente indicato per le matrici agro-alimentari ed è quello che fornisce prodotti disidratati di migliore qualità dal momento che è il processo con il minor impatto sulla struttura del prodotto. Inoltre, i prodotti disidratati mediante liofilizzazione sono quelli che meglio riacquistano le loro caratteristiche originarie dopo reidratazione.

Il liofilizzatore Virtis SL 35 a disposizione ha una camera di liofilizzazione composta da sette ripiani in acciaio inossidabile (per un totale di 0,84 m² disponibili) su cui trovano posto i vassoi contenenti il prodotto da liofilizzare. La temperatura di liofilizzazione viene seguita da quattro termocoppie di tipo T in rame-costantana distribuite uniformemente nei vassoi. Il vuoto nella camera viene assicurato da una pompa da vuoto Leybold della capacità di 25 litri/ora. L'acqua di liofilizzazione viene raccolta in un condensatore tenuto alla temperatura di circa -45 °C, avente capacità di 35 l, e che può essere reso indipendente dalla camera di liofilizzazione. I vassoi in acciaio inossidabile che contengono il prodotto hanno dimensioni 24 × 50 × 5 cm e vengono riempiti formando strati inferiori ai 2 cm di prodotto per permettere una efficace liofilizzazione (figura 3).

L'apparecchio è gestito, in locale, da un computer interno su cui è possibile impostare tutte le fasi del processo, oppure da remoto con un computer esterno posto in una sala controllo appositamente preparata.

La macinazione viene effettuata per mezzo di un mulino (*vibro-energy*) a palle con vasca in poliuretano e mezzi macinanti in zirconio collegato ad un vibro-vaglio equipaggiato con setacci in nylon (o metallo).

Il sistema di mescolamento delle polveri per l'omogeneizzazione è costituito da un fusto in PET della capacità di 180 l posizionato su un carrello rotante. Tale sistema sfrutta i principi cinematici della rotazione e dell'inversione. Difatti, l'asse del fusto è allineato con la diagonale del cilindro delineato dal carrello, consentendo così l'inversione durante il moto di rotazione.

L'imbottigliamento viene realizzato con una macchina dosatrice per polveri. La macchina è costituita da un tavolo rotante per l'alimentazione delle bottiglie, il po-



Figura 3
Liofilizzatore

sizionamento sotto la dosatrice e lo scarico delle bottiglie piene al termine del ciclo produttivo. La dosatrice dispensa le polveri secondo programmi di pesatura definiti dall'utente e può essere tarata da 1 a 1000 g.

Il prodotto viene trasferito alla cella di carico tramite coclea o nastro trasportatore a seconda della natura delle polveri. Queste operazioni possono essere eseguite in atmosfera anidra di azoto o aria operando all'interno di una cabina predisposta opportunamente dalla cui sommità viene distribuito il gas voluto. La chiusura ultima delle bottiglie in atmosfera controllata viene effettuata all'interno della camera del liofilizzatore, laddove la possibilità di evacuare precedentemente l'atmosfera sovrastante il prodotto nelle bottiglie, consente di garantire la presenza del solo gas desiderato all'interno della bottiglia chiusa.

sostanze che, al tempo stesso, meglio rappresentano la matrice e dispongono delle righe di risonanza più idonee alla quantificazione. La sensibilità analitica, la precisione e la selettività della tecnica la rendono particolarmente adatta al tipo di determinazione offrendo, inoltre, il vantaggio di una manipolazione ridottissima del campione analitico e di tempi di analisi contenuti.

Un caso studio: preparazione di un materiale di riferimento a matrice "pomodoro"

Il processo

Le fasi di produzione e di controllo del processo, le macchine da utilizzare e l'individuazione dei punti critici sono state pianificate in dettaglio con l'ausilio di un diagramma di flusso rappresentato in figura 4. Il campionamento del materiale di partenza è stato fatto scegliendo bacche a grado di maturazione simile perché la concentrazione di zuccheri, che sono fra gli analiti scelti per lo studio dell'omogeneità mediante NMR, dipende fortemente dal grado di maturazione.

La fase di pre-trattamento prevede l'eliminazione delle parti estranee (foglie, peduncoli ecc.), il lavaggio del materiale per il controllo della contaminazione esogena e la macinazione del materiale, seguita da centrifugazione, per una prima, grossolana omogeneizzazione.

A questo punto il materiale è pronto per la

fase di disidratazione. Nella preparazione del materiale a matrice "pomodoro" l'essiccazione avviene per liofilizzazione dopo una preliminare distillazione a pressione ridotta.

Figura 4
Schema di preparazione di un materiale a matrice "Pomodoro"

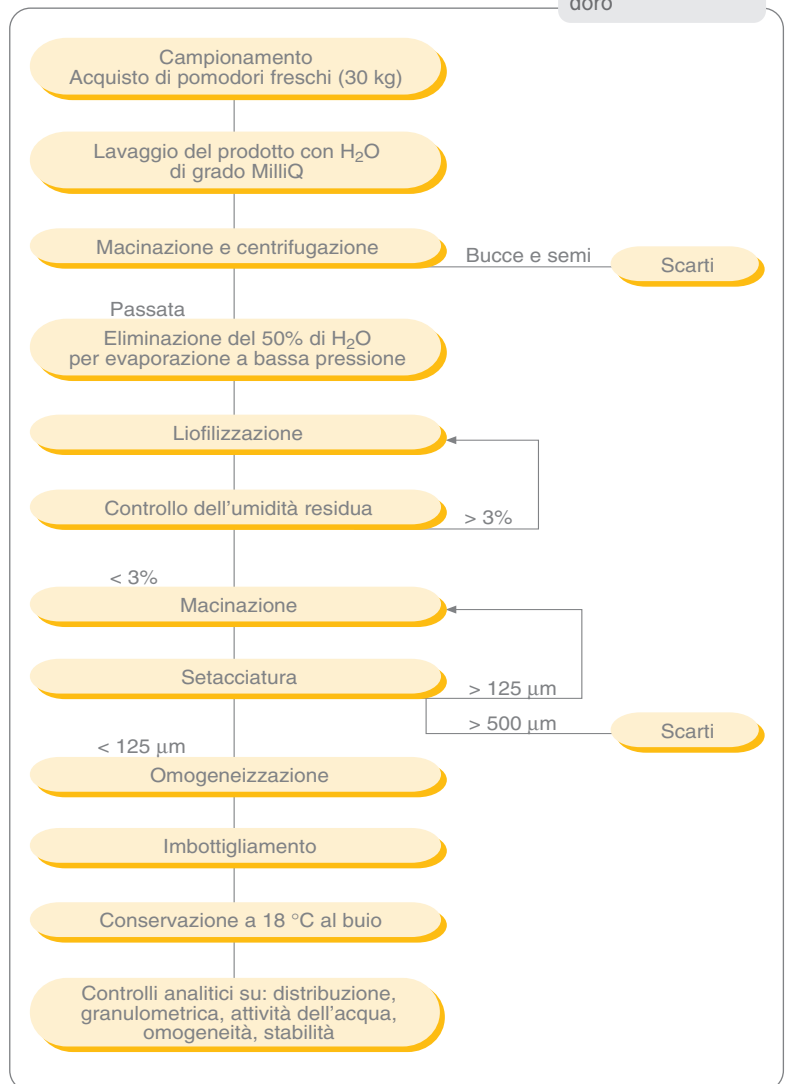


Figura 5

Materiale di riferimento a matrice "Pomodoro"



La distillazione a pressione ridotta permette di separare parte dell'acqua contenuta nella matrice vegetale e recuperare con essa alcuni dei componenti volatili che caratterizzano l'aroma dell'alimento.

Questo distillato si rivela utile nella ricostituzione del materiale liofilizzato, apportando parte di quei composti volatili che sarebbero altrimenti andati completamente persi con la liofilizzazione.

Successivamente il materiale solido disidratato è stato ridotto in polvere a granulometria controllata, omogeneizzato ed infine confezionato. Il prodotto è stato confezionato in bottiglie di vetro scuro e conservato a 18 °C (figura 5)^[14].

Durante il processo di preparazione, sono

Dati sperimentali

Sono stati selezionati 30 kg di pomodori della varietà "ciliegino", lavati con acqua a grado di purezza milliQ, macinati e centrifugati.

La purea di pomodoro è stata concentrata per allontanamento dell'acqua in essa contenuta mediante evaporazione a bassa pressione, secondo le seguenti condizioni operative: temperatura del bagno 60 °C, RPM = 15, pressione = -920 mbar. La temperatura del prodotto durante l'evaporazione si è mantenuta costante intorno a 35 °C, tempo di evaporazione circa 5 h. Il distillato è stato raccolto e conservato a 4 °C in tanica di PE. L'essiccamento è stato eseguito per liofilizzazione. Il prodotto concentrato è stato distribuito nei vassoi del liofilizzatore, rivestiti con fogli di polietilene, formando strati inferiori ai 20 mm e sistemati nel liofilizzatore VIRTIS SL 35.

A completamento del processo di liofilizzazione il campione, che presentava una attività residua dell'acqua pari $a_w = 0,185$ a $t = 20,6$ °C, è stato raccolto in una busta di polietilene. I risultati del processo di disidratazione sono riassunti nella tabella sottostante.

Il liofilizzato è stato macinato in un mulino a palle nella cui camera di macinazione sono stati aggiunti circa 20 kg di mezzi macinanti in zirconio. L'operazione è durata circa 15 minuti, al termine dei quali la polvere è stata convogliata ad un vibrovaglio dove sono state separate tre frazioni a 500, 125 e < 125 μm . La frazione superiore a 500 μm è stata scartata (il 2% del totale), quella compresa fra 500 e 125 μm è stata riunita alla frazione inferiore e macinata nuovamente per 15 minuti. Infine, è stata raccolta la sola frazione a granulometria inferiore ai 125 μm . La polvere di pomodoro liofilizzato è stata omogeneizzata in fusto rotante per circa 8 ore. Dopo l'omogeneizzazione sono state riempite 38 bottiglie da 25 g con l'apposita macchina dosatrice per polveri.

Le bottiglie sono state chiuse in atmosfera controllata. L'operazione si conduce all'interno del liofilizzatore grazie ad un particolare sistema di movimentazione dei ripiani. Nello specifico, le bottiglie sono state tenute in condizioni di vuoto inferiore a 20 mTorr ad una temperatura di 30 °C per 24 h. Questo passaggio consente una ulteriore disidratazione del prodotto e garantisce l'eliminazione di eventuale umidità riassorbita dal liofilizzato durante le fasi di lavorazione precedenti la chiusura delle bottiglie. Infine le bottiglie sono state chiuse e sigillate in atmosfera di aria anidra.

Massa prima della concentrazione con evaporatore rotante (kg)	Massa concentrata prima della liofilizzazione (kg)	Massa dopo la liofilizzazione (kg)	Resa in prodotto secco (%)
23,41	14,86	1,1	4,7

stati previsti dei punti di controllo con raccolta di campioni dalla massa di materiale sottoposto a lavorazione per valutarne il contenuto di acqua libera residua, la granulometria, l'omogeneità.

Dopo il confezionamento nelle singole unità sono stati eseguiti i controlli analitici sulla omogeneità fra unità.

Controlli analitici

Granulometria

Sul prodotto finale è stata misurata l'attività residua dell'acqua con uno strumento di misura che sfrutta la tecnica del punto di rugiada (Aqualab) e ne è stata determinata la distribuzione granulometrica. I dati di distribuzione granulometrica sono riportati in figura 6.

Dai dati di distribuzione granulometrica riportati in figura 6, si evince che circa il 90% del materiale prodotto con questo metodo ha granulometria compresa fra 53 e 75 μm , con un massimo di distribuzione intorno a 75 μm .

Caratterizzazione NMR della matrice

I campioni di passata e di liofilizzato di pomodoro e l'acqua estratta durante il processo di concentrazione della passata sono stati analizzati mediante NMR.

La caratterizzazione analitica di una sostanza naturale mediante NMR richiede un'assegnazione univoca delle righe dello spettro alle sostanze contenute nel campione. Per quanto riguarda il pomodoro una parziale assegnazione dello spettro ^1H NMR è stata effettuata da A. Sobolev et al.^[15] e costituisce un primo passo per la realizzazione di un protocollo di analisi NMR di materiali di riferimento di pomodoro.

Gli esperimenti NMR sono stati eseguiti su campioni allo stato liquido. Allo scopo sono stati preparati degli estratti liquidi dei campioni di purea e liofilizzato di pomodoro per centrifugazione a 14000 rpm per 10 min. Agli estratti è stata aggiunta, in rapporto 1:2, una soluzione tampone di fosfato in

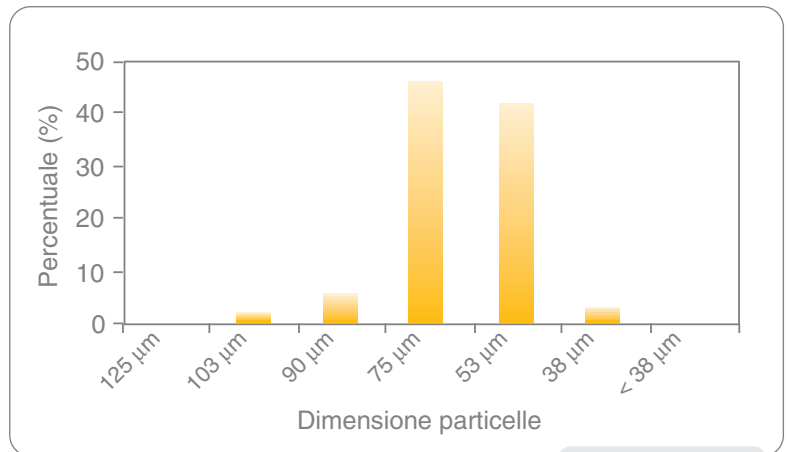


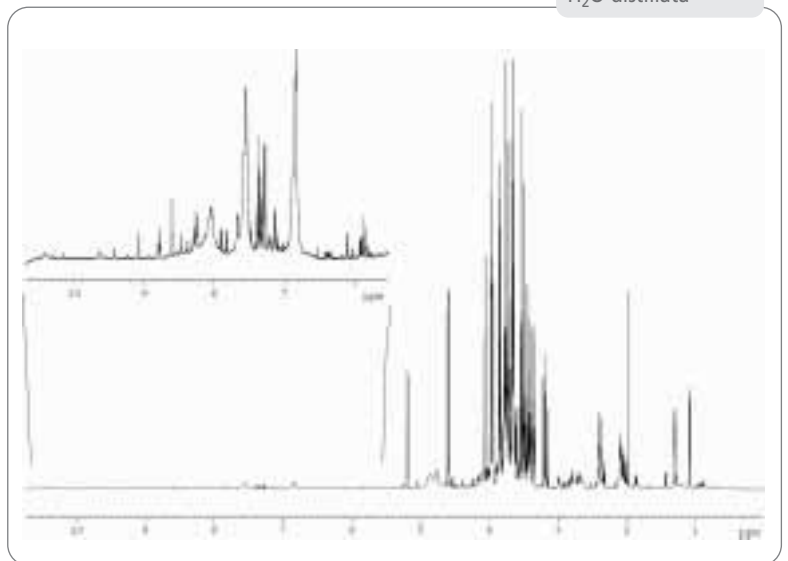
Figura 6
Distribuzione granulometrica MR "Pomodoro"

D_2O (600 mM, pD 6,5), contenente DSS 0,1% come standard interno. I campioni sono stati posti in tubi standard per NMR da 5 mm e analizzati utilizzando un probe TXI.

Nelle figure 7 e 8 sono riportati, rispettivamente, gli spettri protonici del liofilizzato di pomodoro ricostituito con acqua distillata e con l'acqua ottenuta dal processo di concentrazione.

I due spettri sono abbastanza simili e differiscono solo per alcuni segnali. In figura 9 sono riportate in scala espansa le regioni dello spettro in cui tali differenze sono evidenti. Nella figura gli spettri ottenuti dal liofilizzato ricostituito con due diversi tipi di acqua sono messi a confronto con lo spet-

Figura 7
Pomodoro liofilizzato ricostituito con H_2O distillata



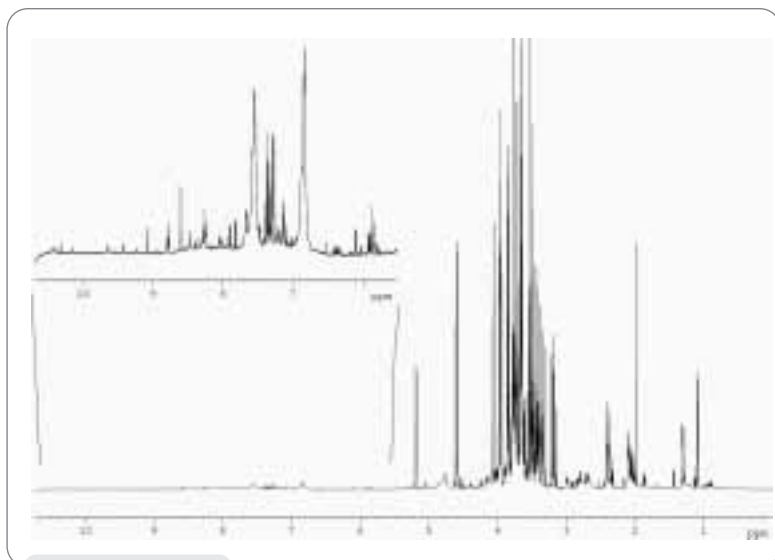


Figura 8
Pomodoro liofilizzato ricostituito con il distillato dalla matrice

tro dell'acqua proveniente dal processo di distillazione a pressione ridotta. Da tale confronto emerge che le differenze fra i due spettri sono imputabili alla semplice aggiunta delle sostanze contenute nell'acqua estratta.

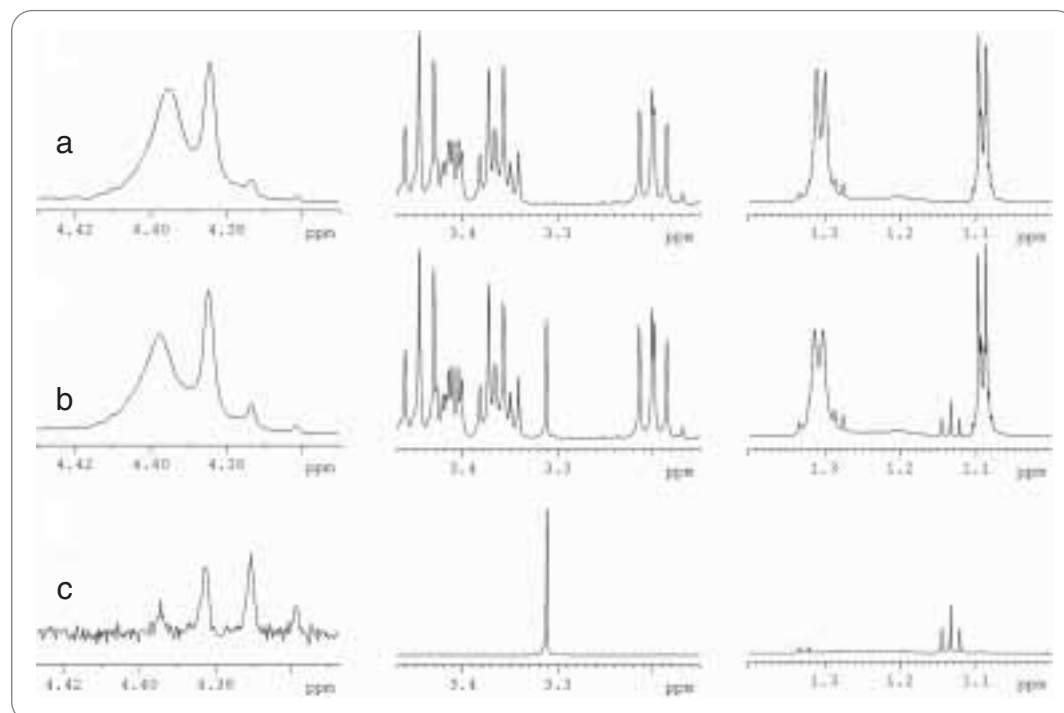
Dall'analisi dello spettro ^1H NMR dell'acqua estratta si evince la presenza di metanolo, etanolo, 1-metossietanolo e di alcune sostanze aromatiche che sono responsabili

dell'aroma. Tali sostanze sono state identificate nello spettro mediante alcuni esperimenti bidimensionali in particolare COSY ed Eterocorrelata che sono mostrati rispettivamente nelle figure 10a e 10b.

Dal confronto con gli spettri di purea di pomodoro fresco, emerge la sostanziale coincidenza con lo spettro del campione di pomodoro liofilizzato ricostituito con l'acqua estratta dai pomodori stessi. Lo spettro del pomodoro fresco, infatti, contiene riconoscibili i segnali del metanolo e dell'etanolo mentre i segnali di altre molecole, presenti nell'acqua estratta, sono nascosti dalle righe di risonanza più intense dei costituenti principali del pomodoro.

L'analisi NMR rivela pertanto la qualità del processo di liofilizzazione del pomodoro. Infatti, non ci sono variazioni sostanziali nel profilo molecolare di quest'ultimo rispetto a quello registrato per il pomodoro fresco e questo ci garantisce di aver preservato la matrice. Inoltre, le trascurabili differenze fra il prodotto fresco e quello liofilizzato vengono ulteriormente ridotte andando a ricostituire il liofilizzato con l'acqua estratta dalla matrice stessa con il processo di eva-

Figura 9
Espansioni degli spettri di: a) pomodoro liofilizzato ricostituito con H_2O distillata; b) pomodoro liofilizzato ricostituito con il distillato dalla matrice; c) distillato estratto dalla matrice



porazione a pressione ridotta. Questo aspetto della conservazione delle proprietà della matrice è particolarmente importante nel settore dei materiali di riferimento, dal momento che essi servono a garantire agli utilizzatori di avere un prodotto che, stabile ed omogeneo, riproduce al meglio le caratteristiche chimiche e fisiche della matrice reale "fresca" oggetto di indagine.

Valutazione dell'omogeneità

Per lo studio della omogeneità sono stati registrati gli spettri protonici del succo estratto dal pomodoro liofilizzato prelevato da 10 bottiglie campione (circa 17 mg di materiale solido in polvere per ogni estratto). La durata totale del singolo esperimento è di circa 10 minuti. La serie di 10 spettri contiene informazioni sull'omogeneità di tutti i metaboliti principali contenuti nei campioni. L'estrazione di tale informazione richiede l'analisi numerica dello spettro ed in particolare il calcolo dell'area delle righe corrispondenti agli analiti di interesse. In questo lavoro sono stati quantificati quattro metaboliti (α -glucosio, β -glucosio, acido lattico, acido citrico) che presentano righe ben risolte nello spettro NMR. Questa non è una condizione vincolante per la quantificazione dello spettro anche se righe risolte presentano minori difficoltà di valutazione. Il calcolo dell'area di ciascuna riga relativa ai quattro metaboliti è stata effettuata mediante la simulazione dello spettro con una sovrapposizione di Lorentziane.

In figura 11 l'omogeneità del MR pomodoro è confrontata con la variabilità intrinseca del metodo di misura, ricavata dall'analisi di 10 ripetizioni dello stesso campione. La variabilità del metodo è stata valutata dell'ordine dello 0,6% per tutti gli analiti considerati (è da sottolineare che uno dei vantaggi della NMR è quello di fornire determinazioni analitiche di più metaboliti con errori di misura confrontabili). Un coefficiente di variazione medio del 2% è stato rilevato nei campioni provenienti da diverse bottiglie.

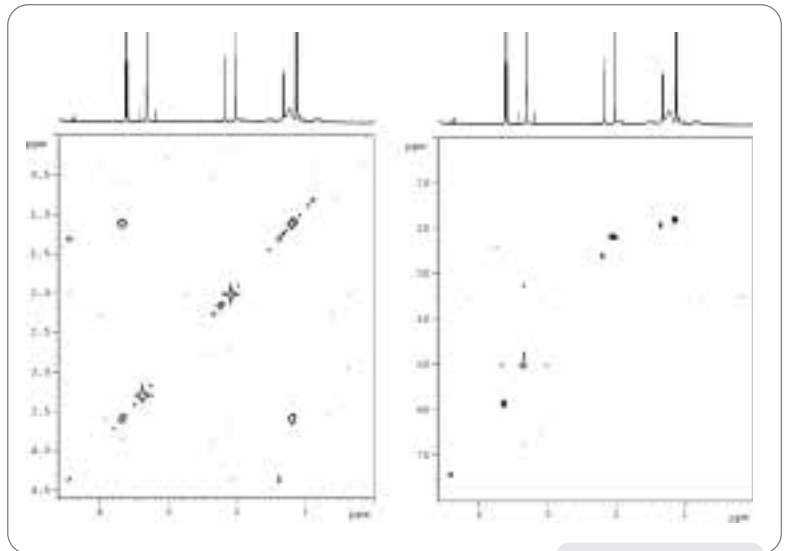
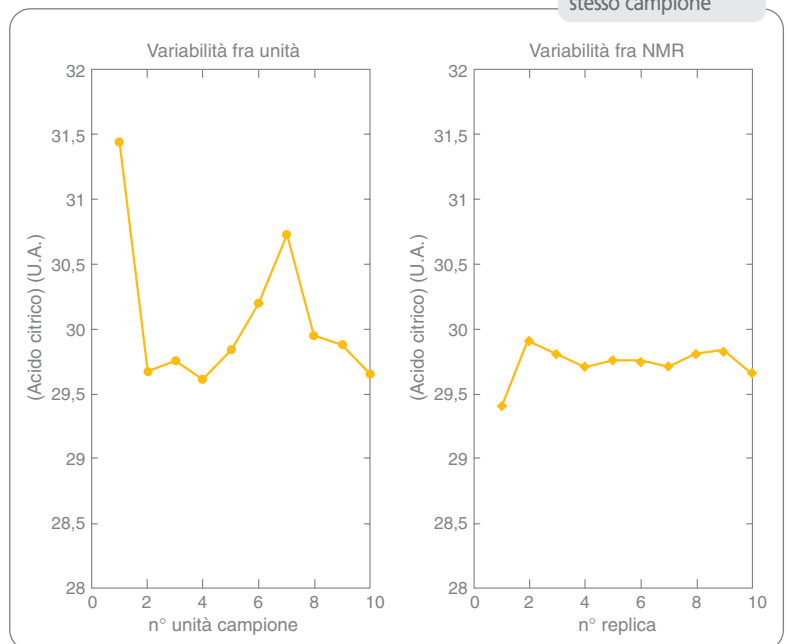


Figura 10
Spettri bidimensionali del distillato estratto dalla matrice

Conclusioni

L'aumento nel volume degli scambi commerciali a livello internazionale ha reso evidente, oggi più che in passato, la necessità di migliorare l'accuratezza delle misure, a causa delle conseguenze economiche degli errori e delle dispute originate dal disaccordo nei risultati. Tale necessità è resa ancora più pressante dall'accentuato interesse per il controllo dell'ambiente e per la protezione dei consumatori.

Figura 11
L'omogeneità del MR pomodoro è confrontata con la variabilità intrinseca del metodo di misura, ricavata dall'analisi di 10 ripetizioni dello stesso campione



Un'adeguata verifica degli strumenti e dei metodi usati nella pratica analitica può contribuire notevolmente a migliorare tale situazione.

Anche i materiali di riferimento possono dare un valido contributo, in quanto lo sviluppo di nuovi materiali e la loro disponibilità su vasta scala sono dei momenti della massima importanza per stabilire e mantenere la qualità nelle analisi chimiche, sia dei costituenti principali, sia degli elementi in traccia. Quanto detto è particolarmente vero per la caratterizzazione chimica degli alimenti per la quale i materiali di riferimento forniscono un significativo contributo al controllo della loro qualità e sicurezza.

In questo lavoro è stato descritto il processo di produzione e di caratterizzazione analitica preliminare di un materiale di riferimento di lavoro a matrice "pomodoro".

L'omogeneità e qualità del materiale sono stati valutati con una tecnica analitica innovativa quale la NMR che ha mostrato l'alto grado di coincidenza con la matrice iniziale fresca, soprattutto laddove il liofilizzato venga ricostituito con l'acqua estratta dalla stessa matrice, e la soddisfacente omogeneità del materiale ottenuto in accordo con la misura della distribuzione granulometrica.

L'attività di preparazione e di caratterizzazione può risultare estremamente utile considerando che non solo c'è bisogno di nuovi materiali, che soddisfino una maggiore varietà di necessità analitiche, ma anche di dati migliori, per quanto riguarda accuratezza e precisione, nei materiali di riferimento esistenti.

Bibliografia

1. URIANO G.A., GRAVATT C.C., *CRC Crit. Rev. Anal. Chem.*, 6, 361, 1977.
2. BIANCIFIORI M.A., MADARO M., *Reference Materials - An assessment of the present situation*, ENEA RT/INN/90/13.
3. ISO Guide 30, 1992. *Terms and definitions used in connections with reference materials*.
4. ISO Guide 32, 1997. *Calibration in analytical chemistry and use of certified reference materials*.
5. KRAMER K.J.M. KRAMER G.N., MUNTAU H., *Practical Manual for the Production of Laboratory Reference Material, Mermayde - Bergen (NL)*, 2001.
6. PAUWELS J., LAMBERTY A., SCHIMMEL H., "Homogeneity testing of reference materials", *Accred. Qual. Assur.*, 3 : 51-55, 1998.
7. LISINGER T.P.J., PAUWELS J., VAN DER VEEN A.M.H., SCHIMMEL H., LAMBERTY A., "Homogeneity and stability of reference materials", *Accred. Qual. Assur.*, 36 : 20-25, 2001.
8. VAN DER VEEN A.M.H., LISINGER T.P.J., PAUWELS J., "Uncertainty calculations in the certification of reference materials. 2. Homogeneity study", *Accred. Qual. Assur.*, 6 : 26-30, 2001.
9. PFEFFER P.E., GERASIMOWICZ W.V., *Nuclear Magnetic resonance in Agriculture*, CRC Press, 1989.
10. BELTON P.S., HILLS B.P., WEBB G.A. (editors), *Advances in Magnetic Resonance in Food Science*, RSC, 1999.
11. BIANCIFIORI M.A., LAMANNA R., MANNINA L., SEGRE A., "La Risonanza Magnetica Nucleare nel campo agro-alimentare", *Energia, ambiente e innovazione*, 2/2001, 46-58.
12. PAULI G.F., "qNMR - A versatile concept for the validation of natural product reference compounds", *Phytochem. Anal.* 12, 28-42, 2001.
13. MANIARA G., RAJAMOORTHY K., SRINIVASAN R., STOCKTON G.W., "Method performance and validation for quantitative analysis by ¹H and ³¹P NMR spectroscopy. Application to analytical standards and agricultural chemicals", *Anal. Chem.* 70, 4921-4928, 1998.
14. GIOVANNELLI G., PARADISO A., "Stability of dried and intermediate mixture tomato pulp during storage", *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 7277-7281.
15. SOBOLEV A., SEGRE A., LAMANNA R., "Proton high-field NMR study of tomato juice", *Magnetic Resonance in Chemistry*, 41 : 237-245, 2003.

Sviluppo tecnologico e dinamiche economiche nei paesi industrializzati

DANIELA PALMA
GAETANO COLETTA
ALESSANDRO ZINI
ENEA
Unità di Agenzia

Lo sviluppo economico, rappresentato dal PIL reale pro capite, viene analizzato lungo un periodo di 30 anni a partire dai primi anni 70, e rapportato ad una varietà di indicatori della dinamica tecnologica di un significativo gruppo di paesi industrializzati.

Gli indicatori sono basati sulla produzione nei settori *science based*, sulla R&S delle imprese, sulla formazione di capitale fisso lordo e sull'andamento del commercio internazionale

studi & ricerche

Technological change and economic dynamics in industrialized countries

Abstract

This paper focuses on the evolution of technological change and economic dynamics for a significant set of industrialized countries from an empirical viewpoint. Starting from the early seventies, economic growth, represented by real per capita GDP, is analysed over a 30 year span and compared to a variety of indicators used as proxies of technology dynamics. The indicators are based on production in science based sectors, business enterprise R&D, gross fixed capital formation as well as international trade. Major differences are found between the group of the leading OECD countries (United States, Japan, France, Germany, Italy and United Kingdom) and the group of some North European countries including Denmark, Finland, Netherlands and Sweden, whose technological take-off dates back to more recent years. The empirical evidence shows stronger technology cumulative-ness and divergence in economic growth for the six OECD countries at the end of the period observed. The results point out remarkable differences between "old" and "new" countries according to a complex combination of the indicators used. Nonetheless, consistency of indicators within each group is assessed as a valuable base for further analysis.

Nel corso degli ultimi venti anni il ruolo del cambiamento tecnologico nei sistemi economici è diventato oggetto di un rinnovato e crescente interesse. Questo cambiamento, infatti, ha profondamente caratterizzato il processo di crescita dei maggiori paesi industrializzati ma ha anche plasmato il decollo di nuove importanti aree a livello mondiale.

L'interesse per tali questioni è stato inoltre alimentato dal riconoscimento dell'importanza della tecnologia nelle modalità di sviluppo dei singoli paesi e delle singole aree paese^{1,2}. Si tratta di una evidenza che è emersa con forza nell'ambito dei paesi maggiormente industrializzati e nel contesto di percorsi di sviluppo che a partire dagli anni 70 sono andati gradualmente differenziandosi.

Nel presente studio, elaborato dall'attività di ricerca condotta nell'ambito del progetto ENEA "Osservatorio sull'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale", è stata elaborata una prima valutazione su come la dinamica del cambiamento tecnologico si sia riflessa con una sempre maggiore accentuazione sulla dinamica dello sviluppo dei sistemi economici industriali. In particolare si è inteso evidenziare come tale cambiamento si sia manifestato attraverso modalità ed effetti sempre più articolati, segnando la direzione del potenziale di sviluppo dei singoli paesi e aree paese. Approfondimenti sugli aspetti strutturali di questi fenomeni saranno l'oggetto di un secondo lavoro nel quale saranno presentate alcune verifiche econometriche di tipo panel e alcune evidenze circa le correlazioni tra indicatori dello sviluppo tecnologico e dello sviluppo economico.

In un terzo lavoro, infine, verranno presentate alcune riflessioni che portano a delineare un modello interpretativo generale relativo ai processi di crescita in presenza di processi permanenti di innovazione tecnologica.

Per quanto riguarda questo primo studio, l'indagine è stata condotta prendendo le

mosse da quelle analisi che, soprattutto negli ultimi dieci anni del secolo scorso e in particolar modo nell'ultimo quinquennio, hanno approfondito il legame tra tecnologia e sviluppo economico affermando uno schema interpretativo nel quale il processo di sviluppo è caratterizzato da continue trasformazioni che non prefigurano la convergenza verso un "sentiero di equilibrio di lungo periodo" ma delineano una più generale "dinamica evolutiva" dove il verificarsi di fenomeni di convergenza o divergenza tra paesi è l'esito di una particolare "vicenda storica"³. Seguendo questa impostazione, l'indagine riconosce inoltre l'importanza di fattori compositi, quali determinanti del complesso legame tra tecnologia e sviluppo² ed annovera tra questi il ruolo della proiezione competitiva attraverso una misura del vincolo estero.

Lungo le suddette linee il lavoro ripercorre l'evoluzione delle tendenze che hanno caratterizzato i pattern di crescita dei maggiori paesi industriali e ne raffronta gli andamenti con le indicazioni riflesse nei cambiamenti della struttura produttiva e più rilevanti sotto il profilo tecnologico.

I principali trend macroeconomici e tecnologici nella storia industriale degli ultimi trenta anni

Fin dalla "rivoluzione industriale" i meccanismi dello sviluppo nei maggiori paesi ad economia capitalistica sono stati profondamente contrassegnati dalle dinamiche del cambiamento tecnologico. Tale cambiamento è andato accentuandosi fino a presentare, nel XX secolo, una dinamica mai riscontrata prima. Parallelamente anche le dinamiche della crescita, oltre ad essere particolarmente significative, hanno presentato articolazioni diverse con elementi di "passaggio" del tutto specifici.

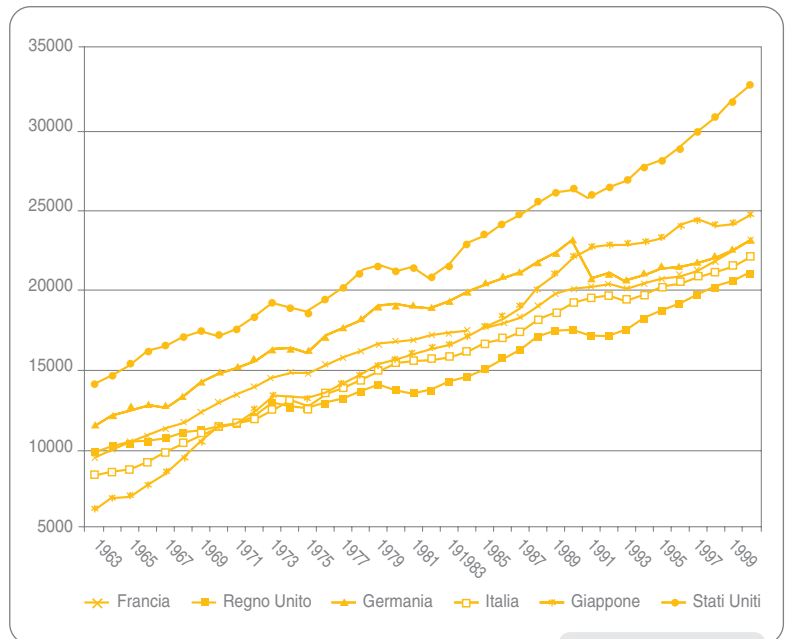
Per i maggiori paesi industrializzati (Stati Uniti, Giappone, Francia, Germania, Italia e Regno Unito) l'esame dei dati storici lungo

tutto l'arco del XX secolo ha mostrato la presenza di una forte variabilità dei trend temporali relativi ai tassi di crescita del reddito e del reddito pro capite³. Le evidenze relative ai primi cinquanta anni mostrano che, ad eccezione dei periodi relativi ai due conflitti mondiali, la crescita è apparsa elevata e significativa per tutti i paesi, pur essendo comunque di assoluto spicco la posizione degli Stati Uniti. Nel secondo periodo si determina una forte "rottura" di fondo in cui appare rilevante la posizione occupata dall'Europa e dal Giappone che condividono un trend di rapida ed intensa crescita con tassi tra i più alti mai conosciuti in tutto il corso del secolo. Si realizza così un sensibile avvicinamento agli Stati Uniti che, pur confermando tassi di crescita assai elevati, registrano uno smorzamento del trend precedente.

A partire dagli anni 70 tutti i paesi evidenziano tuttavia un forte assestamento del trend di crescita stabilizzandosi su livelli relativamente costanti. Lo scorcio degli ultimi dieci anni mostra in verità qualche "turbolenza" e, sebbene non sia possibile emettere valutazioni sugli andamenti del trend per la brevità del periodo, consente di individuare una qualche significativa differenziazione nelle dinamiche di crescita del reddito dei diversi paesi. In tal senso è rilevante la divergenza evidenziata dal reddito pro capite dei sei paesi, non solo nei livelli, ma anche nei tassi di variazione (figure 1 e 2).

Il nuovo scenario sembra in altri termini testimoniare, se non un "cambiamento di rotta" vero e proprio, l'emergere di una dinamica divergente che si segnala per l'arresto del trend di crescita dei paesi, mostrando in alcuni casi perfino un indebolimento di quello precedente.

L'elemento della divergenza tra paesi si segnala comunque come un dato di elevato interesse strutturale, tanto più se si considera la conclusione di una lunga fase di crescita accelerata e la transizione delle maggiori economie industrializzate dal si-

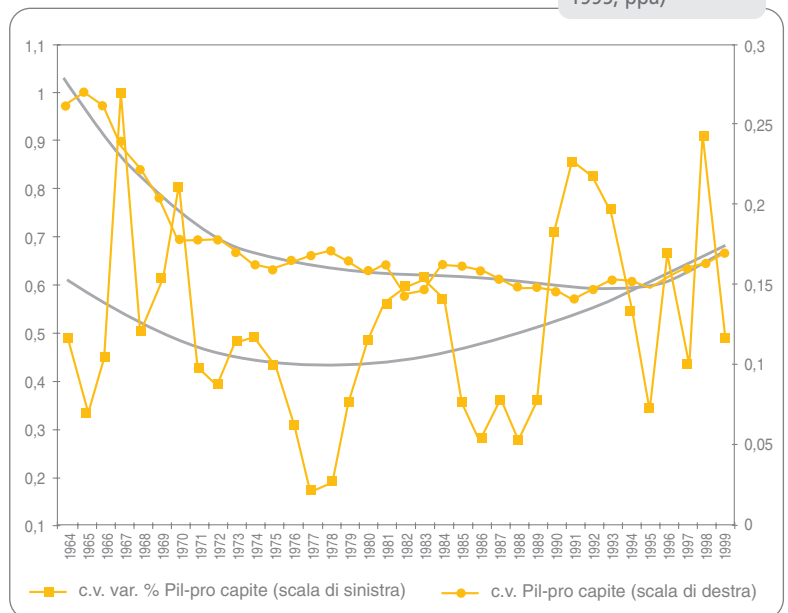


Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

Figura 1
Andamento del PIL pro capite ai prezzi di mercato nei sei maggiori paesi OCSE (\$ costanti, 1995, ppa)

stema di "produzione di massa", fortemente sospinto dagli Stati Uniti, ad un "riallineamento" tra paesi entro un quadro complessivo di nuove ondate tecnologiche estremamente più variabili e variegate. Il passaggio a questo "nuovo ordine economico" si alimenta peraltro in un contesto di esteso allargamento del mercato internazionale, innescando una dinamica della crescita che trae sempre più la propria linfa da una

Figura 2
Andamento del coefficiente di variazione del PIL pro capite nei sei maggiori paesi OCSE (\$ costanti, 1995, ppa)



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

Tabella 1

Quota percentuale dei settori *science based* sulla produzione per paese

Paese	78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	98-99-00
Francia	8,67	10,31	11,97	12,97	14,62**
Regno Unito	8,62	10,79	12,63	13,98	16,15**
Germania	7,32	8,36	9,35	8,17	8,93**
Italia	6,13	6,27	6,94	5,83	n.d.
Giappone	8,75	12,79	14,73	14,81	n.d.
USA	11,52	15,33	16,36	16,80	18,94
Danimarca	4,77***	5,71	6,81	8,11	10,27**
Finlandia	2,51***	3,35	4,93	9,39	16,74**
Olanda	8,93***	9,99	11,31	12,08	n.d.
Svezia	6,66***	7,92	8,73	12,92	18,60**

* Media riferita agli anni 1998-1999
 ** Valore del 1998
 *** Valore del 1980

Fonte: Elaborazione ENEA su dati STAN-OCSE

specializzazione commerciale dovuta alla presenza di vantaggi comparati di natura tecnologica⁴⁻⁷.

Lo spostamento verso le produzioni *science based* si è realizzato con continuità per tutti i maggiori paesi industriali (tabella 1) ma con dinamiche alquanto diversificate. In particolare, nel corso degli anni 80, si è determinata un'accelerazione del processo di concentrazione in questi settori con un recupero della distanza rispetto agli Stati Uniti, che sarà completato tra la metà del periodo e la fine del decennio con valori compresi tra il 12% e il 13%.

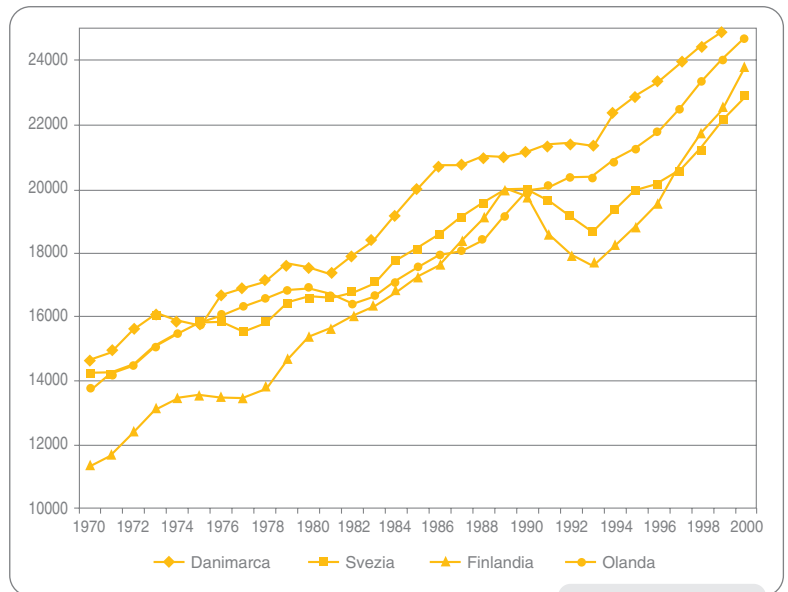
Una nuova "cesura" emerge con l'inizio degli anni 90, quando si verifica un ulteriore incremento della concentrazione della produzione *science based* negli Stati Uniti al quale seguono un assestamento di Giappone, Regno Unito e Francia, una stabilizzazione della Germania (che "sconta" gli anni dell'unificazione) e un arretramento dell'Italia che ritorna su livelli pari a quelli riportati all'inizio degli anni 70⁸. La concentrazione della produzione nel comparto *science based* si stabilizza così per quest'ultima su valori compresi tra il 5% e il 6%. Nel complesso, si determina un percorso di divergenza nel quale spiccano le posizioni acquisite da tutti quei paesi che sono avanzati regolarmente nel corso del periodo e che si attestano su valori pari al doppio dell'inizio degli anni 70⁸.

Nel corso degli anni 80 l'incremento della concentrazione della produzione nel comparto *science based* inizia ad interessare significativamente anche un insieme di nuovi soggetti industriali presenti nell'area del Nord Europa (tabella 1). Svezia, Finlandia e Danimarca si avviano in questo periodo su un percorso che li porta a raggiungere e in qualche caso a superare – la Svezia con quote superiori al 18% e la Finlandia con quote superiori al 16% – i sei maggiori paesi Ocse. Tale dinamica segna per questo club di paesi l'avvio di un' traiettoria di forte convergenza lungo un trend nell'ambito della quale è possibile includere anche l'Olanda, forte già di posizioni assai vicine a quelle dei sei maggiori paesi industriali. Il processo appare inoltre coinvolgere in senso più generale il progressivo allineamento del PIL pro-capite, sebbene con significativi movimenti oscillatori (figura 3). La dinamica tecnologica evidenziata dallo spostamento delle attività manifatturiere verso le produzioni *science based* trova forte riscontro negli andamenti relativi alla spesa in R&S del comparto industriale (BERD, Business Enterprise R&D).

Nel corso degli anni 80, si rileva una crescita sostenuta ed in alcuni casi accelerata della Berd, con l'accostamento progressivo di tutti i maggiori paesi industriali ai livelli degli Stati Uniti, a loro volta in forte ascesa (figura 4). Negli anni 90 questo *trend* subi-

sce tuttavia un apprezzabile assestamento, tranne nel caso degli Stati Uniti e del Giappone. Nell'ambito degli altri paesi appare nuovamente caratteristica la situazione tedesca e quella italiana, la prima relativa ad una forte discesa di livello nel periodo della riunificazione, ma a partire da livelli tra i più alti dopo quelli degli Stati Uniti e con espliciti segnali di recupero in un breve lasso, la seconda per una inversione di rotta partendo inoltre da livelli molto più bassi rispetto a quelli di tutti gli altri paesi. Il manifestarsi di queste dinamiche sul finire del decennio sembra in effetti portare alla luce una diversa configurazione dello scenario tecnologico relativo ai maggiori paesi industrializzati, con una divaricazione dei pattern della BERD da attribuirsi ai percorsi di crescita accelerata intrapresi da Stati Uniti e Giappone da un lato e al processo di assestamento che ha interessato l'area europea.

Un fenomeno importante caratterizza per altri versi l'area dell'Europa del nord a partire dal decennio 80 (figura 5). È in questo periodo che vanno infatti a delinearsi dinamiche della spesa BERD che contribuiranno ad un significativo allargamento della base tecnologica europea nel corso degli anni 90. L'inizio di questa fase appare contrassegnato dalla presenza di Svezia e Olanda, paesi nei quali la spesa BERD, oltre a collocarsi sui livelli più alti, cresce con forte accelerazione nel primo quinquennio 80. Il *pattern*, in continua ascesa, risulta in breve corroborato dal contributo di Finlandia e Danimarca lungo percorsi di intenso sviluppo nell'arco degli anni 90 che ne segnano il consolidamento su livelli comparabili a quelli dei paesi industriali con le quote più alte. Per effetto di tali dinamiche, nella seconda metà del decennio 90 si rileva, in particolare, una visibile convergenza dei *trend* della BERD che riporta i diversi paesi su una scala di confronto simile a quella osservata all'inizio degli anni 90. Gli andamenti della BERD assumono poi una particolare accentuazione se la lettura



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

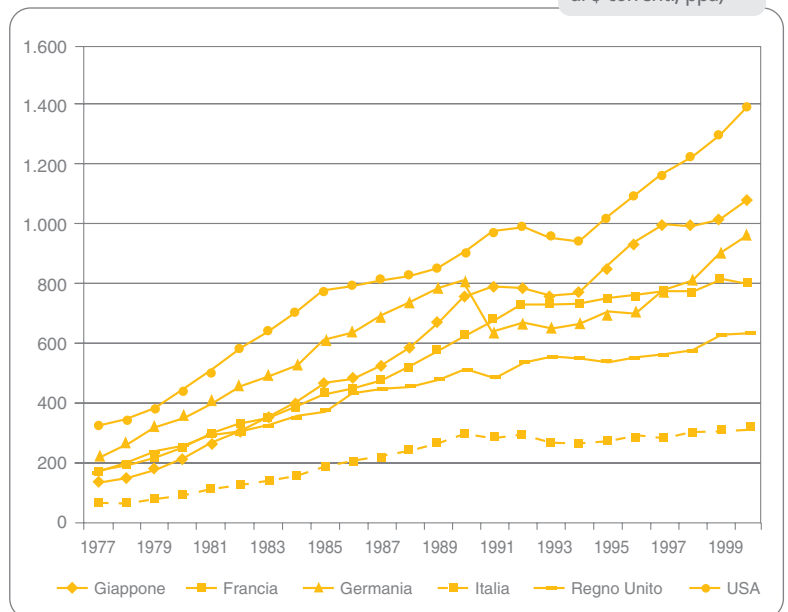
Figura 3

Andamento del PIL pro capite ai prezzi di mercato in alcuni paesi del Nord Europa (\$ costanti, 1995, ppa)

viene ricondotta a quella parte di spesa destinata ai settori *science based*. Per definizione intensivi di R&S⁹, questi settori hanno rappresentato anche una quota crescente della BERD del manifatturiero per tutti i paesi osservati. Una netta demarcazione deve essere tuttavia tracciata tra il gruppo dei maggiori paesi industrializzati e quello degli "emergenti" dell'Europa del Nord. Nel primo caso la concentrazione della BERD *science based* è in crescita fino alla

Figura 4

Andamento della spesa BERD per occupato nei sei maggiori paesi OCSE (milioni di \$ correnti, ppa)



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

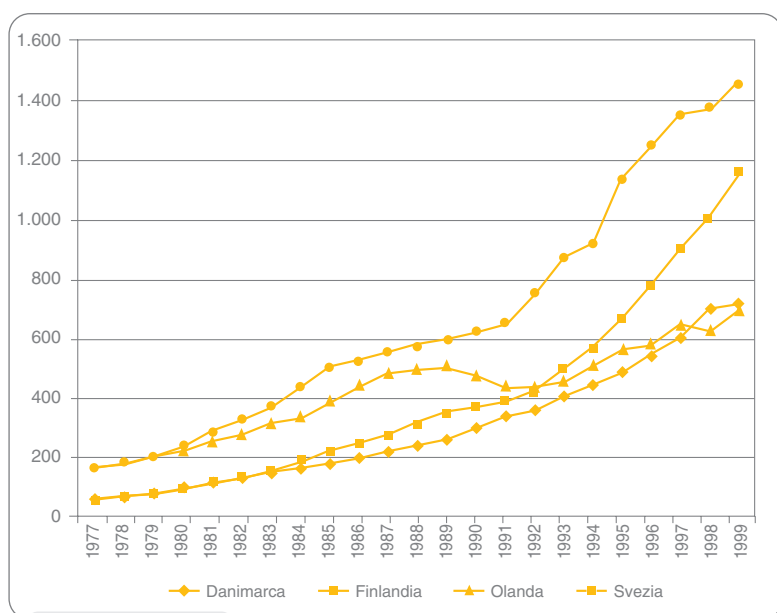


Figura 5
Andamento della BERD per occupato in alcuni paesi del Nord Europa (milioni di \$ correnti, ppa)

Fonte: Elaborazione ENEA su dati Ocse

metà degli anni 80 – con valori generalmente superiori al 50% (tabella 2) –, ma subisce un sostanziale assestamento negli anni successivi sebbene, per ciascun paese, intorno ai rispettivi massimi raggiunti. In particolare è possibile osservare come nell'ultima parte degli anni 90, e parallelamente al delinearci di quelle differenziazioni che hanno caratterizzato in questo ambito gli andamenti della BERD, la concentrazione della BERD *science based* segnala un "avvicinamento" tra i maggiori paesi industriali. Gli Stati Uniti, primi in questa graduatoria a partire dalla prima metà degli anni 80 e per più di un decennio detentori di quote stabilmente superiori al 60%, subiscono nell'ultimo periodo una discreta flessione compensata tuttavia dal forte aumento riscontrato per la BERD nel suo complesso (tabella 3). In opposta

posizione si trova il Giappone con quote persistentemente al di sotto della media ma crescenti, che lo rendono sempre più confrontabile con il resto dei paesi osservati (41% valore nel periodo 1997-1999). Il sistema innovativo del Giappone sembra dunque correggere nel corso degli anni 90 la propria caratteristica struttura "diffusa"⁸ lasciando alla Germania la posizione più rappresentativa in questo senso.

L'aumento di concentrazione della BERD nei settori *science based* nell'area dei paesi Nord europei assume, invece, un andamento differente. Inizialmente al di sotto della media dei maggiori paesi industriali, questa quota inizia un percorso di ascesa accelerata a partire dagli anni 80 proprio quando, come visto, tutti gli altri maggiori paesi industriali raggiungono il culmine. Nei primi anni 90 inizia in particolare a delinarsi un allineamento dei diversi paesi intorno a valori prossimi al 50% della BERD manifatturiera che segna anche l'avvio di un percorso di forte convergenza di tutte le quote verso valori largamente superiori al 50% alla fine del decennio (tabella 4).

Il percorso di progressiva concentrazione della BERD nel comparto *science based* si accentua anche a livello di singoli settori, ma mostra una più specifica caratterizzazione a partire dalla seconda metà degli anni 80. È in questi anni, infatti, che alcune quote segnalano un più evidente aumento della concentrazione andando ad aprire nuovi fronti tecnologici e significative polarizzazioni a livello di singoli paesi (tabelle 3 e 4).

Mentre si consolida il processo di crescita della BERD nei comparti dell'elettronica di consumo e telecomunicazioni e, in misura

Tabella 2
Incidenza percentuale dei settori *scienze based* sulle spese BERD effettuate nel settore manifatturiero - Totale dei sei maggiori paesi OCSE

	78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99
Farmaceutica	5,45	5,69	7,15	10,05	9,75
Macchine per ufficio	6,88	8,85	9,94	8,13	8,58
Elettronica di consumo e telecomunicazioni	15,70	18,15	14,16	14,53	15,38
Aerospazio	16,59	18,60	16,38	11,07	8,77
Meccanica di precisione	4,76	4,72	4,89	8,32	8,20
Totale <i>science based</i>	49,38	56,00	52,53	52,09	50,68

Fonte: Elaborazione ENEA su dati Ocse

Totale science based						Elettronica di consumo e telecomunicazioni					
	78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99		78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99
Francia	53,45	56,40	42,38	56,11	54,59	Francia	21,73	23,21	8,97	12,34	14,41
Germania	34,03	32,67	37,97	34,92	34,89	Germania	16,24	16,74	19,14	13,58	11,98
Giappone	29,28	35,26	36,93	38,42	41,27	Giappone	14,97	19,20	17,04	17,35	18,14
Italia	45,74	50,26	50,93	53,33	48,83	Italia	18,46	14,98	16,05	22,44	23,86
Regno Unito	60,89	62,69	51,33	50,64	55,29	Regno Unito	24,50	26,67	9,12	7,76	9,20
USA	55,79	66,68	64,68	63,24	57,79	USA	13,64	16,69	12,85	13,97	15,17
Farmaceutica						Aerospazio					
	78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99		78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99
Francia	6,19	7,35	7,82	12,88	15,02	Francia	19,12	19,31	20,19	15,49	13,50
Germania	6,65	5,02	5,69	5,41	7,05	Germania	6,58	6,49	8,03	7,43	8,11
Giappone	6,53	6,17	5,83	7,25	6,66	Giappone	0,87	0,70	0,80	0,72	1,03
Italia	13,53	13,21	14,55	11,35	9,97	Italia	6,88	13,55	12,37	11,88	10,81
Regno Unito	7,89	9,84	16,30	24,58	27,77	Regno Unito	20,95	17,79	13,78	11,70	12,71
USA	4,13	4,64	6,45	10,45	9,40	USA	22,23	26,99	25,48	16,68	11,52
Macchine per ufficio						Meccanica di precisione					
	78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99		78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99
Francia	5,09	5,09	4,25	3,34	2,57	Francia	1,32	1,44	1,15	12,07	9,10
Germania	2,53	2,71	3,43	4,45	2,27	Germania	2,04	1,70	1,68	4,04	5,48
Giappone	3,71	5,67	9,72	9,25	10,83	Giappone	3,20	3,52	3,54	3,85	4,60
Italia	5,90	7,64	6,73	5,90	2,10	Italia	0,98	0,89	1,24	1,76	2,09
Regno Unito	5,86	7,18	7,58	2,49	1,36	Regno Unito	1,69	1,21	4,55	4,11	4,25
USA	9,03	11,73	12,85	10,04	10,65	USA	6,76	6,63	7,05	12,09	11,05

Fonte: Elaborazione ENEA su dati STAN-OCSE

ancora più evidente, nelle macchine per ufficio, nella farmaceutica e nella meccanica di precisione si avviano negli anni 90 percorsi "paradigmatici" che contribuiscono ad una significativa diversificazione all'interno del comparto *science based*.

Il processo di accumulo della BERD nella farmaceutica si fa sempre più consistente nella prima metà degli anni '90 arrivando a rappresentare più del 10% della BERD manifatturiera nei sei maggiori paesi industriali ed assumendo, in alcuni paesi, valori delle quote fino a tre volte superiori. I paesi rappresentativi di questi andamenti sono in particolare il Regno Unito, con una quota pari a quasi il 28% alla fine degli anni 90, la Danimarca, particolarmente specializzata nel settore, che arriva a fine decennio 90 a presentare la concentrazione più alta con quasi il 36%, ma anche la Svezia (19% circa a fine periodo), la Francia (15% circa a fine

periodo), e l'Olanda (12% circa a fine periodo). In aperta controtendenza è il dato dell'Italia che mostra un declino delle quote, inizialmente apprezzabili (14% circa), quando tutta la BERD nel suo complesso comincia ad invertire il pur debole *trend* di crescita divergendo dal resto dei paesi.

Il caso della meccanica di precisione appare ancora più eclatante per la forte discontinuità con cui si manifesta la crescita della BERD e per la consistenza che quest'ultima raggiunge in un arco relativamente breve di anni (seconda metà degli anni 90). Nell'ambito dei sei maggiori paesi OCSE più dell'8% della BERD manifatturiera è attribuito alla meccanica di precisione a fine decennio, quasi il doppio della consistenza rilevabile fin dal principio degli anni 80. È peraltro nell'ambito di questo gruppo di paesi che il fenomeno assume un'intensità particolare. Ne sono capofila Francia e

Tabella 3

Incidenza dei settori *science based* sulle spese BERD effettuate nel settore manifatturiero nei sei maggiori paesi OCSE

Totale science based						Elettronica di consumo e telecomunicazioni					
	78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99		78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99
Danimarca	41,66	41,73	47,33	47,15	55,08	Danimarca	10,71	9,62	9,72	9,30	9,42
Finlandia	26,19	29,00	31,78	42,68	59,62	Finlandia	12,00	12,05	17,14	28,61	51,09
Olanda	29,77	31,46	32,58	37,23	51,32	Olanda	18,23	20,32	17,70	17,96	26,86
Svezia	32,85	38,44	45,91	55,27	55,67	Svezia	1,97	17,51	24,06	23,62	26,49
Farmaceutica						Aerospazio					
	78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99		78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99
Danimarca	15,41	17,12	22,02	27,66	35,60	Danimarca	-	-	-	-	-
Finlandia	6,25	6,20	5,50	6,28	4,29	Finlandia	0,19	0,34	0,30	0,16	0,04
Olanda	7,54	6,52	7,91	8,59	11,92	Olanda	1,83	2,97	2,28	2,74	0,67
Svezia	7,87	9,10	12,00	15,78	18,56	Svezia	7,46	7,23	5,51	5,61	3,47
Macchine per ufficio						Meccanica di precisione					
	78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99		78-79-80	83-84-85	88-89-90	93-94-95	97-98-99
Danimarca	4,68	4,29	3,64	1,55	1,24	Danimarca	10,86	10,71	11,95	8,64	8,82
Finlandia	3,60	4,36	4,41	3,18	0,78	Finlandia	4,15	6,06	4,43	4,45	3,41
Olanda	1,33	1,03	3,71	6,26	9,37	Olanda	0,84	0,62	0,97	1,67	2,50
Svezia	13,96	2,98	3,04	2,51	0,82	Svezia	1,59	1,62	1,30	7,74	6,33

Tabella 4

Incidenza percentuale della spesa dei settori *science based* effettuate nel settore manifatturiero - Nord Europa

Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

Stati Uniti con quasi il 12% della BERD manifatturiera, ma non secondario appare il contributo della Germania con una quota a fine decennio superiore al 6%. La dinamica del comparto, che interessa diffusamente tutti i paesi, è oltremodo interessante in tutti quei paesi del nord Europa per i quali gli anni 90 hanno sancito un vero e proprio "decollo" tecnologico. Sono questi i casi della Svezia, che si sviluppa lungo un pattern di crescita che la porta a detenere a fine decennio più del 6% della BERD manifatturiera nella meccanica di precisione; la Danimarca con più dell'11% al principio degli anni 80 e quasi il 9% a fine decennio 90; la Finlandia con quote quasi sempre oscillanti intorno al 4%. I settori delle macchine per ufficio e dell'elettronica di consumo e telecomunicazioni, dal canto loro, si confermano stabili sulla linea di intensi processi di innovazione ormai ampiamente affermati, rappresentando alla fine degli anni 90 più del 20% della BERD manifatturiera dei maggiori paesi industriali. Stabili, parimenti, continuano ad essere le caratteristiche della configurazione della base innovativa nei diversi paesi.

È palese infatti la polarizzazione delle macchine per ufficio in area extra europea con una partecipazione di Stati Uniti e Giappone sempre più accentuata (10% della Berd manifatturiera è la quota destinata dai due paesi al settore).

In tutti gli altri casi, fatta eccezione per l'Olanda (con quote comprese tra il 6-8%), le macchine per ufficio rappresentano quote assai esigue (1-2%), rimarchevoli anche per l'uscita negli anni 90 dei pochi soggetti presenti (è il caso del Regno Unito).

Diffusa è, invece, la presenza dell'elettronica di consumo e delle telecomunicazioni, un settore che in tutti i paesi e lungo tutto il periodo osservato non incide mai per meno del 10% della BERD manifatturiera. Il settore mostra tuttavia dinamiche fortemente differenziate a livello di singoli paesi lungo trend anche molto contrastanti. Sostanziale appare infatti il declino delle quote dei maggiori paesi europei negli anni 90 (ad eccezione dell'Italia a fronte, comunque, di un declino della Berd nel suo complesso), mentre si consolida la posizione di Stati Uniti e Giappone con quote a fine anni 90 superiori al 15%. Una vera e

propria rapida e intensa ascesa riguarda invece il gruppo dei paesi del Nord Europa con in testa la Finlandia (più del 50% a fine 90) seguita da Olanda e Svezia con più del 26% a fine decennio 90.

Resta infine significativa l'incidenza dell'aerospazio nel gruppo dei sei maggiori paesi OCSE (ad eccezione del Giappone) che contribuisce alla BERD con valori alti ma con andamenti assai altalenanti fino alla fine degli anni 80 (circa 18%) e con un declino delle quote nell'ultimo decennio (circa 10%). Il settore rivela, in particolare, la variegata collocazione della specializzazione tecnologica di alcuni paesi "guida" (Stati Uniti, Francia e Regno Unito) fino a tutto il corso degli anni 80, segnalando poi per tutti questi paesi, a partire dal decennio successivo, un fenomeno di diffusa despecializzazione.

In definitiva è possibile osservare come l'emergere di una base sempre più consistente e diffusa di produzioni ad elevato contenuto tecnologico nelle aree più industrializzate abbia trovato corrispondenza sia in un generale potenziamento degli investimenti in R&S, sia in una progressiva concentrazione di tali investimenti nel settore dell'alta tecnologia. Tale concentrazione è stata tuttavia caratterizzata anche da processi di forte diversificazione in comparti specifici dell'alta tecnologia ed è in quest'ultima direzione che si sono andati profilando percorsi innovativi differenziati a livello di paese. Si configura così da un lato uno scenario sempre più complesso della "divisione internazionale" del lavoro, mentre dall'altro si conferma l'importanza del concetto di "ridondanza", quantitativa e qualitativa, dei sistemi di ricerca¹⁰.

Il ruolo del contesto internazionale

Il nuovo assetto dei sistemi produttivi fin qui esaminato si è soprattutto consolidato nell'ambito del progressivo e crescente ampliamento del mercato mondiale che,

come già accennato, ha naturalmente sollecitato il riorientamento della struttura del commercio.

L'entrata delle produzioni *science based* sul mercato internazionale aveva investito in misura assai consistente Stati Uniti e Giappone lasciando solo al Regno Unito un ruolo significativo tra i paesi europei. Con l'inizio degli anni 90, tuttavia, si è avviato per questi ultimi un processo di straordinario recupero lungo un percorso che non ha conosciuto soste¹¹. Sostanziale è divenuto il contributo delle esportazioni di prodotti ad alta tecnologia – elaborato sulla base del paniere *high tech* dell'Osservatorio ENEA sull'Italia nella competizione tecnologica internazionale – che alla fine di questo decennio rappresentano più di un terzo del commercio manifatturiero della Francia e più di un quarto di quello della Germania¹¹. Unica eccezione in questo quadro è rappresentata dall'Italia che si arresta sui livelli raggiunti alla fine degli anni 80 (circa il 15%), un risultato peraltro conseguito nell'ambito della fase decisiva del cambiamento di specializzazione dei maggiori paesi industriali nei settori *science based*. Si accentua in particolare in questo periodo la divergenza tra i sei maggiori paesi OCSE anche a causa dell'ulteriore avanzata degli Stati Uniti, con più del 41% dell'export concentrato nell'alta tecnologia, e della ripresa del Regno Unito che si porta su valori confrontabili con quelli degli Stati Uniti.

Similmente a quanto già rilevato per la produzione e per la spesa in R&S, il contributo alla ripresa dei paesi europei nel commercio dei prodotti ad alta tecnologia e, in definitiva, all'affermazione di una nuova presenza europea in questo comparto è dovuta anche alle positive dinamiche di diversi paesi dell'area Nord. Tra questi emergono significativamente la Svezia, seguita dalla Finlandia e, proprio alla fine del decennio 90, dalla Danimarca. In coerenza con lo spostamento generale delle rispettive economie verso i comparti *science based*, il commercio di tali paesi si caratterizza per

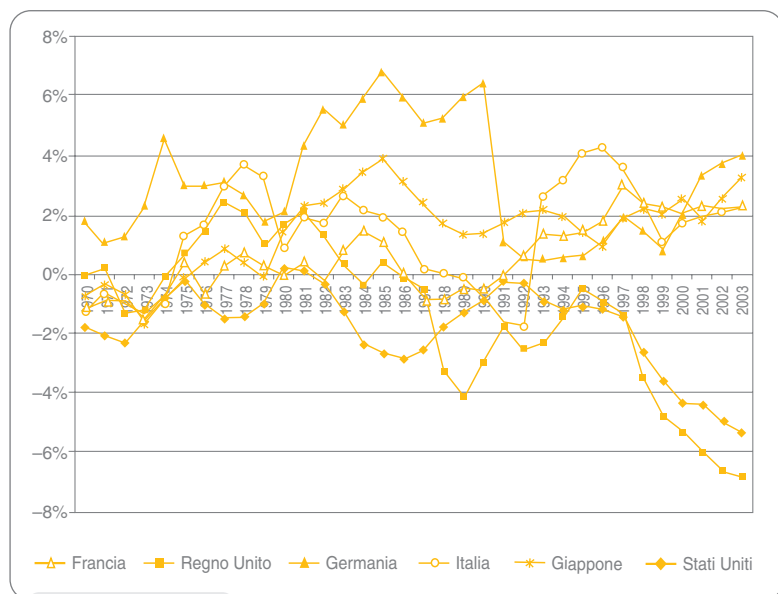
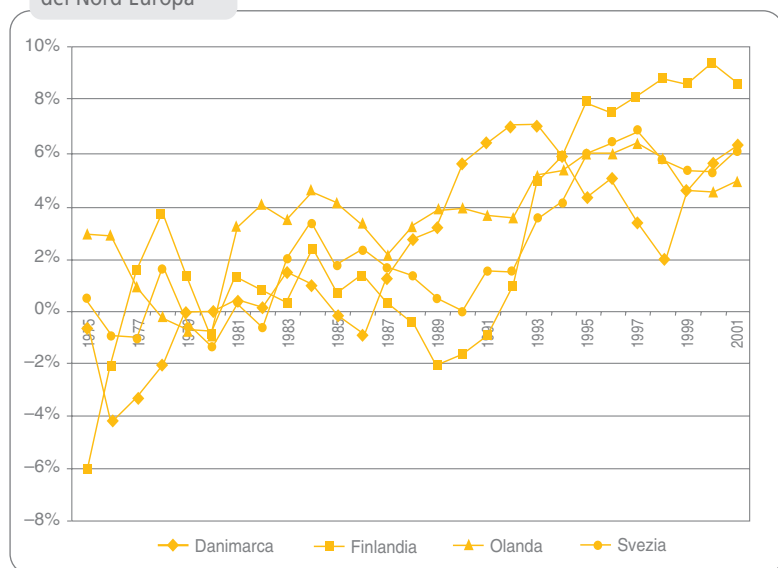


Figura 6
Andamento del saldo commerciale totale in rapporto al PIL nei sei maggiori paesi OCSE

Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

una specializzazione non solo sempre più spiccata in quest'ambito, ma anche confrontabile con quella dei sei maggiori paesi OCSE. Nel 2000 la Svezia presenta più del 30% del suo export manifatturiero concentrato in prodotti ad alta tecnologia e la Finlandia, un paese che agli inizi degli anni 80 presentava poco più del 5% dell'export manifatturiero nell'alta tecnologia e che con la fine degli anni 80 aveva intrapreso un percorso di rapida ascesa lungo questo sentiero, si attesta sui medesimi li-

Figura 7
Andamento del saldo commerciale totale in rapporto al PIL in alcuni paesi del Nord Europa



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

velli. La Danimarca, infine, si attesta su una quota del 23% conquistata soprattutto negli ultimi anni irrobustendo, comunque, quel 10% di concentrazione già presente all'inizio degli anni 80. L'entità di questa *performance* può essere ulteriormente valutata attraverso il confronto con l'Italia che alla fine del decennio 90 riporta un'incidenza dell'export ad alta tecnologia sull'export manifatturiero pari a circa il 60% di quella della Danimarca, avendo perso più di 10 punti percentuali solo negli ultimi 5 anni.

Gli straordinari risultati riportati da Svezia, Finlandia e Danimarca non debbono tuttavia far sì che sia tralasciata la stabile posizione dell'Olanda che si consolida assai significativamente evidenziando nel 2000 una quota del 40% dell'export in prodotti ad alta tecnologia. In senso più generale deve essere inoltre rilevata la forte coesione della dinamica di crescita dell'export di prodotti ad alta tecnologia in tutti questi paesi del Nord Europa, che dà luogo anche ad una progressiva riduzione delle distanze che li separano.

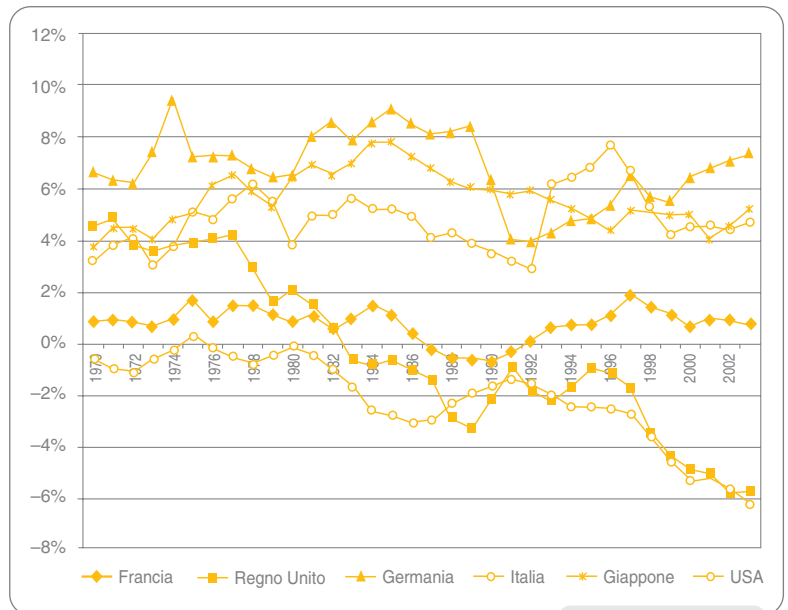
L'apertura del decennio 90, che prefigura per i maggiori paesi industriali l'entrata in una nuova fase di sviluppo tecnologico, tende dunque a delineare anche una nuova dinamica dei vantaggi tecnologici e della specializzazione sul mercato internazionale. Il valore di queste risultanze appare tanto più significativo quanto più si approfondisce la collocazione competitiva dei diversi paesi. L'amplificazione dei processi innovativi nell'ambito del processo di globalizzazione si è tradotta infatti in sempre più ampie modificazioni nei saldi commerciali determinate in misura crescente dalle posizioni di vantaggio dei singoli paesi nel mercato dei prodotti ad alta tecnologia. In questo contesto particolarmente rilevante è stato il ruolo assunto dalle esportazioni, sempre più diversificate tra paesi a livello di specifici settori *high-tech*¹¹. L'andamento delle importazioni, per converso, ha mostrato una variabilità molto meno accentuata in uno scenario in cui la

trasformazione dei sistemi produttivi ha portato in tutti i paesi una forte penetrazione delle importazioni di prodotti ad alta tecnologia, soprattutto a partire dagli anni 80. Nell'ambito dei maggiori paesi industrializzati questo fenomeno si è configurato nei termini di una vera e propria convergenza dell'*import penetration* di prodotti ad alta tecnologia. La dinamica appare invece assai più diversificata nell'area nord europea dove per il gruppo dei paesi emergenti cominciano a evidenziarsi gli effetti del progressivo costituirsi di una base produttiva con un diverso profilo di specializzazione i quali amplificano, talvolta, le differenze relative import penetration di prodotti ad alta tecnologia.

Le diversità tra posizioni competitive osservabili dagli andamenti dei saldi commerciali risultano particolarmente evidenti se si effettua il confronto tra gli andamenti del saldo commerciale totale (beni e servizi), del saldo commerciale manifatturiero e, infine, del saldo commerciale dei prodotti ad alta tecnologia.

Per i sei maggiori paesi industriali emerge nel decennio '90 un accentuato processo di convergenza della bilancia commerciale totale – nei livelli e in buona misura anche nei tassi – mentre se ne profila uno di opposta tendenza nel caso della bilancia commerciale manifatturiera (figure 6 e 8). Il fenomeno si delinea parallelamente a quello relativo all'aumento della concentrazione delle produzioni ad alta tecnologia nel comparto manifatturiero che attraversa tutto il commercio mondiale, più del 30% alla fine del decennio 90¹¹. Questo risultato si rafforza se si esaminano gli andamenti dei saldi commerciali nei prodotti ad alta tecnologia, soprattutto a partire dagli anni 90 (figura 10). È in questo periodo, d'altra parte, che i paesi europei hanno realizzato nell'alta tecnologia un parziale recupero del terreno perso nel corso degli anni '80 facendo emergere proprie specifiche specializzazioni¹¹.

Nell'ambito dei maggiori paesi europei



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

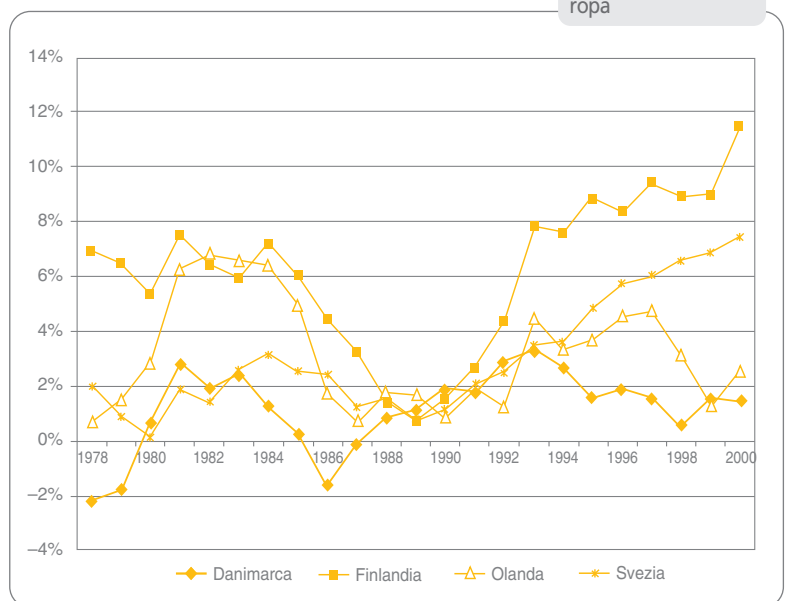
Figura 8

Andamento del saldo commerciale manifatturiero in rapporto al PIL nei sei maggiori paesi OCSE

analizzati nel presente studio, è possibile osservare posizioni di netta inversione di tendenza del saldo commerciale dell'alta tecnologia come nel caso della Francia che, lungo un *trend* di continuo miglioramento avviatosi nel decennio 80, attraversa gli anni 90 con saldi positivi e crescenti. Non secondario è comunque il contributo di Regno Unito e Germania, quest'ultima presente con un percorso di recupero a partire dal periodo successivo all'unificazione.

Figura 9

Andamento del saldo commerciale manifatturiero in rapporto al PIL in alcuni paesi del Nord Europa



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

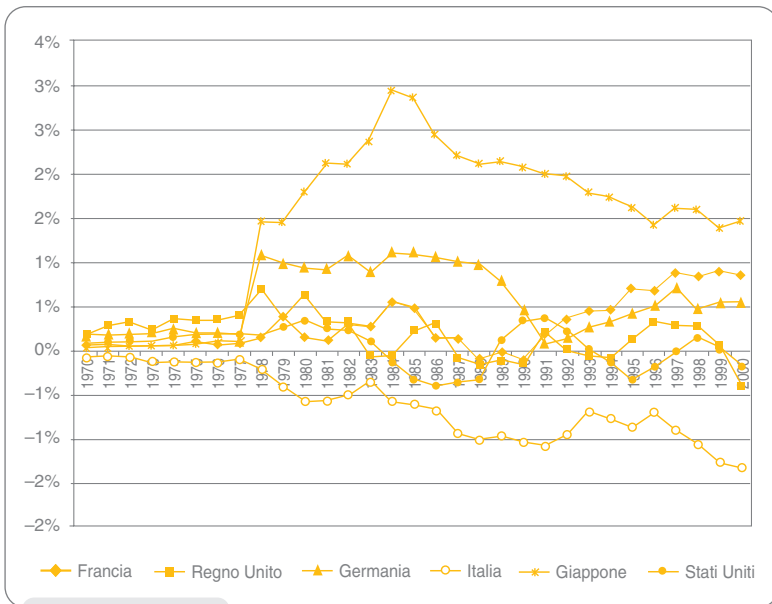


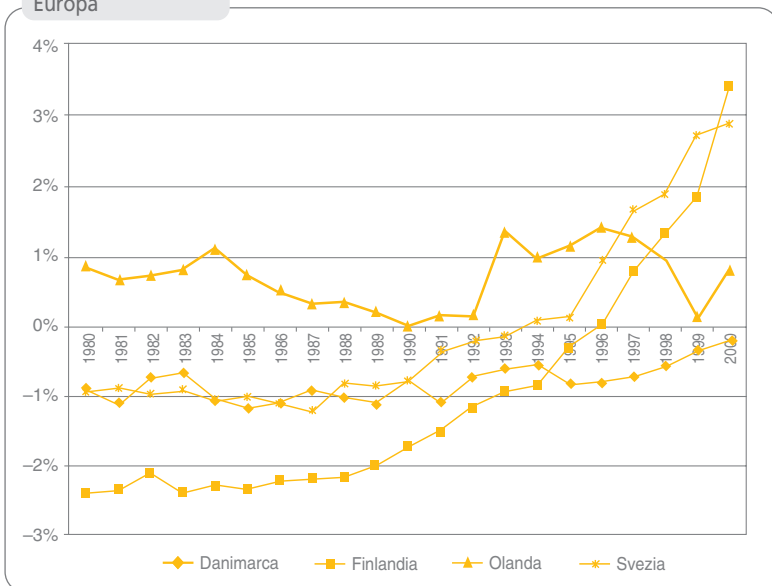
Figura 10
Andamento del saldo commerciale di prodotti ad alta tecnologia in rapporto al PIL nei sei maggiori paesi OCSE

Fonte: Osservatorio ENEA sull'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale

Parallelamente, anche per gli Stati Uniti gli scambi di prodotti ad alta tecnologia hanno conosciuto un nuovo impulso. All'estremo opposto si rileva, invece, la posizione dell'Italia che approfondisce il proprio deficit nel comparto contribuendo per questo verso ad elevare la divergenza tra paesi.

Diversamente dai sei maggiori paesi OCSE, la collocazione competitiva dei paesi del Nord Europa emersi nell'ultimo decennio si contraddistingue per una si-

Figura 11
Andamento del saldo commerciale relativo ai prodotti ad alta tecnologia in rapporto al PIL in alcuni paesi del Nord Europa



Fonte: Osservatorio ENEA sull'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale

gnificativa omogeneità. Nell'ambito di tutte le posizioni commerciali, ivi inclusa l'alta tecnologia, si evidenzia una forte convergenza (figure 7, 9 e 11). Si conferma, in altri termini, l'avvio di un processo di specializzazione nell'area dell'alta tecnologia che assegna una nuova configurazione all'economia di questi paesi (fatta eccezione per l'Olanda, soggetto presente già da tempo nel comparto) e che si impone in una sua prima fase di "evoluzione" coerente e cumulativa in modo sostanzialmente simile a quanto avvenuto per gli altri maggiori paesi industriali⁵. È questo un dato rilevante sotto due punti di vista.

Il primo punto di vista è strettamente attinente alla logica delle "dinamiche evolutive" e al senso delle "vicende storiche" richiamati in apertura al presente studio. Si conferma nuovamente il carattere "convenzionale" dei percorsi di convergenza e divergenza a livello di paesi, e non quindi "assoluto" in relazione a dinamiche di convergenza verso uno "stato di equilibrio" comunque definito.

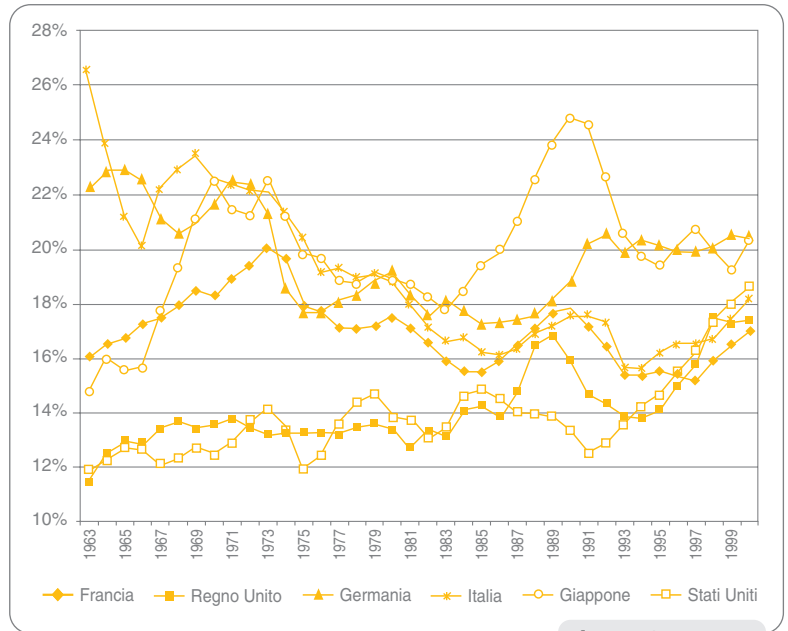
Il secondo punto di vista, non disgiunto dal primo, riguarda il carattere del contesto tecnologico nel quale si determina il percorso evolutivo dei diversi paesi. Anche in questo caso è presente infatti una precisa dimensione storica della quale i diversi attori si fanno via via interpreti ridefinendone, a loro volta, i contorni. Il modo in cui i diversi attori si rapportano alle dinamiche tecnologiche rilevanti non è d'altra parte univoco sia per l'effetto di specifiche caratterizzazioni a livello di paese, sia per effetto delle fasi progressive di assestamento che i *pattern* di specializzazione tecnologica e commerciale attraversano.

Conclusioni

In senso più generale è possibile osservare come, nel corso degli ultimi venti anni, lo scenario in cui si è andata determinando la "divisione internazionale del lavoro" si sia fatto più complesso, incorporando una

“frontiera tecnologica” sempre più articolata e, contestualmente, veri e propri nuclei differenziati di sviluppo tecnologico che hanno trovato più di una corrispondenza nelle direttrici di fondo dello sviluppo economico.

Nell'ambito dei sei maggiori paesi OCSE il rallentamento della crescita economica che ha seguito la lunga espansione iniziata negli anni 50 ha di fatto delineato la conclusione di una fase decisiva del processo di cambiamento del mondo industrializzato ma al tempo stesso anche la premessa di nuove modalità di sviluppo. In particolare appare netta ed evidente la convergenza di queste economie fino a tutto il corso degli anni 70, un periodo in cui il sistema di produzione di massa ha realizzato il massimo della propria diffusione. Gli anni 80 sembrano, invece, prefigurare un assestamento di questo processo. Tuttavia, una valutazione attenta dei cambiamenti che hanno riguardato il profilo della struttura produttiva reca i segnali di apertura di una fase nuova ed importante. Già a metà del periodo appare infatti realizzato un processo esteso di “rifondazione” della base tecnologica come sottolineato dalla sempre più elevata e accelerata concentrazione della spesa BERD nei settori *science based*. Seguono nella seconda metà degli anni 80 una intensa dinamica di questa spesa e l'emergere e il consolidarsi di nuovi vantaggi competitivi ai quali la crescita del mercato mondiale, anche sull'onda della fine della lunga recessione che aveva segnato gli anni 70, e quella dei processi di internazionalizzazione produttiva, fanno da cassa di risonanza. È peraltro il caso di notare come, nello stesso periodo, risulti intensa anche la dinamica degli investimenti fissi lordi che, con eccezionale singolarità, segnalano un processo di divergenza in aperta controtendenza con le principali variabili macroeconomiche e tecnologiche (figure 12 e 13). Il medesimo processo si trasforma nel decennio 90 in forte convergenza lasciando il posto ad un più incisivo ruolo della dinamica tecnologi-



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

Figura 12

Andamento del rapporto tra investimenti fissi lordi e PIL nei sei maggiori paesi OCSE

ca, nell'ambito della quale non uno ma, come visto, più “fronti” innovativi appaiono intersecarsi.

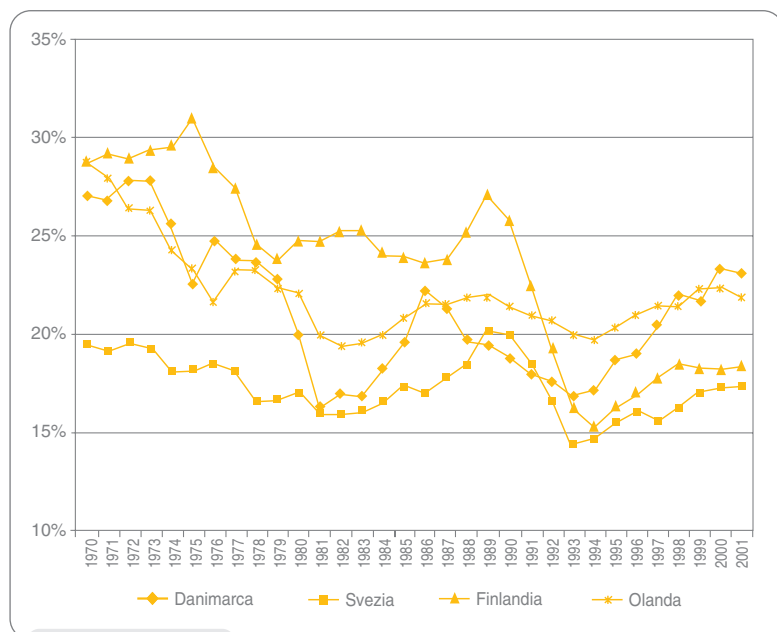
Dalla metà degli anni 90 – dal 1993 per la precisione – sembra manifestarsi per la prima volta nei sei maggiori paesi OCSE una differenziazione tra gli andamenti dei coefficienti di variazione degli investimenti e gli andamenti relativi ai coefficienti di variazione della spesa BERD. Alla luce della straordinaria intensità raggiunta dalla BERD

Figura 13

Andamento del coefficiente di variazione relativo al rapporto tra investimenti fissi lordi e PIL nei sei maggiori paesi OCSE



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

**Figura 14**

Andamento del rapporto tra investimenti fissi lordi e PIL in alcuni paesi del Nord Europa

Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE

in questo periodo e, d'altra parte, alla luce della stabilizzazione conseguita dalla spesa per investimenti, tale differenziazione sembrerebbe attribuibile all'affermarsi di un diverso orientamento nella spesa d'investimento dei paesi industriali derivante da una nuova forma di assetto tecnologico e produttivo. Questa tendenza sembrerebbe confermata anche dalle dinamiche, maggiormente omogenee, che paesi di più recente storia, quali sono quelli dell'area nord europea, hanno manifestato nell'ultimo decennio in direzione di una profonda svolta tecnologica. La dinamica di stabilizzazione e convergenza della spesa per investimenti avviene in questo caso lungo un percorso di progressivo "smorzamento" delle differenze tra paesi che segna l'avvio di una fase di sviluppo con strutture e dinamiche omogenee (figura 14). Sotto questo profilo, la corrispondente omogeneità che la spesa BERD consente di rilevare sembra segnalare il costituirsi di una base iniziale di "accumulo" di investimento "ad alta intensità di conoscenza" quale premessa per processi di sviluppo successivo.

Per tutti i paesi esaminati le tendenze in atto si determinano peraltro nel quadro della di-

namica crescente degli scambi mondiali e del delinearsi di una "nuova divisione internazionale" del lavoro basata sui vantaggi derivati dalla tecnologia. Si determinano così nuove opportunità per la domanda ovvero nuove potenziali "diseconomie da competizione internazionale", a causa del sempre maggior peso strutturale delle importazioni di prodotti ad alta tecnologia, con conseguente incidenza dei saldi commerciali. L'avvicinarsi di queste trasformazioni trova un riscontro certamente non casuale nelle variegate dinamiche del reddito. La ricerca di nuovi nessi che guidano lo sviluppo alle soglie del terzo millennio appare, dunque, una strada obbligata.

Bibliografia

1. FAGERBERG J., GUERRIERI P., VERSPAGEN B., *The Economic Challenge for Europe. Adapting to Innovation Based Growth*, Edward, Elgar Publishing, 1999.
2. Verspagen B., "The Evolution of Productivity Gaps", *ECIS Wp.*, 2000.
3. FAGERBERG J., VERSPAGEN B., "Technology-Gaps, Innovation-Diffusion and Transformation: an Evolutionary Interpretation", *Research Policy*, 2003.
4. KRUGMAN P., "Myths and Realities of U.S. Competitiveness", *Science*, 1991.
5. AMENDOLA G., GUERRIERI P., PADOAN P., "International Patterns of Technological Accumulation and Trade", *JOICE*, 1991.
6. AMENDOLA G., DOSI G., PAPAGNI E., "The Dynamics of International Competitiveness", *Weltwirtschaftliches archiv*, 1993.
7. AMENDOLA G., PALMA D., "Le Determinanti della Competitività nelle Industrie ad Alta Tecnologia", in Amendola G., Perrucci A., (a cura di) *L'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale*, Franco Angeli, 1995.
8. AMENDOLA G., PALMA D., "Innovazione, Competitività e Modelli di Specializzazione nei Settori ad Alta Tecnologia", *Economia e Politica Industriale*, 1993.
9. Pavitt K., "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*, 1984.
10. DOSI G., "Imprese e Istituzioni nello Sviluppo di Nuovi Paradigmi Tecnologici in Italia. Alcune Considerazioni sui Casi Analizzati", in Onida F., Malaman R., (a cura di) *Industria Italiana e Alte Tecnologie*, Ricerca Enea-Irs, Vol. 1, Franco Angeli 1989.
11. FERRARI S., GUERRIERI P., MALERBA F., MARIOTTI S., PALMA D., (a cura di) *L'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale. Terzo Rapporto*, Franco Angeli, 2002.

Il solare fotovoltaico per una architettura sostenibile

FRANCESCO PAOLO VIVOLI
ALESSANDRA SCOGNAMIGLIO

ENEA
UTS Fonti Rinnovabili
e Cicli Energetici Innovativi

Il solare fotovoltaico svolge un ruolo sempre più diffuso in architettura. Sta diventando una reale necessità per chi progetta e costruisce, e stimola tecnici e ricercatori a realizzare soluzioni innovative efficaci e di pregio

studi & ricerche

Photovoltaic solar energy for sustainable architecture

Abstract

Contemporary architectural design is increasingly oriented towards creating positive interaction between the manmade construction and the surrounding environment, in part by the use of renewable-energy sources and modern technologies. The incorporation of photovoltaic systems in architecture should not be seen only as a way to encourage their development and use, but as a real necessity in a certain kind of design and construction, to which the research community can respond with both scientific investigation and the dissemination of relevant knowledge.

Le premesse per il successo di una nuova tecnologia

La tecnologia fotovoltaica sta oggi vivendo un momento particolarmente felice. Tra le energie alternative a quelle fossili oltre che rinnovabili, che tendono in prospettiva a garantire una fonte inesauribile di approvvigionamento energetico, l'energia solare è quella che meglio risponde al requisito sempre più pressante di soddisfacimento dei bisogni energetici dell'uomo in maniera compatibile con l'ambiente. L'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici può essere utilizzata:

- per alimentare strutture impiantistiche di servizio isolate e stoccata in batterie: è questo il caso di impianti "ad isola", lontani dalla rete pubblica di distribuzione;
- per l'immissione in rete, è il caso degli impianti funzionanti in parallelo alla rete di distribuzione, con cui scambia energia, cedendola nei momenti in cui la produzione eccede i consumi, e recuperandola nelle ore di bassa produzione;
- per alimentare la rete interna e gli apparecchi elettrici di edifici unifamiliari; oppure, nel caso di edifici destinati ad uffici, ad integrazione della richiesta energetica nei momenti di picco di consumo elettrico.

L'industria energetica sta sviluppando la ricerca di impianti e componenti di avanguardia, che tendono a consentirne uno sfruttamento efficace ed economico. In tal senso i sistemi fotovoltaici che possono essere integrati negli involucri edilizi, o che possono trovare applicazione nell'ambito delle infrastrutture urbane – quali barriere antirumore, lampioni, pensiline delle fermate della rete dei trasporti di superficie o dei parcheggi – giocano un ruolo significativo.

La varietà delle modalità di integrazione dei sistemi fotovoltaici in architettura fa capo alla possibilità di impiegare componenti speciali o sistemi di montaggio estremamente diversificati per le varie applicazioni quali coperture inclinate, coperture

piane, coperture curve, facciate, frangisole. È utile notare che, pur ricorrendo ad una stessa tipologia di applicazione, i livelli di integrazione possono essere diversi. Infatti, in via del tutto generale, si può dire che le applicazioni possibili vanno dalla semplice sovrapposizione dei sistemi fotovoltaici sui componenti edili tradizionali, alla loro parziale integrazione in essi, alla totale integrazione (con la conseguente completa sostituzione dei componenti edili tradizionali).

Fotovoltaico ed architettura, un interessante binomio

Ciò che ha indubbiamente frenato la diffusione delle applicazioni fotovoltaiche fino ad oggi è stato l'elevato costo di questa tecnologia. Con i programmi di incentivazione pubblica recentemente lanciati in diversi paesi, oltre all'abbattimento immediato dei costi dovuto ai contributi economici, si conta di dare avvio a quelle economie di scala e a quelle innovazioni di processo e di prodotto che dovrebbero rendere le aziende che operano in questo settore un po' meno dipendenti dall'aiuto pubblico e consentire loro, in un futuro non lontano, di diventare competitive sul mercato. È ormai chiaro come a rappresentare il segmento di mercato più interessante siano gli impianti di piccola taglia connessi alla rete elettrica di distribuzione (denominati anche impianti per generazione diffusa connessa a rete) e, specialmente, quelli integrati in architettura.

I vantaggi derivanti dall'impiego di sistemi fotovoltaici di questo tipo sono di diversa natura. In primo luogo il ricorso a sistemi fotovoltaici connessi alla rete elettrica, nel caso di una considerevole generazione diffusa, consente di sopperire ai picchi di domanda che si verificano nelle ore diurne a causa dei forti consumi dovuti al funzionamento degli esercizi commerciali o degli ambienti di lavoro, sulla cui domanda grava l'impiego di potenti sistemi di condizionamento dell'aria (si tenga conto che l'ener-

già consumata nelle fasce orarie di punta risulta essere la più costosa); e di produrre energia elettrica nel luogo in cui viene consumata, modulandola sulle esigenze dell'utente, con una conseguente minore necessità di potenziare le linee di trasformazione. A ciò si aggiunga che la possibilità di impiego di superfici marginali degli edifici o la completa integrazione nelle strutture edili consente di evitare l'occupazione di suolo da parte del sistema (si pensi alla notevole estensione delle grandi centrali fotovoltaiche); e che, inoltre, si evitano perdite di energia dovute alla distribuzione, in quanto l'energia elettrica viene utilizzata nello stesso luogo in cui viene prodotta.

Sul fronte strettamente inerente il campo della progettazione architettonica e delle costruzioni di involucri è da dire che:

- l'impiego di sistemi fotovoltaici integrati negli involucri edilizi si coniuga con l'elaborazione di soluzioni progettuali ispirate ai principi della progettazione bioclimatica, che intende massimizzare gli apporti solari e ridurre al minimo il consumo di energia legato al raggiungimento e mantenimento del comfort termico degli involucri;
- mediante una corretta progettazione l'utilizzo multifunzionale del componente foto-

voltaico può incidere favorevolmente sulle prestazioni termiche dell'involucro, ed è possibile, anche, prevedere modalità di recupero dell'energia termica prodotta dal surriscaldamento del retro dei moduli;

- si possono ridurre, in una certa misura, i costi di costruzione (risparmio sulle strutture di supporto e risparmio sui materiali da costruzione), e quelli di installazione dei sistemi fotovoltaici;
- i componenti fotovoltaici possiedono caratteristiche di modularità e di alta integrabilità (compatibilità con tecnologie edilizie tradizionali), pertanto il loro impiego è compatibile con i moderni processi di produzione e costruzione;
- i tempi di ritorno energetico ed economico dei sistemi fotovoltaici sono compatibili con i tempi di vita degli edifici.

Relativamente a quest'ultimo punto, esperienze ed analisi condotte da autorevoli organismi mostrano che la durata dei sistemi fotovoltaici è compatibile e paragonabile alla durata degli edifici ed ai loro intervalli di tempo di manutenzione. A questo proposito, è da evidenziare che la rapida evoluzione tecnica e industriale degli ultimi anni ha determinato il mutamento dei requisiti e delle caratteristiche dei manufatti edili. Si valuta oggi che, dopo circa 50-60 anni, per

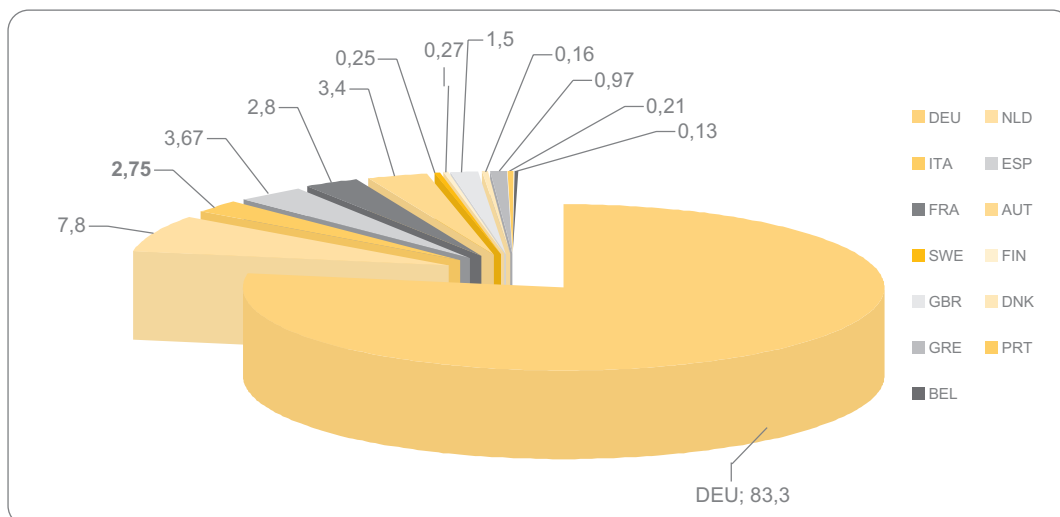


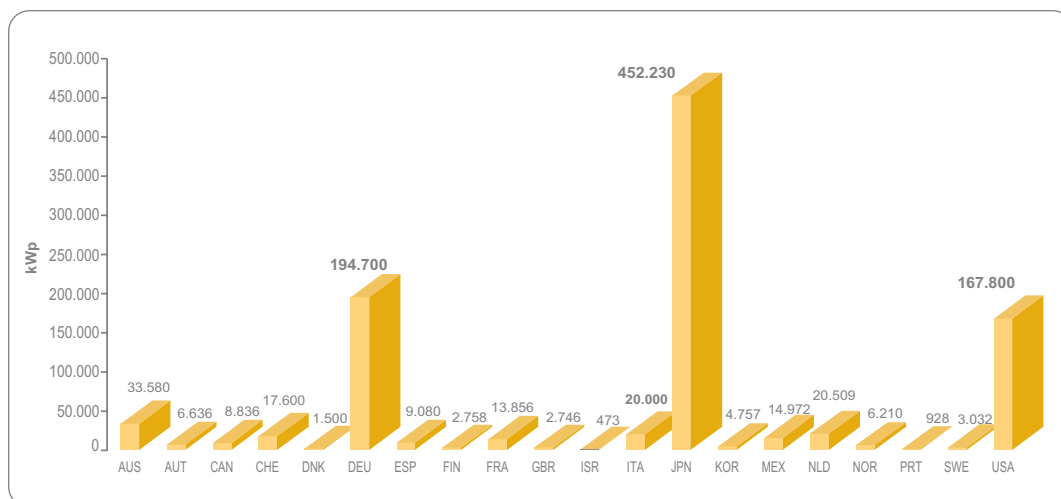
Grafico 1

Potenza totale degli impianti solari fotovoltaici installati in 13 paesi dell'Unione Europea nel 2002 (in MWp)

¹ I primi sistemi realizzati a scopo sperimentale hanno già, pur realizzati con tecnologie ormai superate, una vita di almeno 25 anni e continuano a fornire la stessa energia di cui ai primi anni di vita.

Grafico 2

Potenza cumulata degli impianti solari fotovoltaici installati nei paesi OCSE al 2001 (in kWp)



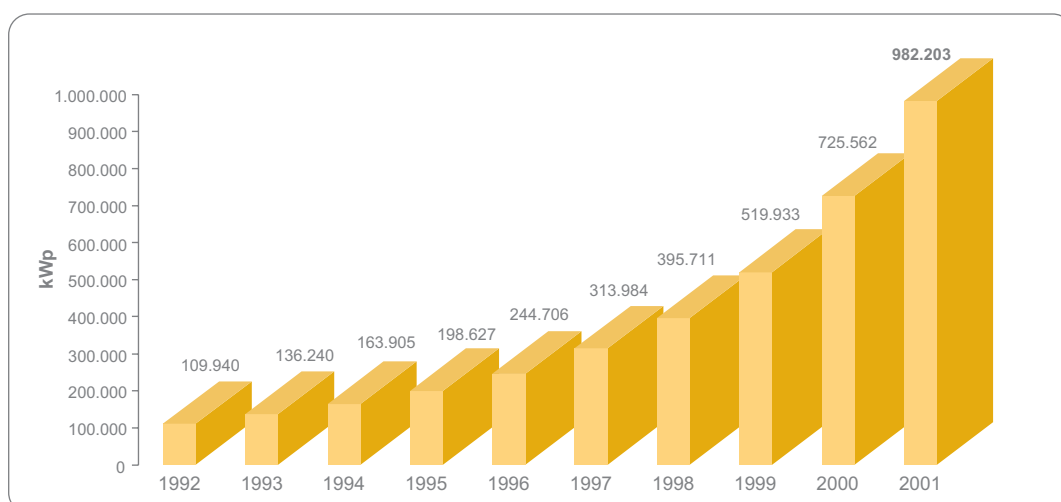
edifici particolarmente complessi e dall'alto contenuto tecnologico, il costo di manutenzione sarebbe superiore al costo di demolizione e riciclaggio delle sue parti componenti. Questo se confrontato con la durata di circa 30 anni finora stimata dei moduli fotovoltaici in silicio cristallino¹, farebbe coincidere i cicli della manutenzione straordinaria, o addirittura della demolizione e sostituzione dell'edificio, con quelli di vita del materiale fotovoltaico. Infatti la durata di vita del fotovoltaico potrebbe essere anche maggiore dei 30 anni, perché dal punto di vista fisico non esiste alcun motivo per cui il silicio od il vetro debbano degradarsi prima.

Nell'ottica dello sviluppo sostenibile del pianeta, il fotovoltaico potrebbe giocare un

ruolo di tutto rispetto, consentendo di fornire energia elettrica pulita a partire da una fonte rinnovabile sufficiente per i consumi di miliardi di esseri umani. Al modello attuale di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica ne subentrerebbe uno nuovo basato su una decentralizzazione molto spinta del sistema di generazione, in cui la produzione ed il consumo possono essere l'una vicina all'altro. Molti argomenti giocano a favore di questa ipotesi: la riduzione delle perdite di energia dovute alle linee elettriche, la limitazione delle linee ad altissima tensione, a rilevante inquinamento visivo ed elettromagnetico, la liberalizzazione del mercato elettrico che offre nuove possibilità di vendita ed acquisto libero di elettricità, così come avviene per la

Grafico 3

Potenza totale degli impianti solari fotovoltaici installati nei paesi OCSE dal 1992 al 2002 (in kWp)



maggior parte degli altri beni di consumo. In un tale scenario, è molto probabile che la produzione d'elettricità a partire dalla conversione fotovoltaica, in piccole unità distribuite, ma collegate alla rete elettrica, avrà un ruolo importante da giocare, e che per la gran parte le applicazioni saranno costituite da sistemi integrati negli involucri edilizi. In concomitanza alla creazione di un vero mercato è, a breve termine, previsto lo sviluppo di nuovi prodotti con requisiti tecnici migliorati e costi sempre più competitivi, e, inoltre si moltiplicherà la disponibilità di componenti innovativi specificamente pensati per l'integrazione in architettura, come ad esempio elementi fotovoltaici realizzati su supporti flessibili, su supporti policromatici riflettenti o trasparenti, su supporti in materiali naturali.

Ricerche per la diffusione del fotovoltaico in architettura

A grandi linee, le ricerche finora condotte nell'ambito dell'applicazione e della diffusione di sistemi fotovoltaici in architettura attengono principalmente a due filoni: il primo incentrato sulla prefabbricazione, il secondo orientato a migliorare l'accettabilità del fotovoltaico, curandone la valenza estetica (intesa anche come valore aggiunto). È, ovviamente, comune a entrambi i filoni di ricerca l'esigenza di attuare una progressiva riduzione dei costi, senza la quale non sarà possibile un'apprezzabile diffusione di questa tecnologia.

Le ricerche sulla prefabbricazione indagano la possibilità di inserire il fotovoltaico nei normali processi di produzione edilizia, in modo da ridurre i costi di produzione. Esse si concentrano sulla ricerca e sperimentazione di sistemi innovativi altamente funzionali a bassa tecnologia realizzabili in

processi industriali (rispondenza a requisiti edili), e sulla messa a punto di kit per interventi retrofit e BIPV (compatibilità con tecnologie e sistemi costruttivi tradizionali).

Le ricerche sull'accettabilità dei sistemi fotovoltaici, relativamente agli aspetti visivi, indagano la possibilità di impiegare i moduli fotovoltaici per l'edilizia come elementi che siano in grado di migliorare l'aspetto degli edifici: esse si concentrano, in linea di massima, sulla sperimentazione di componenti innovativi, cosiddetti "ad alta valenza estetica" e sull'individuazione degli elementi peculiari della tecnologia fotovoltaica che, opportunamente disegnati, possano concorrere a migliorare l'aspetto dei componenti (moduli e celle).

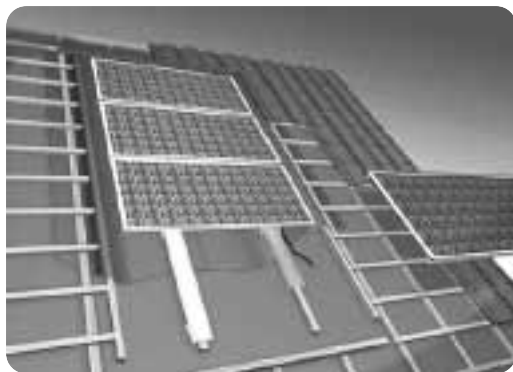
In ambito europeo molteplici sono i progetti di ricerca orientati in tal senso; a titolo di esempio, se ne possono citare due sviluppati nel corso degli ultimi anni, il primo incentrato sulla prefabbricazione (PRIDE), il secondo sullo sviluppo di componenti fotovoltaici ad alta valenza estetica (BIMODE).

Il progetto PRIDE (Prefabrication of Roof Integrated PV systems), iniziato nell'aprile del 1997 e conclusosi nel febbraio del 2000, si era posto come obiettivo l'inserimento del fotovoltaico nei normali processi di produzione edilizia a bassa tecnologia mediante lo sviluppo di un componente prefabbricato per l'integrazione in coperture inclinate². I partner erano una compagnia di ricerca e consulenza, la Ecofys; un produttore di elementi per tetti, la Unidek; una compagnia elettrica, la RWE; l'ENEL; un contraente associato, la Ove Arup & Partners, con funzione di consulenza sull'ingegnerizzazione; un consulente sull'industrializzazione edilizia designato dalla Ecofys, la Hullmann Willkomm & Partners; un consulente sull'integrazione di sistemi solari nel costruito, sempre designato dalla

² Molto interessante, nel campo delle ricerche sullo sviluppo e sperimentazione di componenti fotovoltaici prefabbricati per l'edilizia, è anche un altro progetto europeo, denominato *PV Starlet*, incentrato sullo sviluppo e produzione di una lastra piana fotovoltaica adatta ad un buon numero di tegole differenti diffuse in Europa. Partner del progetto sono nove società, costituite da produttori di tegole e materiali per tetti e produttori di strutture metalliche. Al momento sono stati messi a punto due prototipi adatti, rispettivamente, all'impiego con tegole piane e tegole curve. Si veda B. Gaiddon: *PV-Starlet The development of a PV tile at a European level*, presentato alla conferenza "PV in Europe - From PV technology to energy solutions" (Roma, 7-11 ottobre 2002).

Figura 1

UniSole, sistema fotovoltaico prefabbricato per integrazione in copertura inclinata messo a punto nell'ambito del Progetto PRIDE



Ecofys, la Roy Gelders Architects.

Il maggiore risultato del progetto PRIDE è stato la messa a punto di un prodotto commerciale denominato UniSole, caratterizzato da bassi costi ed alta qualità, caratteristiche che gli hanno fatto meritare apprezzamenti sia da parte degli utenti che delle imprese edili (figura 1).

Sul fronte della valenza estetica, il progetto BIMODE (DEvelopment of BI-functional photovoltaic MOdules for building integration), iniziato nel dicembre del 1997 e conclusosi nel novembre 1999, si poneva come obiettivo quello di sviluppare una gamma di moduli fotovoltaici adatti all'integrazione in facciata, che dessero un utile contributo in termini di energia elettrica all'edificio, e fossero disegnati in modo da valorizzarne anche l'aspetto (è in questo senso che si trattava di moduli bifunzionali: generatori elettrici ed elementi decorativi della facciata). Per rispettare la prima condizione era stato stabilito un limite minimo di rendimento elettrico dei moduli da sviluppare pari all'8% (in realtà tutti i prototipi realizzati, ad eccezione di quello esagonale, hanno un'efficienza compresa tra il 6,3

Figura 2

Modulo fotovoltaico in pannello vetrato progettato nell'ambito del Progetto BIMODE (disegno del prof. Jürgen Claus)



ed il 12,1%). Particolarmente interessante è stata la composizione del team di ricerca, che testimonia la necessità di un approccio multidisciplinare al tema dell'integrazione del fotovoltaico in architettura. Partner del progetto erano: la BP Solarex, con funzione di coordinamento del progetto; la Kunsthochschule für Medien di Colonia, per il design; l'Atmoinstitut of the Austrian Universities, per l'ottimizzazione del *design* delle celle ai fini del rendimento energetico; la Ove Arup & Partners, per la consulenza architettonica; la TFM (Teulades y Façades Multifuncionales) di Barcellona per la produzione dei moduli; la Bayer AG per la fornitura dei *wafers*; la IES (Universidad Politecnica de Madrid) per le simulazioni teoriche.

Nell'ambito di questo progetto sono stati messi a punto sei differenti prototipi, rapportabili a due tipologie. La prima di esse ha indagato la possibilità di ibridare due differenti processi produttivi, quello del fotovoltaico e quello dell'arte vetraia, realizzando come prodotto finale alcuni pannelli vetrati decorati fotovoltaici. La seconda, invece, ha indagato i gradi di libertà offerti ai designer dal fotovoltaico (colore e forma delle celle, aspetto delle griglie e dei contatti elettrici).

Relativamente alla prima tipologia, per il primo prototipo l'idea era integrare due elementi tra di loro completamente differenti ed estranei, quali i pannelli in vetro decorati (risultato dell'interazione tra l'arte della lavorazione del vetro e la pittura su vetro), e moduli fotovoltaici; è stato disegnato un tradizionale pannello vetrato per finestra con elementi ornamentali figurativi, nel quale sono state integrate delle celle fotovoltaiche standard con connessioni standard (figura 2). In un altro caso è stata combinata la tecnologia del vetro fuso con quella fotovoltaica; sono stati realizzati due moduli colorati in vetro fuso che integrano celle fotovoltaiche standard (figura 3).

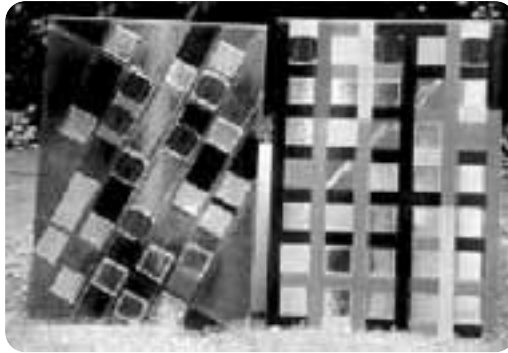
In riferimento alla seconda tipologia di moduli, sono stati realizzati: un modulo trian-

colare composto da celle triangolari di colori blu scuro, blu acciaio, oro e magenta, disposte in modo da ottenere un motivo geometrico decorativo; un modulo rettangolare allungato con strisce di celle alternate di forma rettangolare e quadrata, di colore magenta ed oro; un modulo "cubico" composto realizzato con tre laminati fotovoltaici romboidali ognuno con celle monocristalline di colore differente (blu scuro, blu acciaio ed oro), che, assemblati insieme, contribuiscono a conferire al modulo l'effetto tridimensionale di un cubo; un modulo con celle monocristalline esagonali di colore verde e pattern dei contatti elettrici sinusoidale (i contatti elettrici seguono la forma del confine tra le celle).

A ben vedere, fermo restando l'interesse di questa ricerca, non poche perplessità suscitano gli esperimenti di ibridazione tra la tecnologia fotovoltaica e quella dell'arte vetraria, in primo luogo per la penalizzazione eccessiva arrecata agli aspetti energetici e, inoltre, per ragioni legate alla scarsa ripetibilità dell'esperienza ed all'approccio metodologico.

In particolare, prendendo a prestito le parole di Adolf Loos, si potrebbe obiettare che "ogni materiale possiede un linguaggio formale che gli appartiene e nessun materiale può avocare a sé le forme che corrispondono a un altro materiale. Perché le forme si sono sviluppate a partire dalle possibilità di applicazione e dal processo costruttivo propri di ogni singolo materiale, si sono sviluppate con il materiale e attraverso il materiale. Nessun materiale consente una intromissione nel proprio repertorio di forme"³.

In tal senso, ben più interessanti, almeno dal nostro punto di vista, si presentano i prototipi della seconda tipologia in quanto, come anticipato, hanno consentito di indagare le possibilità formali (estetiche, per così dire), intrinseche alla tecnologia fotovoltaica. Infatti, se sperimentazioni sulla valenza

**Figura 3**

Modulo fotovoltaico in pannello in vetro fuso progettato nell'ambito del progetto BIMODE (design del prof. Hellmuth Costard)

estetica del fotovoltaico di questo tipo si collocano, evidentemente, in un ambito proprio della ricerca, ancora distante dal campo delle realizzazioni usuali, il crescente interesse mostrato da istituzioni scientifiche e da produttori di celle verso il tema della valenza estetica fa supporre che in un futuro abbastanza prossimo vi saranno ulteriori possibilità di scelta per i progettisti.

Allo stato attuale tra le differenti tipologie di moduli esistenti i componenti che sembrano più flessibili rispetto alle tematiche proprie della progettazione architettonica e del design sono i moduli del tipo vetro-vetro (realizzati mediante l'incapsulamento con resina trasparente delle celle fotovoltaiche tra due pannelli in vetro), i quali offrono una grande libertà progettuale grazie alla possibilità di variare alcuni parametri quali, la dimensione e la forma dell'elemento vetrato, il sistema tecnologico costruttivo di facciata o di copertura nella quale integrare il sistema fotovoltaico, lo schema distributivo e la distanza tra le celle, il tipo di cella, le modalità di cablaggio.

In tale direzione, nell'ambito delle ricerche

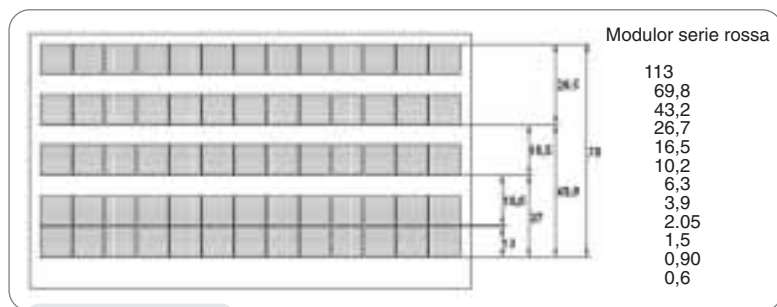
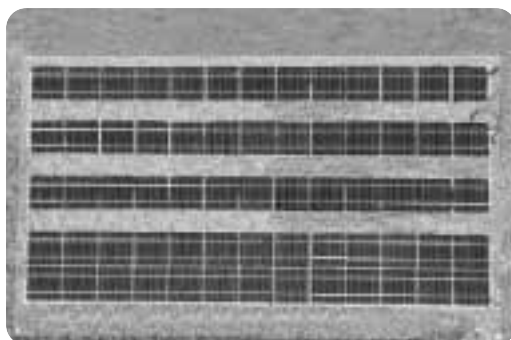
**Figura 4**

Componente vetrato frangisole SGG-PROSOL con celle ERSOL rot

³ ADOLF LOOS, *Il principio del rivestimento* (1898), in *Parole nel vuoto*, Milano 1990, p. 80.

Figura 5

Componente vetrato frangisole SGG-PROSOL con celle ASE TE 16 SF

**Figura 6**

Schema del modulo con celle ASE TE 16 SF proporzionato con il Modulor

condotte dall'Unità Tecnico Scientifica Fonti Rinnovabili e Cicli Energetici Innovativi dell'ENEA, durante lo scorso anno si è indagata la possibilità di realizzare una tipologia di componente edilizio con modulo fotovoltaico vetro-vetro che, per caratteristiche tecniche e funzionali (compatibilità con tecnologie edilizie esistenti, funzioni aggiunte al fotovoltaico), oltre che di ordine estetico, si prestasse ad una larga applicazione; il fine era verificare le possibilità di impiego di moduli fotovoltaici in edifici esistenti o di nuova realizzazione, caratterizzati dall'uso di linguaggi architettonici contemporanei.

Sono state sperimentate le possibilità compositive offerte dalla tipologia di modulo fotovoltaico vetro-vetro (di uso oramai piuttosto diffuso), individuando i parametri progettuali che ne caratterizzano la flessibilità di impiego in architettura e, in special modo, nelle facciate; per questo scopo si è realizzato un componente vetrato fotovoltaico con funzione di frangisole per un sistema di serramento apribile.

Particolare attenzione è stata rivolta alle fasi di progettazione del componente, e ne sono state elaborate dieci varianti (mante-

nendo fissa la dimensione del pannello di cm 83,5 x 143), differenti per tipologia di celle (dimensioni, colore) e per disposizione (pattern e interspazi), al fine di verificarne, oltre che la riuscita formale, anche la funzionalità rispetto alla funzione schermante dal sole. Per otto campioni si è fatto ricorso all'impiego di celle colorate con disposizione spaziale uniforme, a densità differente, al fine di valutare le possibilità cromatiche del fotovoltaico (figura 4); per gli altri due campioni, invece, la distribuzione delle celle è stata studiata in modo da disegnare un motivo geometrico armonico. A tal fine si è fatto uso di misure derivanti dalla serie rossa del Modulor (figure 5 e 6), il sistema di proporzionamento ideato da Le Corbusier, basato sulla regola della sezione aerea e su alcune misure del corpo umano.

Conclusioni

In conclusione, è possibile dire che la cultura progettuale contemporanea è sempre più orientata verso un'interazione positiva tra il manufatto costruito e l'ambiente circostante, che si attua anche attraverso il ricorso alle fonti rinnovabili di energia, ed alle moderne tecnologie. In tal senso l'integrazione di sistemi fotovoltaici in architettura non va vista esclusivamente come una possibilità per la diffusione e lo sviluppo del fotovoltaico, ma come una reale necessità di un certo modo di progettare e costruire, rispetto alla quale il mondo della ricerca può fornire delle risposte, che sono sia gli approfondimenti scientifici, che la diffusione delle conoscenze.

A riprova di questo interesse da parte del mondo della cultura progettuale verso le fonti rinnovabili in generale, e verso il ricorso alle tecnologie solari nello specifico, in un articolo pubblicato su una delle più importanti riviste nazionali di architettura, ed intitolato "Vi dispiacerebbe smettere di costruire come avete fatto finora?", Werner Sobek, successore di Frei Otto dal 1995 all'Università di Stoccarda, sostiene:

“L'architettura di oggi, in base ai propri obiettivi concettuali e di progettazione, si autodefinisce come radicata nel terzo millennio: un'architettura che ritiene di esprimere atteggiamenti tipici della nostra epoca e di quella futura, che trova le sue forme non ricorrendo a progetti e materiali tradizionali, ma basandosi su processi integrali di pianificazione e organizzazione che tengono conto degli attuali stili di vita e di quelli futuri. Questo tipo di architettura ha un rapporto radicalmente diverso e positivo con l'ambiente naturale, i suoi utenti e la relativa tecnologia.

Risulta quindi ovvio che tale tipo di architettura possa sfruttare anche le tecnologie moderne generalmente accettate ed applicate. In altre parole, ciò significa che un edificio residenziale costruito oggi potrebbe, e dovrebbe, essere del tutto non inquinante e capace di funzionare esclusivamente ad energia eolica e/o solare. Una costruzione simile dovrebbe essere collocata nell'ambiente naturale con interferenze minime. (...) È inoltre superfluo ribadire che questo tipo di architettura richiede processi differenti di progettazione e di costruzione. Per realizzare sistemi modulari e altamente integrati sono necessarie non solo conoscenze scientifiche e una buona dose di fantasia durante la fase di progettazione, ma anche una stretta cooperazione tra progettisti e costruttori.”⁴

Questo testo appare di particolare interesse per diversi aspetti. In primo luogo è testimonianza di come negli ultimi anni il tema della sostenibilità, dibattuto precedentemente in ambiti quasi esclusivamente scientifici, sia diventato un riferimento costante nella progettazione e costruzione degli edifici e degli ambienti contemporanei.

In secondo luogo, relativamente al tema dell'integrazione del fotovoltaico in architettura, definisce una posizione di diritto

per la tecnologia fotovoltaica (inclusa nel più generale tema delle tecnologie solari) accanto alle altre tecnologie moderne impiegate nella costruzione degli edifici.

Gli aspetti evidenziati si coniugano perfettamente con la consapevolezza maturata da tempo in ambito scientifico, e cioè che l'integrazione del fotovoltaico in architettura rappresenti uno dei campi più promettenti rispetto alla diffusione di questa tecnologia, grazie anche ai molti ed indubbi vantaggi che tale tipo di applicazione offre rispetto alla realizzazione di grandi centrali isolate. Come è noto tale consapevolezza ha fatto sì che sul versante tecnico si indagassero le problematiche (elettriche e normative) legate alla connessione in rete degli impianti, e all'impiego del modulo fotovoltaico come componente edile (e questo sforzo è stato condiviso anche dai costruttori e dai produttori sia di componenti fotovoltaici sia di componenti edili tradizionali). A questo punto, ciò che emerge è che sembra giunto il momento di mettere in atto una connessione tra pratica, progettazione, realizzazione e ricerca, poiché nella cultura progettuale contemporanea si delinea un ruolo del fotovoltaico non più solo “possibile”, ma “dovuto”. L'auspicio è che l'interesse e le nuove conoscenze dei progettisti e dei tecnici possano consentire la sperimentazione di soluzioni innovative e di pregio sia per la progettazione architettonica che per la diffusione e la qualità del fotovoltaico.

Bibliografia

C. ABBATE (a cura di), *L'integrazione architettonica del fotovoltaico: esperienze compiute*, Roma 2002.

N. ASTE, *Il fotovoltaico in architettura*, Napoli 2002.

R. THOMAS, *Photovoltaics and Architecture*, Londra 2002.

AA. VV., *La città del Sole - Guida al fotovoltaico nelle aree urbane*, Firenze 2001.

AA. VV., PRIDE-Publishable Report, 2002.

AA. VV., BIMODE-Publishable Report, 1999.

⁴ W. SOBEK, “Vi dispiacerebbe smettere di costruire come avete fatto finora?”, in *Casabella*, 694, novembre 2001, p. 19.

Teologia della tecnica: Romano Guardini

a cura di
FAUSTO BORRELLI

scienza, tecnica,
storia & società

Il rapporto fra teologia e tecnica non è qualcosa di strano come potrebbe sembrare. Per Romano Guardini (1885-1968) – teologo cattolico tedesco – la meditazione sulla tecnica è lo sforzo speculativo volto a ridefinire il rapporto fra spiritualità e mondanità, fra Città di Dio e Città dell’uomo. Rapporto sconvolto dall’irruzione della tecnica moderna nelle strutture profonde della vecchia Città dell’uomo. Guardini mette in luce l’ambivalenza, l’illimitata potenza e la possibile non controllabilità della tecnoscienza

Romano Guardini and the theology of technics

Relating theology to technics is not as odd an enterprise as it may seem. For Romano Guardini (1885-1968), a Roman Catholic theologian from Germany, meditating on technics is a speculative effort aimed at redefining the relationship between spirituality and worldliness, between the City of God and the City of Man - a relationship torn asunder by the impact of modern technology on the deep structures of the old City of Man. Guardini casts light on the ambivalence, the limitless power and the possible uncontrollability of technoscience

Teologi che hanno pensato la tecnica

Tra i circa settecento teologi cristiani vissuti nel ventesimo secolo¹, sono almeno sei quelli che hanno meditato sulla tecnica moderna: Nicolai Berdiaev (1874-1948) ortodosso russo; Romano Guardini (1885-1968) cattolico tedesco di origine italiana; Jacques Ellul (1912-1994) protestante francese; Raimundo Pannikar (1918) cattolico indo-catalano; Ivan Illich (1926-2002) cattolico austriaco; Leonardo Boff (1938) cattolico brasiliano.

In questo lavoro, ci si occuperà soltanto delle meditazioni sulla tecnica di Romano Guardini, rinviando l'analisi di Berdiaev, Illich e Boff ad altre occasioni. Delle riflessioni sulla tecnica di Ellul e di Pannikar, ci si è occupati su questa rivista, nei numeri di luglio-settembre 1996 (Ellul) e di maggio-giugno 1999 (Pannikar).

Interpretare e riassumere, in poche pagine, la laboriosa linea di pensiero sulla tecnica di Guardini – maturatasi molto lentamente in un lungo periodo di circa quarant'anni (1923-1959) – espone inevitabilmente al rischio di fraintendimenti, omissioni e schematismi. Di questo si dovrà tenere debito conto.

Città di Dio e nuova Città dell'uomo

In via preliminare è opportuno chiarire che il rapporto fra teologia e tecnica non è qualcosa di strano o secondario come a prima vista potrebbe sembrare. Si tratta anzi di un rapporto strettissimo. La tecnoscienza viene avvertita come una nuova inquietante presenza dalla sensibilità religiosa – spesso mistica – dei pensatori cristiani.

La meditazione sulla tecnica è infatti lo sforzo speculativo teso a ridefinire il rapporto fra “spiritualità” e “mondanità”, fra “Città di Dio” e nuova “Città dell'uomo”. Rapporto sconvolto dall'irruzione improvvisa della tecnica moderna nelle strutture profonde della vecchia “Città dell'uomo”.

Non perdere il contatto con la realtà terrena

Meditare sull'essenza della tecnica moderna – nei suoi aspetti rassicuranti e in quelli più inquietanti – è un compito ineludibile da parte del teologo che non vuole, o meglio, non può perdere contatto con la mutevole realtà terrena. Realtà sempre più stravolta dalla penetrazione violenta della tecnoscienza in ogni andito – esteriore ed interiore – della vita concreta dell'uomo e delle sue comunità.

Tenendo ben presente questa prospettiva – quella cioè del teologo che “sente come problema” l'irruzione della tecnica moderna nel mondo – passiamo a Romano Guardini e alle sue ultradecennali riflessioni sulla tecnica. Riflessioni che hanno accompagnato gran parte della sua vita, dagli anni venti (*Lettere dal lago di Como. La tecnica e l'uomo*) agli anni sessanta (*La macchina e l'uomo*, Conferenza alla Technische Hochschule di Monaco).

Prima di Spengler (1931), Jünger (1932), Ortega y Gasset (1935), Heidegger (1953), Ellul (1954) e Mumford (1967) – è stato un teologo come Guardini (1925) a pensare la crisi del mondo moderno a partire dalla tecnica come problema planetario; un'intuizione che lo porterà molto lontano, fino alla radice dei problemi dei nostri giorni.

Nostalgia per il mondo di ieri

Romano Guardini “sente” per la prima volta il carattere inquietante e corrosivo della tecnica moderna tra il 1923 e il 1925, nelle *Lettere dal lago di Como*.

In quest'opera, lucida e raffinata, Guardini è mosso dalla “curiosità”; vuol vedere che c'è dietro i primi effetti prodotti dal diffondersi planetario della tecnica moderna.

È una riflessione che prende le mosse da piccole cose, come l'apparire di silenziose dissonanze nel paesaggio, provocate dalle prime scosse del movimento tellurico della tecnica moderna. Tecnica che, dalla fine della prima guerra mondiale (1918), stava

sconvolgendo irreversibilmente l'immagine del vecchio mondo. Quel "mondo di ieri" ancora aggrappato alla perfezione classica delle forme, alle raffinatezze della cultura e alla comprensione umana – di cui Stephan Zweig, nel 1941, descrisse con struggente nostalgia il crollo definitivo.

La fabbrica, la ciminiera e il campanile

Scriva Guardini nel 1923, nella prima delle nove lettere dal lago di Como:

«Avevo appena messo piede sul suolo italiano, quando mi sentii come preso da problemi di singolare portata dietro ai quali stava qualcosa che rendeva assai tristi... Sentivo come se intorno a me fosse cominciato un grande morire... Di ciò che su, nel Nord, è un fatto compiuto, percepii qui i primi sintomi. Vidi le macchine penetrare in un paese che fino allora aveva avuto una "cultura". Una "cultura" nel senso più raffinato, mi si presentava nella sua forma più armoniosa... Ma, tutt'a un tratto, nella perfetta fuga dei profili di una cittadina di provincia, scorsi il grossolano edificio di una fabbrica!... Nell'armonioso insieme di un paesaggio – nel quale le linee ascendenti e discendenti, l'intera massa e ogni sua singola struttura sembrava intonassero un unico canto corale – vidi ergersi bruscamente accanto all'alto campanile, una ciminiera che rovinava tutto»³.

Su, nel Nord, ci abbiamo fatto l'abitudine

Continua Guardini:

«Su, nel Nord, ci abbiamo fatto l'abitudine. Sappiamo già che il mondo che ci circonda è stato devastato; abbiamo persino imparato a vedere valori positivi nell'ineluttabile. Cominciamo ad aprire gli occhi sulla grandezza di questo nuovo mondo della macchina e troviamo già le forze per guardarlo in faccia, porgergli la mano e dargli "forma". Ma qui, era tutt'un'altra cosa! Qui viveva

ancora una "forma" amica dell'uomo... ed ora vi vedevo irrompere la distruzione»⁴.

Nelle successive sette lettere dal lago di Como – scritte fra il '24 e il '25 – Guardini continua ancora a osservare i segni del tempo e si rende conto che la tecnica moderna è uno dei principali problemi filosofico-teologici senza la cui comprensione si rischia di perdere il contatto con la direzione della storia e soprattutto con il "nuovo" che sta emergendo.

Il vecchio mondo sta crollando

Ma è nella nona lettera, scritta nell'autunno del 1925, che Guardini decide di non ascoltare più il canto delle sirene del rimpianto per le passate identità – e, con lucido realismo, affronta il problema di una possibile "nuova forma" dell'uomo in grado di gestire un mondo trasformato dalla "nuova forma" della tecnica. È lo stesso problema che, poco tempo dopo, Ernst Jünger affronterà nel saggio *L'operaio: dominio e forma*, descrivendo l'incontro epocale fra tecnica moderna e "forma" dell'operaio.

Ma sentiamo Guardini nella nona lettera dal lago di Como del 1925.

«La questione che mi tormentava era questa: è ancora possibile, in mezzo a tutto ciò che accade, un tipo di vita che sia completamente imperniato sulla [vecchia] natura e sulla [vecchia] opera dell'uomo?

Il vecchio mondo sta crollando, e intendo la parola "mondo" nella sua più ampia accezione, cioè comprendendo in essa le opere, le istituzioni, le organizzazioni e i modi di vita. La metà del secolo scorso segna la linea di divisione della storia. A quel mondo antico apparteneva una figura umana ben definita, universale, nonostante le molte e notevoli differenze. Questo tipo universale era sostenuto dall'uomo e, nello stesso tempo, gli serviva di sostegno. L'uomo stesso l'aveva creato e viveva in esso. Lo

teneva, palpitante di vita, nella sua mano; era, contemporaneamente, la sua opera e la sua espressione, il suo oggetto e il suo strumento».

Il disorientamento

In seguito si manifestano fatti nuovi: le cose tendono a mutare il loro punto di partenza e i loro fini. Altre sono le forze che le muovono; le loro relazioni con la natura non sono più quelle di prima. Al contatto con il "fatto nuovo" che si introduce nella storia, osserva Guardini, tutto l'antico ordine di cose si sgretola... Il fatto nuovo non è penetrato come elemento di rottura nell'ordine oggettivo; ma è penetrato soprattutto nella "soggettività" dell'essere umano vivente.

La comparsa della tecnica è prima di tutto un fenomeno che ha intaccato l'interiorità dell'uomo. Per questo ci troviamo nella condizione di senza patria, per questo ci siamo ridotti in uno stato di barbarie... se oggi abbiamo l'impressione di trovarci di fronte a una distruzione, è perché un essere e un fatto nuovo sono penetrati, modificandola brutalmente, nell'antica immagine del mondo e dell'uomo. Questo elemento nuovo opera in maniera distruttiva perché incontra un uomo che non è fatto per lui.

Restando fermi sul campo anticamente occupato, osserva Guardini, la battaglia per la cultura vivente sarebbe perduta e da questo passato non ci potremmo attendere altro se non una profonda confusione.

Dominare le forze scatenate della tecnica

Il mondo della tecnica e le sue forze scatenate non potranno essere dominati che da un nuovo atteggiamento che ad esse si adatti e sia loro proporzionato. L'uomo, dice Guardini, è chiamato a fornire una nuova base di intelligenza e di libertà che siano affini al fatto nuovo, secondo il loro carattere, il loro stile e tutto il loro orientamento inte-

riore. L'uomo dovrà porre il suo vivo punto di partenza, dovrà innestare la sua leva di comando là, dove nasce il nuovo evento.

Il nostro tempo è dato a ciascuno di noi come terreno sul quale dobbiamo stare e ci è proposto come compito che dobbiamo eseguire. Non dobbiamo irrigidirci contro il "nuovo", tentando di conservare un bel mondo ormai condannato a sparire. E neppure cercare di costruire in disparte, mediante una fantasiosa forza creatrice, un mondo nuovo che si vorrebbe porre al riparo dai danni dell'evoluzione. A noi, sottolinea Guardini, è imposto il compito di dare una forma a questa evoluzione e possiamo assolvere tale compito soltanto aderendovi onestamente, ma rimanendo sempre vigili, con cuore incorruttibile, verso tutto ciò che di distruttivo e di non umano vi è in esso.

Il nostro tempo non è una via sulla quale dover procedere, esteriore a noi stessi. Noi stessi siamo il nostro tempo. Siamo in rapporto col tempo come lo siamo con noi stessi, e ciascuno sta in rapporto al suo tempo secondo il suo essere⁵.

Padroni del nuovo

Per poter renderci padroni del "nuovo", dobbiamo penetrarlo. Dobbiamo dominare le forze della tecnica per indirizzarle alla elaborazione di un nuovo ordine, che sia riferito all'uomo. Ma, sottolinea Guardini, questa opera non può compiersi se si prendono come punto di partenza i problemi tecnici; essa è resa possibile solo partendo dall'uomo vivente. Si tratta, è vero, di problemi di natura tecnica, scientifica, politica; ma essi non possono essere risolti se non procedendo dall'uomo. Deve formarsi un nuovo tipo umano, dotato di una più profonda spiritualità, di una libertà e di una interiorità nuove, di una capacità di assumere forme nuove e di crearne.

Non abbiamo bisogno di ridurre la tecnica, conclude Guardini, ma, al contrario, di accrescerla. O meglio: ciò che ci occorre è

una tecnica più forte, più ponderata, più "umana"⁶.

Questo, in estrema sintesi, è l'atteggiamento di Guardini, verso la metà degli anni venti, di fronte al primo dispiegarsi della tecnica moderna. Era infatti in arrivo la seconda ondata.

La tecnica "pensata" alla vigilia della seconda guerra mondiale

Nel 1939, alla vigilia della seconda guerra mondiale, Guardini pubblica *Mondo e persona*, dove riappare improvvisamente la tecnica vista però nei due aspetti più inquietanti: quello della sua ambivalenza e quello della sua possibile "non-controllabilità" da parte dell'uomo.

Se si contempla attentamente il fenomeno della tecnica nella sua totalità, osserva Guardini, si vede che esso scaturisce da una volontà non naturale di distruggere l'esistenza come è data, per costruirne una nuova. Scaturisce cioè dalla volontà di creare una configurazione del mondo che esprima un senso nato dallo spirito. Quando ciò avviene, non è affatto detto che la vita ne guadagni in sicurezza e in benessere. Derivare l'agire dalla ricerca della sicurezza e del benessere può valere nel caso dell'animale; nel caso dell'uomo entra in gioco qualcosa che ha un senso totalmente diverso che può entrare in contrasto, nel modo più aspro, con i bisogni vitali immediati. In un primo momento l'uomo, che possiede solo armi di pietra, trova vantaggio quando ottiene le punte di lancia in ferro o addirittura le prime armi da fuoco. Tuttavia, non appena l'arma da fuoco viene ulteriormente sviluppata sulla base della struttura di senso che le è insita; non appena essa è vista in connessione con tutte le altre problematiche e produzioni che presuppone e provoca, ben difficilmente si potrà dire ancora che mediante l'arma da fuoco l'uomo riceva realmente, nel complesso, un aiuto, ma che invece, in ultima

istanza, per l'uomo l'arma da fuoco sarà più pericolosa di qualsiasi animale da preda. Il senso ultimo dell'arma da fuoco non è neppure quello di eliminare pericoli o di dare la possibilità di un attacco sicuro; questa è una spiegazione parziale che mette in causa soltanto il contesto dell'invenzione delle armi.

In ultima analisi, secondo Guardini, si tratta di fare emergere un nuovo mondo di energie e di strutture in cui ritorni, su un piano nuovo, quel più ampio complesso di senso, che è costituito dall'opera dello spirito (Geist) e dalle opposizioni in esso insite.

In definitiva, nel caso della tecnica non si tratta di utilità, ma di opera. Da quest'opera, la vita è promossa nella stessa misura in cui essa è messa in pericolo, e nessuno sa se questa immane avventura della nuova tecnica debba finire con una catastrofe...

Se si guarda a ritroso all'epoca che parte dall'inizio del creare tecnico, appare che vi siano motivi di preoccupazione. Il dominio sulla natura aumenta con inconcepibile velocità; ma l'uomo non dà l'impressione di maturità crescente, di sicurezza d'orientamento e di forza di carattere.

È come se dalle prestazioni dell'uomo si levasse un potere che, oltrepassando l'uomo, percorra la propria strada⁷.

"Un potere che, oltrepassando l'uomo, percorra la propria strada" – con queste parole, Guardini, alla vigilia della seconda guerra mondiale, manifestava la sua ansia per l'ambivalenza e la possibile non controllabilità della tecnica. Parole seguite da queste altre, enigmatiche ma non troppo.

«Una tecnica, che si limitasse a portare avanti l'istinto naturale non potrebbe mai portare l'essere da cui essa viene costruita in una contraddizione con il senso del proprio esistere tale da infrangere ogni logica della natura.

Solo se quest'essere fin dal primo istante reca in sé la possibilità di trarsi fuori dalla natura – cioè è definito a partire dallo spirito – può intraprendere qualcosa di talmente paradossale e tragico – ma al tempo stesso di tanto grande»⁸.

La tecnica “pensata” dopo la seconda guerra mondiale

Trentaquattro anni dopo l'ultima lettera dal lago di Como e quattordici anni dopo la fine della seconda guerra mondiale, Romano Guardini – nel 1959 – tiene una conferenza su “La macchina e l'uomo” alla Technische Hochschule di Monaco; nello stesso luogo dove Martin Heidegger aveva tenuto – nel 1953 – la famosa conferenza sulla questione della tecnica, punto di riferimento della riflessione filosofica contemporanea sulla tecnoscienza – conferenza che Guardini certamente conobbe e ascoltò.

Sin dagli inizi del secondo dopoguerra, Guardini si concentra sul tema della ambivalenza della tecnica connessa alla più inquietante ipotesi – già ventilata nel 1939 – della possibile non controllabilità della tecnica moderna da parte dell'uomo.

Non controllabilità di quella tecnica – per intenderci – che aveva mostrato il suo minaccioso volto di illimitata potenza con la distruzione atomica di Hiroshima e Nagasaki, con il lancio del primo satellite orbitale russo, con l'acquisizione da parte sovietica della bomba nucleare, con la prospettiva di due reti missilistiche nucleari contrapposte proprio nel cuore dell'Europa.

Nel 1955, Einstein e altri sette premi Nobel avevano inviato ai governi di tutto il mondo un accorato appello, in cui si diceva: «Questo è il problema che vi presentiamo, netto, terribile e inevitabile: dobbiamo porre fine alla razza umana oppure dobbiamo rinunciare alla guerra e alle armi di sterminio di massa?».

Le due facce della tecnoscienza, in tutta la loro illimitata potenza e inquietante ambivalenza, stavano davanti agli occhi sempre più vigili del teologo: la tecnica moderna come fonte del precario equilibrio del terrore.

Si tenga presente che Guardini aveva vissuto, in prima persona, l'esperienza delle due guerre mondiali più distruttive della storia e l'esperienza della violenza freddamente calcolata di uno dei tre totalitarismi del ventesimo secolo.

Razionalità tecnica e violenza primordiale

Nel 1952, Romano Guardini tiene una conferenza a Tubinga dal titolo “Responsabilità”. In questa conferenza, il teologo tedesco parla del nazionalsocialismo, quel regime che ha compiuto una disumanizzazione del mondo che nella storia non ha precedenti. Il nazionalsocialismo ha compiuto cioè qualcosa di totalmente diverso da ciò che una tribù primitiva poteva fare sfogandosi nell'ebbrezza dello sterminio. Nel nazionalsocialismo, gli istinti primordiali di violenza sono collegati con la razionalità tecnica; si è prodotta così una combinazione terrificante che, fino a quel momento, non si era mai data: l'unione della più spietata ferocia con la potenza illimitata della tecnica. Ciò ha raggiunto la sua forma estrema nei lager dove si compì lo sterminio degli ebrei.

La calcolata freddezza con cui lo Stato dispotico ha coniugato il mito politico della superiorità razziale con una sempre maggiore razionalità tecnica e una sempre più precisa tecnologia – tutto questo ha superato ogni confine tracciato dalla sovranità divina e dalla dignità umana. Di fronte a ciò, osserva Guardini, si fa strada un sentimento di abissale angoscia per questa disumanità pubblicamente affermata, razionalmente fondata e operante con i più efficienti mezzi della tecnica burocratica e della tecnica meccanica.

Osserva il teologo tedesco: quello che è accaduto in Germania dal 1933 al 1945 rappresenta, in ambito occidentale, il primo esempio delle terribili potenzialità che sovrastano la storia futura. È un pericolo più minaccioso e distruttivo di tutte le bombe atomiche e le armi batteriologiche messe insieme; ed è anche un avvertimento⁹.

Ambivalenza della tecnica e “opposizione polare”

Per evidenziare il carattere ambivalente della tecnica moderna, Guardini si serve

dell'apparato concettuale dell'opposizione polare, uno strumento interpretativo lentamente elaborato e messo in pratica, fra il 1905 e il 1925, da Guardini stesso e da Karl Neundörfer. Scrive Hanna Barbara Gerl, biografa di Guardini: il ventesimo secolo fu preparato da pensatori dell'opposizione polare come Schelling, Schopenhauer, Kierkegaard, Nietzsche, Bergson, Dilthey, Deutinger, Scheler e Nicolai Hartmann. L'opposizione polare è anche la radice del pensiero e della sensibilità di Romano Guardini come teologo, liturgista, interprete e filosofo della tecnica. L'apparato concettuale di Guardini e Neundörfer è una logica "sui generis" che vuole avvicinare e cogliere la proteiforme struttura del vivente. Nel saggio del 1925 – *L'opposizione polare. Saggio per una filosofia del concreto vivente*¹⁰ – Guardini disegna una visione dialettica del reale non nel senso triadico chiuso hegeliano, che porta dalla tesi all'antitesi fino alla chiusura nella sintesi; ma nel senso dualistico polare di dialettica aperta delle opposizioni. Guardini sente il reale come attraversato da infinite opposizioni aperte i cui estremi, senza risolversi mai in una sintesi, si contrappongono e si implicano reciprocamente¹¹. Sorprendente è l'analogia con il neoconfucianesimo che sente l'universo sotteso dall'azione di due principi opposti ma inseparabili e complementari. Sulla struttura polare del concreto vivente, Guardini, negli ultimi anni della sua vita, avrebbe voluto costruire una nuova teologia: "Dio è la tensione vitale in perfetto equilibrio", aveva scritto in una nota a pagina 124 della sua principale opera filosofica. Ma sentiamo Guardini quando – parlando dell'ambivalenza della tecnica – riassume il senso dell'opposizione polare (1959):

«Nelle cose umane non c'è azione efficace alcuna che vada in una sola direzione. Ad ogni azione corrisponde un effetto contrario. Ogni agire umano si polarizza sin dal primo inizio. Che l'uomo faccia qualcosa, il cui effetto rimanga fuori di lui stesso, è impossibile; agendo,

inizia a subire l'azione contraria. Se prendo possesso di qualcosa e la ho, anche la cosa si impossessa di me... Quando conosco, sono "affetto" dalla conoscenza»¹².

La conferenza di Monaco sulla tecnica

Usando le parole di Guardini, riassumiamo in breve l'essenziale della già ricordata conferenza di Monaco sulla macchina e l'uomo (1959).

Potenza illimitata

Che cosa significano le macchine per l'uomo? si chiede Guardini.

I mezzi di questa cultura e civiltà rendono possibile svolgere compiti sempre più precisi e sempre più potenti con il risultato di creare così un mondo strutturato a fondo e, in tal modo, dominato. Si determina il progressivo accrescimento della potenza umana. Questa potenza è un valore sentito immediatamente. La "cosa" della natura si limita ad esistere; l'uomo la conosce. La "cosa" non fa che sussistere; l'uomo la possiede. In ogni agire riuscito vibra nell'uomo il sentimento dell'esser forte, del poter disporre di una potenza illimitata.

Aver potenza significa però non soltanto che chi la ha può determinare altri e altra realtà, ma anche che quest'altra realtà influenza la sua posizione. Chi consegue potenza, la vive; ciò però accaparra spirito e animo.

Proprio dalla potenza, che la tecnica accresce, derivano i pericoli più vari. Sotto il profilo fisico, la violenza con cui un gruppo umano viene sottoposto dall'altro; la guerra nella sua forma sia aperta che velata. Sotto il profilo psico-spirituale l'influenza subita dal pensiero e dal sentimento di un uomo da parte dell'altro: ricordiamoci, ad esempio, dell'influsso di giornali, radio, tecnica pubblicitaria sull'opinione pubblica.¹³

Un mondo di effetti non più "sentiti"

«Potrà l'uomo accettare nel suo 'sentire' un potere continuamente crescente?» – si

chiede Guardini. La possibilità del sentire non è illimitata. Si può vivere l'esperienza dell'effetto di un colpo con il revolver, se il colpito cade a terra. Si può vivere l'effetto di una granata, quando l'edificio crolla.

Ma si può sperimentare l'effetto d'un missile lanciato su un percorso, nel quale il volo è un processo controllato solo con tecnica matematica? Non appare qui il fenomeno di un mondo di effetti non più "sentito"? Anche nelle forme di competizioni sportive – che portano ancora il nome greco di "olimpiadi" – la preparazione tecnica dell'atleta è talmente sviluppata e i risultati così uniformi che la nostra percezione sensoriale non è più in grado da sola di stabilire chi sia il vincitore. È lo strumento tecnico che "sente" per noi; il vincitore lo stabilisce "oggettivamente" il cronometro o il *foto-finish!*

Si parla dell'"oggettività" come della più moderna virtù che prescinde dal sentire e si rivolge puramente alla riuscita di una determinata prestazione. In essa si vede – e a ragione – il presupposto perché possano essere svolti compiti enormi, come quelli posti dal nostro tempo.

Ma questa oggettività non ha anche una controparte che è quella del raffreddarsi del "sentire" e del "sentimento"?¹⁴

Perdita di esperienza vissuta

Ogni nuova macchina – secondo Guardini – significa che l'uomo rimette alla struttura tecnica una prestazione che aveva prima dominato con il suo patrimonio spiritualmente organico, che oggettivizza qualcosa che originariamente era soggettivo, cioè era parte della sua iniziativa vitale. Ciò lo alleggerisce; diventa più libero. Ma fa anche in modo che vada persa una possibilità del creare, dello sperimentare, del vivere il mondo e dello sviluppare se stessi.

Finché vi era solo la nave a vela, la navigazione era certo una faccenda pericolosa; ma portava con sé anche tutti i potenziamenti della vita, che erano congiunti con questo rischio. La nave moderna elimina sempre più i pericoli; il viaggiatore vive alcuni giorni tran-

quilli in un albergo galleggiante. Comunque, in rapporto alla totalità vivente dell'esistenza, la perdita di esperienza vissuta è un guadagno o una perdita?¹⁵

Natura usata e strutturata

Mediante ogni agire tecnico – osserva Guardini – la natura viene presa in possesso, usata e strutturata: si trasforma in cultura. La "natura" è ciò che è da sé; "cultura" è ciò che l'uomo ne fa. Nello svolgersi della storia il fattore culturale è sempre più forte, mentre quello naturale diminuisce.¹⁶

Con l'apparire della macchina, questo processo entra in un nuovo stadio. La natura viene colta e predisposta per l'uso. Al punto che l'uomo porta con sé l'atteggiamento "culturale" anche quando esce per immergersi nella natura. Basti pensare semplicemente all'influsso della fotografia, che è diventata la forma in cui il viaggiatore incontra le cose; oppure al modo in cui vengono organizzati viaggi e ferie in zone incontaminate, in realtà poi invase da tutte le forme del divertimento cittadino.

Il processo appare inevitabile; si presenta però il problema di quali effetti produrrà la continua riduzione di quel fattore naturale contenuto nell'esistenza umana¹⁷.

Libertà per che cosa?

Che la tecnica offra una misura finora sconosciuta di libertà, significa anzitutto un guadagno. Il valore della libertà – per Guardini – non si determina però solo con la domanda: libertà da dove?, ma anche, e in modo più decisivo, dall'altra domanda: libertà a che scopo? Ogni studioso e operatore di pedagogia sociale sa, ad esempio, quali problemi ponga l'impiego del tempo reso libero dalla macchina. Se questo tempo liberato non riesce a dar forma in modo realmente significativo ai giorni e al fine settimana, il risultato è negativo¹⁸.

Affievolirsi dell'esperienza religiosa

Si dovrebbe accennare – continua Guardini – a qualcosa che concerne la vita inte-

riore dell'uomo. L'intensificazione progressiva della scienza e della tecnica, insieme con tutto ciò che produce nella vita economica, nel traffico e nella coscienza pubblica, sembra far diminuire la capacità dell'esperire religioso, la recettività ai motivi religiosi. Nella regione vestfalica c'era tempo fa il proverbio: "Dove arriva la ferrovia, scompare la seconda vita". Ciò accenna a quanto intendiamo. L'attenzione dell'uomo odierno è accaparrata dai compiti razionali e utilitaristici in modo tale che egli disimpara a badare all'"altra dimensione" che è propria dell'esistenza.

Così non è un caso che quella visione del mondo che scorge nella macchina il simbolo della cultura e della civiltà raggiunta cerchi di distruggere programmaticamente la vita religiosa. Quella visione del mondo parte dall'ipotesi che la scienza e la tecnica siano puramente e semplicemente i fondamenti del sapere, ma esigano una così alta misura di concentrazione empirica, che ogni dimensione religiosa potrebbe avere solo un effetto nocivo.

Per il positivista che pensa nella formula "comtiana" del progresso storico – stadio inferiore: religione; secondo stadio: filosofia; terzo e reale stadio: scienza – lo scomparire della religione sarebbe un guadagno. Chi guarda più a fondo – osserva Guardini – sa che cosa significherebbe la perdita di un elemento essenziale dell'intimo nell'umano¹⁹.

Si desidererebbe rappresentarsi un consiglio spirituale dei popoli, nel quale i migliori, al di là di ogni politica, considerassero tutti questi problemi gli uni con gli altri²⁰.

Sarebbe una grazia della storia, se quella chiarezza della coscienza, alla cui formazione hanno tanto contribuito scienza e tecnica, divenisse capace di prevenire ciò che minaccia²¹.

Hans Urs von Balthasar su Romano Guardini

Riportiamo qui il giudizio su Guardini del

teologo cattolico svizzero Hans Urs von Balthasar (1905-1988) – allievo di Guardini e cardinale mancato per due giorni – giudizio contenuto nella biografia del teologo tedesco scritta da von Balthasar nel 1970.

«Forse a Guardini non si potrà risparmiare il rimprovero di non essersi staccato con sufficiente decisione, come cristiano, dal mondo borghese di cui condivise la decadenza e la rovina. E più precisamente, con una domanda: ha mai fissato lo sguardo sull'urlante indigenza materiale delle masse? Ha sentito l'orrore provato dal giovane Marx davanti al mondo come esso è in realtà? Non era certo compito ed eredità sua. Egli doveva rimanere là, dove, per alleviare la miseria, si escogitano mezzi e si istituiscono metodi che, applicati di conseguenza, portano alla schiavitù spirituale, al caos e al demoniaco. Le potenze cui egli si oppone si chiamano tecnica sfrenata, totalitarismo, ateismo – conseguenze logiche della prima emancipazione e dell'assolutizzazione dell'"epoca moderna"»²².

Quarant'anni dopo

Siamo nel luglio del 2003. Sono trascorsi quarantatré anni da quando il teologo Guardini (1959) parlava dei rischi della tecnica moderna, mettendo in luce l'ambivalenza, l'illimitata potenza e la possibile non controllabilità della tecnoscienza e delle sue conseguenze; e lanciava un monito alla vigilanza, ricordando che le forze impegnate e responsabili lavorano sempre in modo molto più lento di quelle unilateralmente violente.

Questo monito del teologo tedesco a vigilare sulla nuova Città dell'uomo – formulato quando di biotecnologie, di informatica, di crisi climatica e ambientale, di commercio di organi, di bombe sporche si sapeva poco o niente – conserva ancora tutta la sua attualità.

Ciò che Guardini non aveva previsto era che la "illimitata potenza" della tecnoscienza si sarebbe collegata con la "tremenda

violenza" del sacro; violenza scoperta dall'antropologo-teologo cattolico francese René Girard (1923) nella sua opera *La violence et le sacré* apparsa nel 1972. Ma osserviamo questa stringata **sequenza (1991-2003)** che allude proprio alla nuova, preoccupante prospettiva di Girard.

Il 25 gennaio del **1991**, è il teologo Joseph Ratzinger a lanciare un nuovo monito sui rischi della tecnoscienza: «L'emergere di inquietanti interrogativi circa la possibilità che le scoperte della biologia si trasformino in minacce terribili per l'umanità e in nuove occasioni di dominio sull'uomo, ci avvertono della necessità di inserire il sapere scientifico all'interno di un più comprensivo sapere dell'uomo, che ne regoli l'uso a suo vantaggio reale»²³.

Nel **1993**, in un'opera scritta poco prima di morire, il filosofo ebreo di origine tedesca, Hans Jonas, mette in guardia dagli straordinari e inquietanti sviluppi della genetica e delle sue possibilità di manipolazione, invocando il "principio di responsabilità"²⁴.

2000. I quattro principali conflitti che hanno insanguinato il pianeta nel 1999 sono conflitti di religione: Kosovo (ortodossi-musulmani); Kashmir (musulmani-indù); Timor-Est (musulmani-cattolici); Cecenia (ortodossi-musulmani). Altri conflitti endemici della fine del millennio sono anch'essi conflitti di religione: Medio Oriente (ebrei-musulmani); Balcani (ortodossi-cattolici-musulmani); Irlanda del Nord (protestanti-cattolici); Afghanistan (fondamentalisti islamici-sciiti e musulmani moderati); Sudan (musulmani-cristiani), Algeria (fondamentalisti islamici-musulmani e laici); Cipro (musulmani-ortodossi); Alto Karabah (cristiani-musulmani); Tibet (atei-buddisti).

Nel **2001** a Marburgo, Jürgen Habermas, filosofo tedesco della scuola di Francoforte, rinnova i suoi moniti contro le manipolazioni genetiche perché offuscano il confine fra artificiale e spontaneo, influenzando la "nostra" comprensione di noi stessi e inficiando il senso di identità²⁵.

Settembre **2001**. Da tempo il fondamentalismo islamico osserva con preoccupazione

l'affievolirsi in Occidente della devozione religiosa – chiese vuote, moschee piene – e attribuisce questa caduta al diffondersi di modelli di vita consumistici veicolati dalla tecnologia occidentale. Ma il fondamentalismo islamico comincia anche a sospettare della tecnologia occidentale, come del cavallo di Troia di un'altra cultura che cerca di sconvolgere anche il "sacro" su cui si fonda l'ordine terreno dell'Islam. In questa prospettiva – esasperata dall'odio teologico di menti esaltate presenti in tutte le religioni – va visto lo spaventoso attacco alle Torri gemelle dell'11 settembre 2001. È l'attacco ad obbiettivi profani – noti e visibili – della cultura tecnologica occidentale. È l'attacco di alcuni esaltati a quel "male" che, nella stessa forma, starebbe irrompendo sul sacro suolo dell'Islam. Infatti, nel momento dell'impatto degli aerei contro le Torri, i dirottatori – votati al martirio – nelle loro menti colpivano il grande Satana. Il tremendo e sanguinoso atto premeditato, viene significativamente effettuato "cortocircuitando" la tecnologia occidentale su se stessa – in modo impensabile, e quindi imprevedibile, per menti occidentali e per questo facilmente riuscito. Si deve tener presente che la secolare espansione islamica, in continenti molto diversi fra loro, fu realizzata padroneggiando, caso per caso, gli strumenti tecnici trovati sul posto²⁶.

Nel **2002**, il filosofo americano, Francis Fukuyama, teorico della fine della storia e del primato del liberalismo, si pronuncia sulla questione delle manipolazioni genetiche. Il problema, per Fukuyama, non è tanto che con i progressi della biogenetica stiamo perdendo la nostra dignità e libertà, quanto che, con questi progressi, ci rendiamo conto che, in realtà, dignità e libertà non le abbiamo mai avute. I progressi della genetica non ci stanno dicendo: spiacente ma la tua anima è appena morta; ma: spiacente, tu non hai mai avuto un'anima. Comunque, dice Fukuyama, il fatto che la stima di me stesso dipenda dalla serotoni-

na mi rende ugualmente felice. Gli uomini, nel corso della storia – osserva Fukuyama – hanno modificato le loro culture, i loro modi di vita e di produzione, hanno riorganizzato le loro società. Quello che ancora non avevano fatto era modificare la loro natura biologica. Ora ci sono i mezzi per farlo. La biotecnologia ci farà entrare nella storia del post-umano²⁷. Potrebbe anche assicurare una certa “sopravvivenza individuale” attraverso la trascrizione della mente su supporto informatico.

Nel **2003**, Slavoj Žižek, filosofo e psicoanalista sloveno, osserva che Hegel non si sarebbe tirato indietro di fronte all’idea di genoma umano e all’idea di un intervento biogenetico, preferendo il rischio all’ignoranza. Anzi, si sarebbe rallegrato vedendo come è andata in pezzi la vecchia idea secondo cui: “tu sei questo”; come se i nostri concetti di identità umana fossero fissati una volta per sempre. Al contrario di Habermas, Žižek pensa che dovremmo accogliere senza riserve gli studi sul genoma. E osserva: se abbiamo una dimensione spirituale, perché mai dovremmo temere le manipolazioni genetiche?²⁸

Nel **2003**, Dominique Lecourt, filosofo francese della scienza, prende posizione nei confronti dell’utopismo dei tecno-profeti, da un lato, e nei confronti dell’allarmismo dei bio-catastrofisti, dall’altro. Lecourt ritiene che entrambe queste posizioni si basino su concezioni aprioristiche e superate dell’identità umana²⁹.

Luglio **2003**. Lo scrittore e saggista francese, George Steiner, docente all’Università di Ginevra, parla in occasione del premio Börne a lui assegnato a Berlino: “L’inquinamento ambientale, lo sfruttamento e lo scempio del nostro piccolo e superpopolato pianeta si sono trasformati ormai in una frenesia suicida... Gli alberi hanno radici, l’homo sapiens – che termine presuntuoso! – ha le gambe; ... può e deve essere un viandante nell’universalmente umano”³⁰.

Luglio **2003**. Giovanni Paolo II lancia un ulteriore monito sull’affievolirsi e sullo smar-

rimento della memoria cristiana dell’uomo europeo che sta vivendo una sua apostasia, quella di un uomo sazio che vive come se Dio non esistesse³¹.

Biografia di Romano Guardini

1885. Nasce a Verona il 17 febbraio.

1886. la famiglia si trasferisce a Magonza. Il padre, un commerciante benestante, è console d’Italia. Romano aveva un anno.

1887-1910. Studia in Germania. Formazione culturale, letteraria e filosofica tedesca e ottima conoscenza della letteratura italiana, soprattutto Dante. Fin dalla scuola elementare stringe amicizia con il coetaneo Karl Neundörfer con cui condividerà la scelta per gli interessi filosofici, per gli studi teologico-religiosi e, infine, il sacerdozio.

1910. Sacerdote a Magonza e in altre città della Germania.

1911. Ottiene finalmente la cittadinanza tedesca che gli permette di insegnare nelle scuole tedesche.

1915. Il padre, la madre e tre fratelli rientrano in Italia alla vigilia della guerra. Romano decide invece di restare per sempre in Germania. Si arruola e presta servizio militare in Germania come infermiere, durante tutto il periodo della guerra che vede Germania e Italia schierate su fronti contrapposti.

1915. Dottorato in teologia a Friburgo in Bressgovia.

1918. Subito dopo la guerra diventa una delle più ascoltate guide intellettuali e spirituali dei cattolici tedeschi. È ispiratore dei movimenti di rinnovamento religioso, come il movimento liturgico e il movimento giovanile “Quickborn” (La fonte), che ha sede nel castello di Rothenfels. Il suo scritto *Lo spirito della liturgia* lo rende famoso nel cattolicesimo tedesco. In esso, viene sottolineata l’importanza dei laici nella vita della Chiesa.

1923. Ottiene la cattedra di “Visione cattolica del mondo” (Katolische Weltanschauung) all’Università di Berlino, dove insegnano i maggiori studiosi protestanti di filosofia e storia della religione.

1923. Durante la vacanza estiva fra la bellezza dei paesi che fanno corona al lago di Como, coglie i segni e il significato epocale del progressivo dispiegarsi del dominio planetario della

tecnica moderna. È il fatto teologicamente nuovo che sconvolge la “Città dell'uomo”.

1925. In agosto, in un incidente di montagna in Engadina, Karl Neundörfer muore proprio nel giorno in cui Romano Guardini lo raggiungeva per un breve periodo di riposo. Per Guardini è “la perdita più dolorosa di tutta la vita”. Pubblica *L'opposizione polare. Saggio di una filosofia del concreto-vivente*, dedicandolo all'amico prematuramente scomparso, con il quale aveva elaborato speculativamente il contenuto dell'opera in un periodo di continue riflessioni filosofiche e teologiche durato oltre vent'anni (1905-1925). È un'opera molto importante e utile ma ancora incompresa e sottovalutata.

1925-1939. Continua l'insegnamento a Berlino e mantiene i contatti con i vari movimenti ecclesiali cattolici. Approfondisce le sue meditazioni sulla tecnica mettendo in luce l'ambivalenza e la possibile non controllabilità della tecnica moderna.

1939. Le SS occupano e requisiscono con la forza il castello di Rothenfels. La cattedra di Guardini all'Università di Berlino, “Visione cattolica del mondo”, è soppressa.

1941. A Guardini è vietato anche di parlare in pubblico.

1943. Per aver distribuito volantini contro il regime di Hitler ai cancelli dell'Università di Monaco, il piccolo gruppo cattolico di resistenza, “La rosa bianca”, viene condannato e i suoi componenti vengono ghigliottinati. Sono cinque giovani e un professore, colpevoli di aver diffuso un volantino che iniziava così: “Ogni parola che esce dalla bocca di Hitler è una menzogna...”. Nel 1945, a Guardini verrà richiesto di commemorare il sacrificio, rimasto fino ad allora sconosciuto, di questi giovani che si erano formati sulla lettura delle sue opere.

1943-45. Lascia Berlino e si trasferisce presso la canonica di Mooshausen, piccolo villaggio nell'Allgäu svevo. Scrive gli *Appunti per un'autobiografia*, pensando possibile la sua fine.

1945. Terminata la guerra, rifiuta alcune chiamate universitarie, fra le quali quella alla cattedra che era stata di Heidegger. È reintegrato nell'insegnamento di “Weltanschauung” cattolica all'Università di Tubinga e poi a quella di Monaco.

1952. Premio per la Pace a Francoforte. “Prelato domestico” di papa Pio XII; a questa nomina attribuisce valore di riconoscimento

ecclesiale della sua opera. Conferenza di Tubinga sul nazismo e gli ebrei.

1958. Onoreficenza “Pour le Mérite”, nella classe “Per la Pace”.

1959. Conferenza di Monaco sull'ambivalenza della tecnica moderna alla Technische Hochschule. Esorta ingegneri e tecnici alla massima vigilanza, cioè a non guardare alla tecnoscienza e ai suoi straordinari risultati in modo irriflesso come dati di fatto; ma a riflettere sulla tecnica moderna in rapporto alla dignità dell'uomo e alla sovranità divina, cioè in una visione più ampia di quella economicistica, utilitaristica e scienziata.

1961. È nominato membro della Commissione preparatoria del Concilio Vaticano II “di cui è stato vero precursore”¹. Riceve a Bruxelles il premio Erasmo.

1965. Paolo VI vuole elevarlo alla porpora cardinalizia, ma Guardini declina l'invito.

1968. Il primo ottobre si spegne a Monaco, dove è sepolto nel piccolo cimitero della Chiesa di San Lorenzo con questa lapide: “Nella fede in Gesù Cristo e nella sua chiesa, confidando nel suo giudizio misericordioso”.

Bibliografia

I titoli delle opere di Guardini sono moltissimi, si parla di oltre cinquecento. Qui riportiamo soltanto alcuni titoli delle opere principali, quasi tutte pubblicate dalla Morcelliana di Brescia.

Lo spirito della liturgia; La figura di Gesù nel Nuovo Testamento; L'essenza del Cristianesimo; La conversione di Sant'Agostino; Lettere dal lago di Como. La tecnica e l'uomo; L'opposizione polare. Saggio per una filosofia del concreto vivente; Dostojewskij; La morte di Socrate; Pascal; Rilke; Hölderlin; Dante; Pensatori religiosi; Mondo e persona; Il potere; La fine dell'epoca moderna; Ansia per l'uomo; Natura, cultura, cristianesimo (include la conferenza di Monaco sulla tecnica e l'uomo); *Fede, religione, esperienza; Linguaggio, poesia, interpretazione; Libertà, grazia, destino; Il Signore; I santi segni; Il senso della Chiesa; La “Rosa Bianca”; Appunti per un'autobiografia; L'angelo: cinque meditazioni; La coscienza; Accettare se stessi; Miracoli e segni; Sapienza dei Salmi; Visione cattolica del mondo; Kiernegaard; San Bonaventura.*

Su Guardini si veda: Hanna Barbara Gerl, *Romano Guardini. La vita e l'opera*, Morcelliana 1988; Hans Urs von Balthasar, *Romano Guardini*,

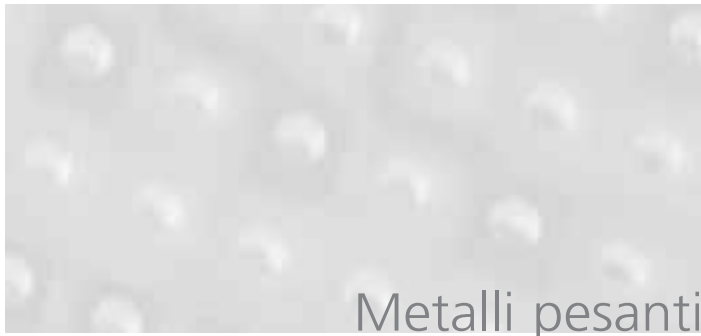
Jaca Book 2000; Luca Bezzini, *Dalla tecnica del potere al potere della tecnica*, in "Tecnica e filosofia", ERI 1996; Mario Bendiscioli, *Romano Guardini e la rinascita cattolica in Germania*, in "Lo spirito della liturgia", Morcelliana 1935.

Una nota bibliografia degli studi su Romano Guardini in Italia è quella di Claudia Cristoforetti che arriva fino al 1999 incluso, in appendice a Hans U. von Balthasar, *Romano Guardini*, Jaca Book 2000; nello stesso volume si veda anche la bibliografia scelta delle opere di Guardini con i titoli originali in tedesco (e tradotti in italiano) relativi a 129 opere del teologo tedesco.

Note

- ¹ *Lexicon. Dizionario dei teologi*, Piemme 1998; Polkinghorne J., *L'interazione fra scienza e teologia nel XXI secolo* in "Il monoteismo", Mondadori 2002.
- ² GUARDINI R., *Lettere dal lago di Como. La tecnica e l'uomo*, Morcelliana 1999 (1926).
- ³ GUARDINI R., *op. cit.*
- ⁴ GUARDINI R., *op. cit.*
- ⁵ GUARDINI R., *op. cit.*
- ⁶ GUARDINI R., *op. cit.*
- ⁷ GUARDINI R., *Mondo e persona*, Morcelliana 2000 (1939).
- ⁸ GUARDINI R., *op. cit.*
- ⁹ GUARDINI R., *Responsabilità* cit. da BEZZINI L., *Dalla tecnica del potere al potere della tecnica* in "Tecnica e filosofia", Civiltà delle macchine, 1-2/1996.
- ¹⁰ GUARDINI R., *L'opposizione polare. Saggio per una filosofia del concreto vivente*, Morcelliana 1997 (1925).
- ¹¹ BERTI E., VOLPI F., *Storia della filosofia. Ottocento e Novecento*, Laterza 1991.
- ¹² GUARDINI R., *La macchina e l'uomo* in Guardini R. "Natura, cultura, cristianesimo", Morcelliana 1983 (1959).
- ¹³ GUARDINI R., *op. cit.*

- ¹⁴ GUARDINI R., *op. cit.*
- ¹⁵ GUARDINI R., *op. cit.*
- ¹⁶ GUARDINI R., *op. cit.*
- ¹⁷ GUARDINI R., *op. cit.*
- ¹⁸ GUARDINI R., *op. cit.*
- ¹⁹ GUARDINI R., *op. cit.*
- ²⁰ GUARDINI R., *op. cit.*
- ²¹ GUARDINI R., *op. cit.*
- ²² VON BALTHASAR H.U., *Romano Guardini*, Jaca Book 2000 (1970).
- ²³ *L'Osservatore Romano*, 25 gennaio 1991.
- ²⁴ JONAS H., *Sull'orlo dell'abisso*, Einaudi 2000 (1993).
- ²⁵ HABERMAS J., *Il futuro della natura umana. I rischi di una genetica liberale*, Einaudi 2002.
- ²⁶ *Dictionnaire de l'Islam. Religion et civilisation*, Encyclopaedia Universalis, Albin Michel 1997; GARDET L., *Notion et sens du sacré en Islam*, in "Il sacro. Studi e ricerche", a cura di Enrico Castelli, Istituto di Studi filosofici, Roma 1974; BORRMANS M., *I musulmani fra filosofia e religione* in "Il Monoteismo", Mondadori 2002; GIRARD R., *La violenza e il sacro*, Adelphi 1980 (1972).
- ²⁷ FUKUYAMA F., *L'uomo oltre l'uomo. Le conseguenze della rivoluzione biotecnologica*, Mondadori 2002.
- ²⁸ ZIZEK S., *L'uomo del futuro* in "Internazionale" 27 giugno - 3 luglio 2003; *Conversazione con René Girard su l'Apocalisse del cristianesimo*, a cura di Giuseppe Fornari in "Il Monoteismo", Mondadori 2002.
- ²⁹ LECOURT D., *Techno-prophètes et bio-catastrophistes* in "Magazine littéraire", luglio-agosto 2003. Di Dominique Lecourt si attende per la fine del 2003 "Humain post-humain" nelle edizioni *Presses Universitaires de France*.
- ³⁰ Parte della relazione di George Steiner al premio "Börne", in Germania, è stata pubblicata su "La Stampa" di martedì 8 luglio 2003.
- ³¹ Radiovaticana ore 8 del 13 luglio 2003 (Radio-giornale).



Metalli pesanti nei suoli italiani: un'analisi dei carichi critici

ROBERTO DAFFINÀ, ALESSANDRA DE MARCO

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

Le possibili sorgenti di contaminazione da metalli pesanti nell'ambiente in generale e nella pedosfera in particolare, hanno due origini: naturale e antropica. La principale fonte naturale è il substrato geologico mentre tra le sorgenti d'origine antropica le più rilevanti sono dovute alle attività civili e industriali, responsabili di input legati essenzialmente a sorgenti puntiformi o lineari, ed alle pratiche agricole.

Nel corso del processo di alterazione delle rocce il reticolo cristallino dei minerali primari viene distrutto dai processi pedogenetici, e i metalli pesanti presenti nei reticoli sono trasferiti nella soluzione circolante del suolo. Una volta raggiunta la soluzione circolante essi possono essere lisciviati verso la falda idrica o essere occlusi nei reticoli cristallini dei minerali pedogenetici.

Il processo di lisciviazione è influenzato dalle caratteristiche chimico-fisiche dei vari tipi di metalli considerati.

Una delle principali sorgenti di emissioni gassose di metalli pesanti è rappresentata dai fumi prodotti dal consumo di combustibili per il riscaldamento; circa l'84% delle ceneri prodotte dalla combustione dei carboni sono volatili ed il loro contenuto in elementi in traccia è piuttosto variabile, dipendendo sia dal tipo di carbone sia dalle condizioni di combustione¹.

Anche durante il processo estrattivo dei metalli, nonché durante le successive operazioni di fusione e lavorazione, possono disperdersi nell'ambiente rilevanti quantitativi di elementi inquinanti rappresentati da fumi, dalle polveri immessi dalle ciminiere nell'atmosfera e da rifiuti liquidi, quali ad esempio le acque utilizzate durante il ciclo produttivo.

Tra le fonti d'inquinamento ambientale vanno infine considerati i possibili rilasci di sostanze tossiche da parte delle discariche costruite prima dell'entrata in vigore del DPR 915/82, le quali

non prevedevano un vasto repertorio di accorgimenti strutturali ed operativi indirizzati al "rispetto delle esigenze igienico-sanitarie e ad evitare ogni rischio di inquinamento dell'aria, dell'acqua, del suolo e del sottosuolo".

Effetti dei metalli pesanti sugli ecosistemi

Piombo

Nell'intervallo di concentrazione di piombo comunemente osservato nei suoli viene evidenziata una correlazione lineare tra la concentrazione dell'elemento nel suolo e quella nei tessuti dei vegetali. Secondo la rassegna critica sulla biodisponibilità degli inquinanti² la concentrazione media di Pb negli organi vegetativi e quiescenti delle piante è rispettivamente il 4,5% e lo 0,9% di quella dell'elemento nel suolo. Il Pb raggiunge la sua massima concentrazione nelle radici delle piante ed è traslocato con difficoltà nella porzione ipogea³. Quando raggiunge elevate concentrazioni nel suolo, il Pb è immobilizzato dalla superficie dell'epitelio radicale. La capacità della pianta di assimilare il Pb e di traslocarlo ai vari organi epigei varia da specie a specie e risente di vari fattori endogeni, quali ad esempio la fase fenologica dell'individuo. Il Pb inibisce la respirazione mitocondriale, altera il trasporto di elettroni nei fotosistemi durante la fotosintesi rallentando il metabolismo e quindi l'intero sviluppo della pianta.

Cadmio

Per quanto riguarda invece il cadmio alcuni autori hanno trovato una correlazione lineare significativa tra contenuto di cadmio nelle piante e quello nel suolo (Alloway, 1997). La con-

centrazione del cadmio antropico nei vegetali risulta essere mediamente il 10-50% della concentrazione dell'elemento nel suolo, indicando la tendenza ad un forte accumulo dell'elemento nella biomassa vegetale. Il cadmio è un elemento non essenziale e tossico, ed è catalizzatore di molte reazioni che danneggiano i tessuti a causa della formazione di radicali liberi.

Metodologia impiegata per la valutazione dei carichi critici

Il carico critico è il flusso di deposizione atmosferica che nell'ecosistema si traduce in una concentrazione di metallo pari al limite critico, se l'ecosistema è in stato stazionario. Rappresenta la deposizione al di sotto della quale non si hanno effetti negativi.

I limiti critici (basati sugli effetti) sono concentrazioni di metalli pesanti nell'ecosistema, al di sotto dei quali non si hanno effetti negativi significativi su specifici elementi sensibili dell'eco-

sistema, almeno secondo le conoscenze attuali. Per il calcolo del limite critico si valutano gli effetti avversi.

Per la valutazione dei carichi critici di metalli pesanti si è partiti dal seguente bilancio chimico di massa⁴:

$$MP_{TL} = MP_{GU} + MP_{LE} + \Delta MP_S$$

= Modello Semidinamico

$$MP_{TL} = MP_{GU} + MP_{LE}$$

= Modello Stand Still

dove:

MP_{TL} = il totale dei carichi critici dei metalli pesanti provenienti da deposizione ed altre fonti;

MP_{GU} = il flusso dei metalli pesanti assorbiti dalla crescita delle piante;

MP_{LE} = il flusso dei metalli pesanti derivanti da lisciviazione;

ΔMP_S = variazione delle quantità di metalli pesanti nel suolo.

I valori di carico critico calcolati vengono quindi inseriti in un contesto grafico rappresentato da un "grigliato" standardizzato EMEP (Programma cooperativo per il monitoraggio e la valutazione dell'inquinamento tra-

sfrontaliero in Europa) nel quale ognuna delle 253 maglie che suddividono il territorio italiano ha un'area di 50 cm per 50 km.

Lo scopo del Programma EMEP è quello di coordinare e standardizzare il monitoraggio dei centri internazionali che si occupano di inquinamento transfrontaliero nel rispetto delle Convenzioni.

Risultati ottenuti

Nella tabella sono sintetizzati e confrontati i risultati relativi ai quattro ecosistemi, ottenuti utilizzando i due modelli di valutazione. Analizzando i risultati relativi ai carichi critici relativi al cadmio si nota come la variazione del carico critico sia compresa tra zero e 160 g·ha⁻¹ nei tre ecosistemi (pascoli, conifere e latifoglie), mentre nella terra arabile questo valore viene superato dalla maglia 105-47 che raggiunge 253 g·ha⁻¹.

È interessante osservare come i pascoli siano l'ecosistema più ricettivo al cadmio con valori più bassi rispetto agli altri tre ecosistemi analizzati. Il 25% delle celle analizzate ha un carico critico più basso di 1,4 g·ha⁻¹, mentre il 50% delle celle non supera i 4,3 g·ha⁻¹; all'opposto si trova l'ecosistema delle conifere con un 25% delle celle, un carico critico inferiore ai 3 g·ha⁻¹ e un valore mediano di 6 g·ha⁻¹.

Queste considerazioni vengono confermate anche nell'analisi del carico critico del piombo con il modello Stand Still. Anche in questo caso i pascoli sono l'ecosistema più ricettivo con il 75% delle celle che non supera i 5 g·ha⁻¹ e con un valore mediano di 1,5 g·ha⁻¹, mentre i due ecosistemi forestali hanno un valore mediano di 10 g·ha⁻¹ e meno del 25% delle celle è sotto i 5 g·ha⁻¹ anno.

Confrontando il modello Stand

Tabella 1

Analisi statistica dei risultati dei carichi critici nei quattro ecosistemi con applicazione dei due modelli (g/ha)

MODELLO STAND STILL									
	Min	Max	Media	Mediana	1° Quartile	2° Quartile	3° Quartile	Totale maglie	
Cadmio	Pascoli	0,05	117	10,3	4,3	1,4	4,3	9	220
	Conifere	0,6	117	15,7	6,1	3	6	13	105
	Latifoglie	0,2	117	11	4,5	1,9	4,5	10	216
	Arabile	0,06	138	11,5	5,1	2	5	11	223
Piombo	Pascoli	0,6	36,2	4	1,54	0,7	1,6	5	220
	Conifere	3,11	182	23,2	10,14	7	10	26	105
	Latifoglie	0,13	1867	49,2	10,13	5,3	10,3	27,2	216
	Arabile	0,11	155	18,6	8,36	5,5	8,2	17	223
MODELLO SEMIDINAMICO									
	Min	Max	Media	Mediana	1° Quartile	2° Quartile	3° Quartile		
Cadmio	Pascoli	0	81,2	29	33,8	20	34	38,4	
	Conifere	0	103	21,5	16,7	13	17	21	
	Latifoglie	0	102	17	16	12	16	19	
	Arabile	0	102	30	34,5	23	34,5	38,5	
Piombo	Pascoli	170	4325	2381	2463	2170	2460	2710	
	Conifere	124	1243	907	962	820	960	1054	
	Latifoglie	113	2672	982	1003	898	1010	1105	
	Arabile	189	4334	2411	2478	2150	2480	2750	

dal **MONDO**

**Stazione di rifornimento
per auto a idrogeno in
Islanda**

**Alluvioni e
cambiamenti climatici**

**Accordo USA-Italia
sull'ambiente**



STAZIONE DI RIFORNIMENTO PER AUTO A IDROGENO IN ISLANDA

Una stazione per rifornire di idrogeno gli autoveicoli a celle di combustibile, la seconda al mondo dopo quella realizzata presso l'aeroporto di Monaco di Baviera, è stata aperta in Islanda. La stazione produce idrogeno attraverso l'elettrolisi dell'acqua grazie ad una tecnologia fornita dalla Norsk Hydro. Il governo islandese crede molto nell'idrogeno. Il suo obiettivo è infatti raggiungere entro il 2030 l'indipendenza dalle fonti energetiche non rinnovabili. Già oggi, buona parte del fabbisogno energetico dell'isola (elettricità e calore) è soddisfatto attraverso l'uso di fonti geotermiche. Rimane però il problema

degli autoveicoli, che potrebbe essere risolto dall'idrogeno, prodotto per elettrolisi mediante l'elettricità generata da una centrale geotermica. Secondo il ministro dell'Energia islandese, Valgerdur Sverrisdottir, l'apertura di questa stazione è un passo verso la realizzazione di una società basata sull'idrogeno.

La stazione è stata costruita da un consorzio che comprende, oltre alla norvegese Norsk Hydro, anche il distributore locale della anglo-olandese Shell e l'azienda automobilistica tedesco-americana DaimlerChrysler.

ALLUVIONI E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Le devastanti alluvioni che hanno colpito l'anno scorso l'Europa centrale non sono una conseguenza degli ultimi cambiamenti climatici. Lo affermano alcuni scienziati tedeschi dell'Università di Lipsia che hanno compilato una documentazione storica di tutti gli eventi di questo tipo e hanno concluso che la frequenza delle grandi alluvioni non è mutata negli ultimi 1000 anni.

Dopo le ondate del 2002 che avevano interessato Praga e Dresda, si temeva che questi eventi estremi fossero destinati a divenire sempre più comuni. Quello che è cambiato, invece, è l'ammontare dei danni economici e il numero di persone a rischio di alluvione: tutti fattori dovuti ai mutamenti nell'uso dei terreni e all'aumento della densità di popolazione.

Lo studio si è incentrato su due fiumi, l'Elba e l'Oder, che insieme raccolgono la pioggia che cade su 150.000 chilometri quadrati dell'Europa centrale. Applicando un test statistico, per vedere se si poteva osservare cambiamenti negli ultimi decenni, non è stata identificata nessuna tendenza significativa nelle alluvioni estive, mentre quelle in-

vernali sono diventate meno frequenti.

ACCORDO USA-ITALIA SULL'AMBIENTE

È stato firmato a Sacramento in California un accordo di cooperazione fra il ministro dell'Ambiente italiano, Altero Matteoli, e il sottosegretario agli Affari Globali del Dipartimento di Stato Americano, Paula Dobransky, sulle tecnologie energetiche pulite per proteggere il clima. L'accordo è arrivato in occasione del Workshop che si è svolto tra esperti italiani e americani il 15 e 16 settembre nella città californiana.

USA e Italia hanno convenuto che lo sviluppo delle tecnologie per le energie pulite ed efficienti è fondamentale per affrontare la sfida dei cambiamenti climatici globali e assicurare nello stesso tempo lo sviluppo e il benessere a livello globale. I due paesi hanno riconosciuto che dare priorità alle tecnologie energetiche avanzate dal punto di vista ambientale e maggiormente efficienti, come l'assorbimento e l'immagazzinamento del carbonio, l'idrogeno e le celle combustibile, è importante per tutti i paesi in via di sviluppo per il raggiungimento della loro crescita sostenibile.

È stato concordato inoltre di rafforzare ulteriormente la cooperazione per il raggiungimento degli obiettivi del Vertice mondiale sullo Sviluppo sostenibile, in particolar modo per quanto riguarda il miglioramento della disponibilità di energie pulite per coloro che attualmente non dispongono di servizi energetici adeguati.

USA e Italia si incontreranno nuovamente per valutare i progressi della cooperazione sulle tecnologie energetiche pulite e sulla ricerca sui cambiamenti climatici nella prossima riunione congiunta, che si terrà a Roma nel 2004.

dall'UNIONE EUROPEA

Mobilità sostenibile

Istruzione, ricerca e innovazione

Energia intelligente

MOBILITÀ SOSTENIBILE

Il progetto SMILE (Iniziativa di Mobilità Sostenibile a Livello Locale), supportato dalla Direzione Generale Ambiente della Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE, mira a ridurre l'impatto negativo del traffico urbano sulla qualità dell'aria, sul cambiamento climatico, sul rumore e, in generale, sulla qualità della vita promuovendo iniziative di mobilità sostenibile presso le Amministrazioni Comunali.

Per avere una più chiara conoscenza dei problemi della mobilità e raccogliere le esperienze già acquisite in Europa, i partner del progetto SMILE, tra i quali c'è l'ENEA, hanno condotto una indagine, in 140 città di 25 paesi europei, sui differenti progetti realizzati a favore delle mobilità sostenibile. Le esperienze più interessanti, innovati-

ve e replicabili sono state selezionate e inserite sul "good practice database" del sito: www.smile-europe.org.

Sempre nell'ambito di SMILE, un gruppo di esperti ha preparato raccomandazioni e linee guida sulla gestione integrata della mobilità sostenibile analizzando specifici aspetti, quali: il trasporto pubblico, le esigenze di mobilità dei diversi "target group" (disabili, studenti, pendolari...) il rumore da traffico veicolare e le relative tecnologie di abbattimento, (anche in previsione del recepimento della Direttiva europea sull'abbattimento). Un workshop per la presentazione di tali linee guida si è tenuto a Berlino il 20-21 ottobre 2003.

ISTRUZIONE, RICERCA E INNOVAZIONE

A settembre, in occasione di una conferenza a Berlino sulla creazione dello Spazio europeo dell'istruzione superiore, il Ministro tedesco per l'Istruzione ha dichiarato che le università europee dovranno rappresentare l'interfaccia strategica fra istruzione, ricerca e innovazione.

Le modalità di attuazione prevedono l'introduzione, nel più breve tempo possibile, dei nuovi corsi di laurea o di master, come già convenuto a livello europeo, il riconoscimento delle qualifiche attraverso l'ampliamento del sistema europeo di trasferimento dei crediti accademici e la creazione di un sistema esaustivo di certificazione della qualità per gli atenei.

Il Ministro ha sollecitato altresì la definizione di una più intensa relazione fra le università ed il settore della ricerca: la Germania, consapevole dell'importanza di migliorare l'attrattiva delle proprie università e dei propri insediamenti di ricerca, ha investito 100 milioni di euro in questo settore, durante lo scorso triennio. Dal canto suo, la Commissione Europea ha pubblicato in feb-

braio una comunicazione sul ruolo delle università nell'Europa della conoscenza, sottolineando le attuali sfide che l'istruzione europea superiore deve affrontare e avviando un processo di consultazione pubblica su tale questione.

Il Commissario europeo per l'Istruzione e la Cultura Viviane Reding, intervenendo alla manifestazione, ha dichiarato che, secondo i primi risultati della consultazione, emerge in generale l'esigenza di migliorare l'attrattiva dei sistemi e degli istituti di formazione superiore in Europa e nel mondo.

ENERGIA INTELLIGENTE

Il 4 agosto 2003, dopo la pubblicazione sulla *Gazzetta Ufficiale CE* (OJ 176/29), è stato formalmente avviato il nuovo programma "Energia intelligente per l'Europa (2003-2006)" - (EIE) - il cui obiettivo è la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e l'uso razionale dell'energia.

Il Programma, della durata di quattro anni e dotato di una disponibilità finanziaria di 200 M€, intende dare continuità alle attività di promozione finora svolte nell'ambito dei programmi ALTENER, SAVE e SYNERGY, estendendone l'interesse al settore dei trasporti.

Il Programma si articola in quattro aree:

- SAVE, uso razionale dell'energia e gestione della domanda;
- ALTENER, fonti energetiche nuove e rinnovabili;
- STEER, aspetti energetici dei trasporti;
- COOPNER, promozione delle fonti rinnovabili e dell'uso razionale dell'energia con i paesi in via di sviluppo.

Si prevede che il primo bando per la presentazione di proposte sarà emesso nel prossimo mese di novembre. I delegati italiani nel Comitato del programma sono: Dario Chello, MAP, Paolo Coda, ENEA.



LA POLITICA ECONOMICA 2004-2007

Il Consiglio dei Ministri del 16 luglio 2003 ha approvato il Documento di Programmazione Economica e Finanziaria (DPEF) che definisce la manovra di finanza pubblica per gli anni 2004-07.

Il Documento, presentato al Parlamento intende rappresentare la premessa per aprire una stagione di dialogo sociale e istituzionale mirata a realizzare riforme strutturali finalizzate a rilanciare uno sviluppo sostenuto e duraturo.

L'obiettivo è di giungere ad un Accordo per riforme, competitività, sviluppo ed equilibrio fi-

nanziario, partendo dagli impegni sottoscritti con il "Patto per l'Italia" e raccogliendo il contributo del più recente "Patto per la competitività" siglato da CGIL, CISL, UIL e Confindustria.

Gli interventi proposti in questo DPEF si prefiggono di mantenere la continuità con gli indirizzi programmatici che questo Governo ha adottato fin dal suo insediamento, pur tenendo conto di un quadro economico internazionale meno favorevole rispetto alle attese.

Per rafforzare lo sviluppo economico e sociale del Paese, si intende puntare su alcuni pilastri fondamentali, comuni ai grandi paesi europei:

- una politica di riforme strutturali socialmente compatibili, in grado di adeguare le istituzioni dell'economia ai trend demografici e all'allungamento delle fasi del ciclo vitale: età scolare, età del lavoro, terza età;
- una politica di investimenti in capitale fisico e umano e in tecnologia, finalizzata ad innalzare la produttività e la competitività e, quindi, la crescita del Paese, rendendo l'economia italiana pronta a cogliere pienamente gli stimoli della ripresa quando si manifesterà a livello globale ed europeo;
- una politica macroeconomica e finanziaria atta a coniugare rigore e sviluppo, in linea con gli impegni europei.

Riforme, investimenti e consolidamento di bilancio sono obiettivi essenziali e strettamente integrati: il rispetto dei vincoli del patto di stabilità e crescita intende avere il duplice effetto di ras-

sicurare i mercati ed evitare che, per un paese ad alto debito come l'Italia, condizioni finanziarie troppo gravose soffochino la ripresa.

NUOVO RIVELATORE DI ONDE GRAVITAZIONALI

È stato inaugurato il 23 luglio il rivelatore di onde gravitazionali Virgo, una enorme antenna di 3 km di lato che contribuirà a fare luce su uno dei misteri più affascinanti della fisica moderna: osservare direttamente l'esistenza delle onde gravitazionali, prevista dalla teoria della relatività generale di Albert Einstein, finora dimostrata solo in modo indiretto.

La difficoltà di captare le onde gravitazionali si deve al fatto che si tratta di perturbazioni estremamente deboli prodotte da esplosioni di una supernova, interazioni fra stelle di neutroni e un buco nero, o fusioni di due stelle di neutroni.

Virgo, che si trova a Cascina, presso Pisa, è il risultato di oltre dieci anni di collaborazione tra l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e il Centro Nazionale per le Ricerche Scientifiche (CNRS) francese.

Il sistema si basa essenzialmente su un fascio laser suddiviso da uno specchio in due fasci identici che viaggiano nel vuoto ultraspinato.

Perché il sistema funzioni sono necessarie avanzatissime apparecchiature meccaniche, che permettono un perfetto isolamento dall'ambiente esterno ed evitano perturbazioni che potrebbero mascherare il passaggio dell'onda gravitazionale.

dall'ENEA

Graduatorie di concorsi ENEA

Collaborazione per la sicurezza dei rifiuti radioattivi

Modellistica nella dosimetria delle radiazioni

PROROGA GESTIONE COMMISSARIALE

Con deliberazione del 29 settembre 2003, il Consiglio dei Ministri ha provveduto a prorogare, fino alla ricostituzione degli organi e non oltre il 30 novembre 2003, la gestione commissariale dell'ENEA e contestualmente ha avviato la procedura per la nomina del Professor Carlo Rubbia a Presidente dell'Ente.

GRADUATORIE DI CONCORSI ENEA

Graduatoria di merito della selezione per l'assunzione in prova di n. 18 unità di personale diplomato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 3 dicembre 2002 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 95 e G.U. del 10 dicembre 2002 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 97)

(in sessantesimi)

Posizione T/1

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in tecniche analitiche di monitoraggio ambientale di aria, acqua, suolo e prodotti vegetali

1. Cucinieri Franco Aldo 42.8

Posizione T/2

N. 1 perito chimico con almeno due

anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nei settori del sequenziamento di DNA su larga scala con tecnologia capillare e della relativa analisi bioinformatica

1. Chiesa Maurizio 43.4

Posizione T/3

N. 1 perito elettrotecnico o elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in gestione e manutenzione hardware/software e strumentazione di laboratorio e di campagna

1. Regina Pasquale 46.1
2. Surrenti Vincenzo Francesco 42.0
3. Ciarlo Pacifico 38.8

Posizione T/4

N. 1 perito informatico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella realizzazione, gestione e manutenzione hardware e software per la modellistica del clima

1. Iaccarino Antonio 45.0

Posizione T/5

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di apparati sperimentali per la caratterizzazione di dispositivi e moduli fotovoltaici

1. Bolognesi Stefano 35.8

Posizione T/6

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione e manutenzione di apparecchiature di deposizione di film sottili per applicazioni fotovoltaiche

1. Ciani Pietro 31.1

Posizione T/7

N. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nelle misure di caratterizzazione di moduli fotovoltaici e prove di invecchiamento accelerato

1. Flaminio Giovanni 44.2
2. Cannella Gerardo 40.8

Posizione T/8

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella programmazione object oriented

per sistemi avanzati di interfaccia uomo macchina e gestione di sistemi di trasmissione dati

1. Cappadozzi Gianluca 41.2

Posizione T/9

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nello sviluppo ed utilizzo di azionamenti automatici asserviti al calcolatore

1. Oriolo Giuseppe 36.9
2. Scialpi Francesco 35.4

Posizione T/10

N. 1 perito informatico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella assistenza alla progettazione, realizzazione ed esercizio di sistemi per l'automazione di processi chimici

Posizione scoperta per mancanza di candidati idonei

Posizione T/11

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di impianti automatici multicamera per la fabbricazione di matrici attive a base di film semiconduttori

1. Di Lorenzo Paolo 39.2

Posizione T/12

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nell'allestimento e utilizzo di laboratori e sistemi da vuoto per la fabbricazione di microdispositivi a base di silicio con tecniche fotolitografiche

1. Nasti Ivana 45.8

Posizione T/13

N. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nei controlli non distruttivi nei settori in campo industriale e civile (raggi X, termografia, ultrasuoni, radar) e nella esecuzione di campagne diagnostiche in campo

1. Bonifazi Stefano 41.9

Posizione T/14

N. 2 periti chimici con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella conduzione di impianti chimici sperimentali complessi

cronache

1. Romanelli Assunta 42.4
2. Moliterni Stefania 40.0

Posizione T/15

N. 3 periti chimici con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nelle analisi chimiche di elementi in traccia in matrici ambientali

1. Zampoli Mariarosaria 46.9
2. Farneti Tiziana 46.5
3. Tosi Marina 41.6
4. Manzo Roberto 37.0

Graduatoria definitiva della selezione per l'assunzione in prova di n. 18 unità di personale diplomato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 3 dicembre 2002 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 95 e G.U. del 10 dicembre 2002 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 97)

Posizione T/1

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in tecniche analitiche di monitoraggio ambientale di aria, acqua, suolo e prodotti vegetali

1. Cucinieri Franco Aldo

Posizione T/2

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nei settori del sequenziamento di DNA su larga scala con tecnologia capillare e della relativa analisi bioinformatica

1. Chiesa Maurizio

Posizione T/3

N. 1 perito elettrotecnico o elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in gestione e manutenzione hardware/software e strumentazione di laboratorio e di campagna

1. Regina Pasquale
2. Surrenti Vincenzo Francesco
3. Ciarlo Pacifico

Posizione T/4

N. 1 perito informatico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella realizzazione, gestione e manuten-

zione hardware e software per la modellistica del clima

1. Iaccarino Antonio

Posizione T/5

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di apparati sperimentali per la caratterizzazione di dispositivi e moduli fotovoltaici

1. Bolognesi Stefano

Posizione T/6

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione e manutenzione di apparecchiature di deposizione di film sottili per applicazioni fotovoltaiche

1. Ciani Pietro

Posizione T/7

N. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nelle misure di caratterizzazione di moduli fotovoltaici e prove di invecchiamento accelerato

1. Flaminio Giovanni
2. Cannella Gerardo

Posizione T/8

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella programmazione object oriented per sistemi avanzati di interfaccia uomo macchina e gestione di sistemi di trasmissione dati

1. Cappadozzi Gianluca

Posizione T/9

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nello sviluppo ed utilizzo di azionamenti automatici asserviti al calcolatore

1. Oriolo Giuseppe
2. Scialpi Francesco

Posizione T/10

N. 1 perito informatico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella assistenza alla progettazione, realizzazione ed esercizio di sistemi per l'automazione di processi chimici

Posizione scoperta per mancanza di candidati idonei

Posizione T/11

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di impianti automatici multi-camera per la fabbricazione di matrici attive a base di film semiconduttori

1. Di Lorenzo Paolo

Posizione T/12

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nell'allestimento e utilizzo di laboratori e sistemi da vuoto per la fabbricazione di microdispositivi a base di silicio con tecniche fotolitografiche

1. Nasti Ivana

Posizione T/13

N. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nei controlli non distruttivi nei settori in campo industriale e civile (raggi X, termografia, ultrasuoni, radar) e nella esecuzione di campagne diagnostiche in campo

1. Bonifazi Stefano

Posizione T/14

N. 2 periti chimici con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella conduzione di impianti chimici sperimentali complessi

1. Romanelli Assunta
2. Moliterni Stefania

Posizione T/15

N. 3 periti chimici con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nelle analisi chimiche di elementi in traccia in matrici ambientali

1. Zampoli Mariarosaria
2. Farneti Tiziana
3. Tosi Marina
4. Manzo Roberto

Graduatoria di merito della selezione per l'assunzione in prova di n. 35 unità di personale laureato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 3 dicembre 2002 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 95 e G.U. del 10 dicembre 2002 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 97)

(in sessantesimi)

Posizione S/1

N. 1 laureato in scienze agrarie con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel settore della difesa fitosanitaria biologica e integrata da parassiti o patogeni delle colture agrarie

1. Fancello Giulio	51.1
2. Brunori Andrea	50.2
3. Ambrico Alfredo	45.1
4. Sabino Giuseppe	42.9
5. Sarandria Giuseppe	39.0
6. Stellato Ezio	36.3
7. Colucci Antonio	36.2
8. Modugno Antonio	33.5
9. Menghini Andrea	31.4

Posizione S/2

N. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni, nell'attività sperimentale in vivo per la valutazione degli effetti dell'esposizione alle radiofrequenze (telefonia cellulare) sui sistemi sensoriali di mammifero

1. Galloni Paolo	49.0
------------------	------

Posizione S/3

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo di software per la visualizzazione grafica; nelle tecniche di programmazione parallela e nella gestione, programmazione e interrogazione di basi di dati

1. Mencuccini Giorgio	44.0
-----------------------	------

Posizione S/4

N. 1 laureato in scienze geologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo di metodi e tecniche di aerofotogrammetria digitale e sistemi informativi territoriali

1. Lugari Alessandro	44.9
2. Polizzi Marco	43.6
3. Manfredi Frattarelli Francesco Maria	41.8
4. Leoni Gabriele	38.5
5. Tedesco Rossella	37.5
6. Arcasenza Marina	36.5
7. Gigantino Antonella	34.7
8. Annunziata Maurizio	32.7
9. Palmieri Monica	29.6

Posizione S/5

N. 3 laureati in discipline nautiche con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo ed analisi di modelli numerici per lo studio della circolazione marina e l'interazione con l'ecosistema

1. Sannino Gianmaria	48.1
----------------------	------

2. Fusco Giannetta	47.2
3. Napolitano Ernesto	44.9
4. Falco Pierpaolo	41.7

Posizione S/6

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo e caratterizzazione di processi per la realizzazione di dispositivi fotovoltaici

1. Contento Gaetano	42.0
---------------------	------

Posizione S/7

N. 1 laureato in ingegneria ambientale e territorio con esperienza post-lauream di almeno due anni, nei sistemi energetici integrati per l'utilizzo ottimale delle biomasse

1. Castellazzi Luca	45.2
2. Armiento Roberto	41.1

Posizione S/8

N. 1 laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel campo della permeazione dell'idrogeno nei materiali e delle tecnologie dei metalli liquidi

1. Aiello Antonio	51.2
-------------------	------

Posizione S/9

N. 1 laureato in chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel settore delle tecnologie dei materiali per sistemi energetici con refrigerazione a metallo liquido

1. Veggetti Elisabetta	42.0
------------------------	------

Posizione S/10

N. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel campo dello sviluppo componenti di reattori a fusione e delle relative tecnologie dei materiali

1. Rossi Paolo	42.2
----------------	------

Posizione S/11

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione neutronica del nocciolo e del target di sistemi ADS a Pb-Bi

1. Petrovich Carlo	49.2
--------------------	------

Posizione S/12

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nei sistemi avanzati di interfaccia uomo-macchina e nel telecontrollo di sistemi robotici

1. Suriano Domenico	40.4
---------------------	------

Posizione S/13

N. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione

ne CAD, progettazione di strutture meccaniche robotiche e di sistemi avanzati di interfaccia uomo-macchina

1. Rotta Sebastiano	43.8
---------------------	------

Posizione S/14

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel campo della superconduttività ed in particolare nella deposizione di film sottili e spessi di materiali superconduttori a bassa ed alta temperatura critica

1. Celentano Giuseppe	50.5
-----------------------	------

Posizione S/15

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel campo di acquisizione, analisi, condizionamento e visualizzazione di dati acquisiti real-time

1. Pollastrone Fabio	52.4
2. Lotrecchio Giacomo	44.0
3. Mazzocchi Enrico	30.8

Posizione S/16

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello studio dell'interazione tra onde a radiofrequenza e plasmi termonucleari con particolare riferimento a macchine Tokamak

1. Castaldo Carmine	52.3
---------------------	------

Posizione S/17

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo di diagnostiche a microonde per plasmi termonucleari con particolare riferimento allo studio dei fenomeni turbolenti nei plasmi

1. De Benedetti Massimo	56.5
-------------------------	------

Posizione S/18

N. 2 laureati in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo e messa a punto di applicazioni di ingegneria biomedica mediante metodi di analisi di immagine e sviluppo di software

1. Bucci Luigi	44.5
2. De Pascalis Fabio	43.0

Posizione S/19

N. 1 laureato in architettura con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione e conduzione di campagne sperimentali in campo per la valutazione dello stato di conservazione e la caratterizzazione di strutture civili attraverso l'impiego di metodologie diagnostiche dedicate

1. Labia Nicola 45.3
2. De Vivo Gesualdo 34.0

Posizione S/20

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella prototipazione e realizzazione di processi di fabbricazione e di simulazione circuitale di matrici attive di silicio a film sottile

1. Palumbo Domenico 43.0

Posizione S/21

N. 1 laureato in ingegneria civile con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione e realizzazione di campagne integrate di misura ed indagini diagnostiche in campo ed elaborazione di strategie e di interventi di consolidamento su strutture ed infrastrutture civili

1. Pugliese Luigi 43.2
2. Santarsiero Giuseppe 39.5

Posizione S/22

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella messa a punto di procedure complete di fabbricazione di matrici attive di silicio a film sottile, con competenze sull'architettura dei relativi microsistemi

1. Tassini Paolo 41.7

Posizione S/23

N. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo di processi di produzione in particolare di deposizione chimica da fase vapore e nello sviluppo di tecnologie di lavorazione e qualificazione di materiali polimerici e compositi

1. Salernitano Elena 45.2
2. Caputo Giampaolo 37.1

Posizione S/24

N. 1 laureato in scienze geologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni, nell'analisi di suoli e sedimenti con particolare riferimento all'analisi granulometriche e diffrattometria a raggi X

1. Armiento Giovanna 52.4
2. Del Gizzo Marilina 44.2
3. Znatowicz Krzysztof 37.3
4. Arboretti Giancristofaro Lucio 30.9

Posizione S/25

N. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nell'analisi chimiche di microinquinanti organici in matrici ambientali con particolare riferimento alle tecniche cromatografiche

1. Di Landa Giuseppe 52.7
2. Capone Mauro 46.5

Posizione S/26

N. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nell'analisi chimiche di elementi in traccia in matrici ambientali con particolare riferimento alle analisi di speciazione e alla certificazione di materiali di riferimento

1. Brunori Claudia 46.0

Posizione S/27

N. 1 laureato in ingegneria informatica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione di sistemi automatici di supervisione e controllo di impianti solari

1. Di Ascenzi Primo 40.3

Posizione S/28

N. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nei processi termochimici per la produzione di idrogeno da energia solare

1. Lanchi Michela 45.2

Posizione S/29

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione e sviluppo di strutture di portali, siti web e banche dati per realizzare azioni di trasferimento di tecnologia alle imprese e alle amministrazioni pubbliche

1. D'Agosta Gianluca 48.0

Posizione S/30

N. 1 laureato in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno due anni, nelle attività di trasferimento tecnologico alle imprese ed alle pubbliche amministrazioni e nel supporto alla creazione di nuove imprese ad alta tecnologia

1. Arnò Anna Elvira 45.0
2. Amico Roxas Salvatore 40.8

Posizione S/31

N. 1 laureato in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno due anni, nelle problematiche e metodologie di trasferimento di tecnologie dagli enti di ricerca alle imprese, con particolare attenzione agli aspetti di proprietà intellettuale; gestione diretta di progetti di innovazione

1. Fratini Davide 51.5

Posizione S/32

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella gestione tecnico-finanziaria e collaudo di pro-

getti, anche sviluppati in ambito comunitario relativi ad applicazioni informatiche e a sistemi elettronici

1. Tondini Daniele 46.9
2. De Angelis Guido 43.3

Graduatoria definitiva della selezione per l'assunzione in prova di n. 35 unità di personale laureato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 3 dicembre 2002 - 4^a Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 95 e G.U. del 10 dicembre 2002 - 4^a Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 97).

Posizione S/1

N. 1 laureato in scienze agrarie con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel settore della difesa fitosanitaria biologica e integrata da parassiti o patogeni delle colture agrarie

1. Fancello Giulio
2. Brunori Andrea
3. Ambrico Alfredo
4. Sabino Giuseppe
5. Sarandria Giuseppe
6. Stellato Ezio
7. Colucci Antonio
8. Modugno Antonio
9. Menghini Andrea

Posizione S/2

N. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni, nell'attività sperimentale in vivo per la valutazione degli effetti dell'esposizione alle radiofrequenze (telefonia cellulare) sui sistemi sensoriali di mammifero

1. Galloni Paolo

Posizione S/3

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo di software per la visualizzazione grafica; nelle tecniche di programmazione parallela e nella gestione, programmazione e interrogazione di basi di dati

1. Mencuccini Giorgio

Posizione S/4

N. 1 laureato in scienze geologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo di metodi e tecniche di aerofotogrammetria digitale e sistemi informativi territoriali

1. Lugari Alessandro

2. Polizzi Marco
3. Manfredi Frattarelli Francesco Maria
4. Leoni Gabriele
5. Tedesco Rossella
6. Arcasenza Marina
7. Gigantino Antonella
8. Annunziata Maurizio
9. Palmieri Monica

Posizione S/5

N. 3 laureati in discipline nautiche con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo ed analisi di modelli numerici per lo studio della circolazione marina e l'interazione con l'ecosistema

1. Sannino Gianmaria
2. Fusco Giannetta
3. Napolitano Ernesto
4. Falco Pierpaolo

Posizione S/6

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo e caratterizzazione di processi per la realizzazione di dispositivi fotovoltaici

1. Contento Gaetano

Posizione S/7

N. 1 laureato in ingegneria ambientale e territorio con esperienza post-lauream di almeno due anni, nei sistemi energetici integrati per l'utilizzo ottimale delle biomasse

1. Castellazzi Luca
2. Armiento Roberto

Posizione S/8

N. 1 laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel campo della permeazione dell'idrogeno nei materiali e delle tecnologie dei metalli liquidi

1. Aiello Antonio

Posizione S/9

N. 1 laureato in chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel settore delle tecnologie dei materiali per sistemi energetici con refrigerazione a metallo liquido

1. Veggetti Elisabetta

Posizione S/10

N. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel campo dello sviluppo componenti di reattori a fusione e delle relative tecnologie dei materiali

1. Rossi Paolo

Posizione S/11

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione neutronica del nocciolo e del target di sistemi ADS a Pb-Bi

1. Petrovich Carlo

Posizione S/12

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nei sistemi avanzati di interfaccia uomo-macchina e nel telecontrollo di sistemi robotici

1. Suriano Domenico

Posizione S/13

N. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione CAD, progettazione di strutture meccaniche robotiche e di sistemi avanzati di interfaccia uomo-macchina

1. Rotta Sebastiano

Posizione S/14

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel campo della superconduttività ed in particolare nella deposizione di film sottili e spessi di materiali superconduttori a bassa ed alta temperatura critica

1. Celentano Giuseppe

Posizione S/15

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nel campo di acquisizione, analisi, condizionamento e visualizzazione di dati acquisiti real-time

1. Pollastrone Fabio
2. Lotrecchio Giacomo
3. Mazzocchi Enrico

Posizione S/16

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello studio dell'interazione tra onde a radiofrequenza e plasmi termonucleari con particolare riferimento a macchine Tokamak

1. Castaldo Carmine

Posizione S/17

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo di diagnostiche a microonde per plasmi termonucleari con particolare riferimento allo studio dei fenomeni turbolenti nei plasmi

1. De Benedetti Massimo

Posizione S/18

N. 2 laureati in ingegneria elettroni-

ca con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo e messa a punto di applicazioni di ingegneria biomedica mediante metodi di analisi di immagine e sviluppo di software

1. Bucci Luigi
2. De Pascalis Fabio

Posizione S/19

N. 1 laureato in architettura con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione e conduzione di campagne sperimentali in campo per la valutazione dello stato di conservazione e la caratterizzazione di strutture civili attraverso l'impiego di metodologie diagnostiche dedicate

1. Labia Nicola
2. De Vivo Gesualdo

Posizione S/20

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella prototipazione e realizzazione di processi di fabbricazione e di simulazione circuitale di matrici attive di silicio a film sottile

1. Palumbo Domenico

Posizione S/21

N. 1 laureato in ingegneria civile con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione e realizzazione di campagne integrate di misura ed indagini diagnostiche in campo ed elaborazione di strategie e di interventi di consolidamento su strutture ed infrastrutture civili

1. Pugliese Luigi
2. Santarsiero Giuseppe

Posizione S/22

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella messa a punto di procedure complete di fabbricazione di matrici attive di silicio a film sottile, con competenze sull'architettura dei relativi microsistemi

1. Tassini Paolo

Posizione S/23

N. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nello sviluppo di processi di produzione in particolare di deposizione chimica da fase vapore e nello sviluppo di tecnologie di lavorazione e qualificazione di materiali polimerici e compositi

1. Salernitano Elena
2. Caputo Giampaolo

Posizione S/24

N. 1 laureato in scienze geologiche

con esperienza post-lauream di almeno due anni, nell'analisi di suoli e sedimenti con particolare riferimento all'analisi granulometriche e diffrazione a raggi X

1. Armiento Giovanna
2. Del Gizzo Marilina
3. Znatowicz Krzysztof
4. Arboretti Giancristofaro Lucio

Posizione S/25

N. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nell'analisi chimiche di microinquinanti organici in matrici ambientali con particolare riferimento alle tecniche cromatografiche

1. Di Landa Giuseppe
2. Capone Mauro

Posizione S/26

N. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nell'analisi chimiche di elementi in traccia in matrici ambientali con particolare riferimento alle analisi di speciazione e alla certificazione di materiali di riferimento

1. Brunori Claudia

Posizione S/27

N. 1 laureato in ingegneria informatica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione di sistemi automatici di supervisione e controllo di impianti solari

1. Di Ascenzi Primo

Posizione S/28

N. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nei processi termochimici per la produzione di idrogeno da energia solare

1. Lanchi Michela

Posizione S/29

N. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella progettazione e sviluppo di strutture di portali, siti web e banche dati per realizzare azioni di trasferimento di tecnologia alle imprese e alle amministrazioni pubbliche

1. D'agosta Gianluca

Posizione S/30

N. 1 laureato in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno due anni, nelle attività di trasferimento tecnologico alle imprese ed alle pubbliche amministrazioni e nel supporto alla creazione di nuove imprese ad alta tecnologia

1. Arno' Anna Elvira
2. Amico Roxas Salvatore

Posizione S/31

N. 1 laureato in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno due anni, nelle problematiche e metodologie di trasferimento di tecnologie dagli enti di ricerca alle imprese, con particolare attenzione agli aspetti di proprietà intellettuale; gestione diretta di progetti di innovazione

1. Fratini Davide

Posizione S/32

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni, nella gestione tecnico-finanziaria e collaudo di progetti, anche sviluppati in ambito comunitario relativi ad applicazioni informatiche e a sistemi elettronici

1. Tondini Daniele
2. De Angelis Guido

COLLABORAZIONE PER LA SICUREZZA DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

L'ENEA e l'FZK (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH), uno dei maggiori enti di ricerca tecnologica tedeschi, hanno attivato un Accordo di Collaborazione per attività di Ricerca e Sviluppo sia nel campo delle tecnologie dei metalli liquidi pesanti sia nel campo della sicurezza nucleare e della chiusura del ciclo del combustibile degli impianti nucleari.

In particolare, si punta a sviluppare congiuntamente sistemi e tecnologie finalizzati a ridurre drasticamente la radiotossicità dei rifiuti radioattivi a lunga vita provenienti dal combustibile esausto degli impianti nucleari, mediante il processo di trasmutazione ottenuto utilizzando sistemi sottocritici sostenuti da acceleratori (cosiddetti ADS, Accelerator Driven Systems).

Questa scelta è stata resa possibile dall'ampio bagaglio di conoscenze ed attività di ricerca sviluppate negli ultimi dieci anni in Europa tese a dimostrare la fattibilità della realizzazione di un inceneritore di rifiuti radioattivi di tipo ADS. A ciò si è accompagnato un notevole sforzo di avanzamento tecnologico ef-

fettuato nell'ambito delle attività di R&S condotte nel V programma quadro dell'UE e nei diversi programmi nazionali.

MODELLISTICA NELLA DOSIMETRIA DELLE RADIAZIONI

Si è svolto presso l'Università di Bologna, dal 14 al 16 luglio, un Workshop internazionale sull'uso dei metodi di calcolo per la dosimetria delle radiazioni, organizzato dall'ENEA in collaborazione con l'Unione Europea e la Nuclear Energy Agency. Il Workshop è stato il momento di confronto finale per tutti gli scienziati che hanno preso parte al progetto europeo "QUADOS", arrivato ormai alla sua conclusione. Il Gruppo di lavoro "QUADOS" è formato da scienziati con competenze di punta nel campo della modellistica provenienti dai maggiori laboratori europei operanti nel settore della ricerca sulla dosimetria delle radiazioni ionizzanti. Il confronto si è incentrato sull'impiego di complessi codici di calcolo in diverse problematiche di tipo dosimetrico nel campo medico (brachiterapia, terapia endovascolare, protonterapia dell'occhio), nel campo metrologico (calibrazione e *type test* di dosimetri fotonici, caratterizzazione di sorgenti e sale di irraggiamento per neutroni), nella progettazione di dosimetri e rivelatori (dosimetri ad albedo per neutroni e spettrometri al germanio per fotoni). Di particolare interesse generale sono stati i metodi per l'analisi delle incertezze associate alla modellistica, il ruolo emergente della modellistica Monte Carlo nel campo della fisica medica e della progettazione di un centro di adronterapia, la codicistica legata alla valutazione di dose agli equipaggi dei voli aerei, la modellistica Monte Carlo per il trasporto di radiazione a livello del DNA ecc.

INCONTRI

Monumenti e terremoti

Come si costruisce
la casa intelligente

Un percorso didattico
sul clima

Telerilevamento
e sue ricadute

MONUMENTI E TERREMOTI

Sono stati presentati, il 3 giugno a Roma, i risultati del Progetto ENEA-MIUR per la salvaguardia dei beni culturali dai rischi naturali. Il progetto ha inteso definire una metodologia di riferimento per la valutazione della pericolosità ambientale cui è sottoposto il patrimonio culturale nazionale, attraverso la predisposizione di sistemi di supporto alla realizzazione degli interventi da effettuare sui beni culturali sottoposti a maggior rischio.

Il progetto ENEA-MIUR, avviato grazie alla legge n. 95 del 1995, raccoglie i frutti di un lavoro multidisciplinare che ha visto per la prima volta il Ministero dei Beni Culturali e l'Istituto Centrale per il Restauro lavorare insieme ad esperti dei rischi na-

turali dell'ENEA per la prevenzione e la risposta agli eventi naturali calamitosi, quali ad esempio il sisma.

COME SI COSTRUISCE LA CASA INTELLIGENTE

Il 20 settembre, presso il Centro di Ricerche ENEA del Brasimone, ha avuto luogo un seminario su "La casa efficiente - Le nuove tecnologie per il risparmio energetico e idrico nel rispetto dell'ambiente", organizzato dall'ENEA e dalla CMNA di Bologna-Divisione Montagna.

Il seminario ha registrato interventi su: come si costruisce una casa efficiente e come si può intervenire sugli edifici esistenti; la scelta dell'impianto di climatizzazione; le nuove tecnologie energetiche. È stata trattata la risorsa acqua nell'uso domestico, e l'aspetto economico relativo al costo degli impianti, gli eventuali contributi, i vantaggi economici dovuti al risparmio energetico e i costi di ammortamento.

UN PERCORSO DIDATTICO SUL CLIMA

Il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia "Leonardo da Vinci" di Milano ospita dal 26 maggio al 31 dicembre 2003 la mostra dell'ENEA "I cambiamenti del clima", caratterizzata ad un percorso espositivo, divulgativo e didattico avente carattere ludico ed interattivo. Si tratta essenzialmente di un gioco proposto su sei pannelli, che affrontano ciascuno un diverso argomento sul tema, e dotati di una consolle attraverso la quale vengono poste al visitatore alcune domande cui rispondere premendo dei pulsanti. A fianco di ogni pannello ne è posto un altro che approfondisce l'argomento. I temi sono trattati con linguaggio divulgativo: testi brevi ed illustrazioni chiare ed efficaci.

Affrontano la differenza tra clima e tempo atmosferico, l'evoluzione storica del clima, gli elementi naturali che determinano il clima (il sole, l'atmosfera, gli oceani, i continenti), l'influenza dell'uomo sull'effetto serra, i possibili effetti dei cambiamenti climatici ed infine come mitigare gli effetti e adattarci ai cambiamenti.

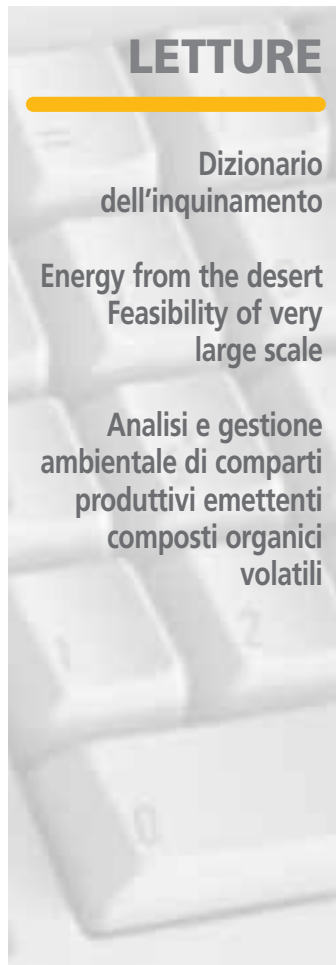
Il gioco è affiancato da alcuni *exhibits*, come la bilancia delle emissioni e il quartiere fotovoltaico, studiati per capire meglio i fenomeni climatici.

TELERILEVAMENTO E SUE RICADUTE

Si è svolto, a fine luglio a Tolosa (Francia), un meeting internazionale sul telerilevamento organizzato dalle principali agenzie spaziali: ESA e NASA, NASA, NOAA. Il convegno, dal suggestivo titolo "Colori e forma della Terra", ha trattato principalmente il tema della gestione e diffusione dei dati e della messa a punto di algoritmi per analizzare i dati in modo efficiente; un tema che ha anche ricadute di interesse per i cittadini da molti punti di vista. Lo scambio di grandi moli di dati, ad esempio, è una spinta alla costituzione di un super internet, il GRID, su cui viaggiano milioni di bits al secondo: la tecnologia sviluppata per fare l'analisi di dati satellitari in tempo reale costituisce un passo avanti fondamentale per applicazioni di telemedicina. Si è dibattuto di tecnologie per il futuro a breve-medio termine che non derivano da peculiarità del telerilevamento, ma dalla cultura che ne è sottesa.

Nel Meeting sono state poi identificate anche applicazioni specifiche per l'utenza del "remote sensing": applicazioni per la scienza, ma anche per la politica e per l'industria. Un esempio per tutti: come fornire i dati alle protezioni civili in modo che siano immediatamente utilizzabili.

LETTURE

Dizionario
dell'inquinamentoEnergy from the desert
Feasibility of very
large scaleAnalisi e gestione
ambientale di comparti
produttivi emettenti
composti organici
volatiliDIZIONARIO
DELL'INQUINAMENTO

Massimo Floccia,
Giuseppe Risotti, Mauro Sanna
Caroci Editore, giugno 2003,
pagine 798, euro 65,00

L'inquinamento non è più un fenomeno occasionale, ma è diventato, purtroppo, una costante del nostro ambiente e della nostra vita. Di conseguenza anche la tutela dell'ambiente è ormai un aspetto fondamentale della nostra società, e può influenzare la vita politica, i mezzi di informazione, le dinamiche del mondo del lavoro.

Questo dizionario fornisce con le sue 250 voci una panoramica sulle cause, gli effetti, i rimedi e la normativa riguardante l'inqui-

namento e si pone come un aggiornato strumento di lavoro per quanti a vario titolo sono coinvolti nell'attività di prevenzione e controllo degli inquinamenti, nonché di tutela delle risorse ambientali.

L'opera, inoltre, vuole costituire un modello di informazione di base per tutti coloro che si trovano a vivere e affrontare i problemi ambientali.

ENERGY FROM THE DESERT
FEASIBILITY OF VERY
LARGE SCALE

Photovoltaic Power
Generation (VLS-PV) Systems

A cura di Kosuke Kurokawa
James & James (Science
Publishers) Ltd, maggio 2003,
pagine 236, £ 60 \$ 95

Lo studio, curato da un professore giapponese, raccoglie i contributi di un gruppo internazionale di esperti, fra cui l'italiano Pietro Menna (dell'ENEA, attualmente alla Direzione Generale Energia e Trasporti della Commissione Europea), sulle potenzialità e i benefici della tecnologia fotovoltaica.

Finora il mercato del fotovoltaico si è concentrato prevalentemente su piccoli e medi impianti, *stand-alone* o integrati negli edifici, che hanno provato ma non realizzato le grandi potenzialità di questa tecnologia: lo studio si focalizza invece sui sistemi di grande taglia, dai 10 MW a diversi GW, che sarebbe possibile installare in aree non utilizzate dall'uomo ma caratterizzate da forte irradiazione solare.

Il volume è suddiviso in tre parti: la prima delinea i presupposti di politica energetica e ambientale che motivano l'interesse per questa tecnologia e riporta i dati (irradiazione solare in varie aree geografiche, pre-

stazioni e costi del fotovoltaico) che giustificano i possibili investimenti.

Nella seconda parte sono trattati alcuni studi di installazioni nei deserti del Sahara, dei Gobi e del Negev), mentre nella terza sono descritti scenari a lungo termine che rendono attraente la scelta di questa tecnologia.

Sono infine fornite le raccomandazioni per raggiungere gli obiettivi a lungo termine, non trascurando gli aspetti finanziari e di *policy* necessari ad implementare gli investimenti nel settore.

ANALISI E GESTIONE
AMBIENTALE DI COMPARTI
PRODUTTIVI EMETTENTI
COMPOSTI ORGANICI
VOLATILI

A cura di Flaviano D'Amico
ENEA, Ministero dell'Ambiente
e della tutela del territorio
luglio 2003, pagine 198

La direttiva comunitaria 99/13/CE ha il fine di ridurre le emissioni di Composti Organici Volatili (COV) derivanti da processi industriali.

È una direttiva che permette di raggiungere la conformità scegliendo tra l'applicazione delle misure tradizionali di fine ciclo e le misure derivanti da un approccio integrato.

Questo volume, oltre a spiegare il testo della direttiva, riporta uno studio riguardante le aziende caratterizzate da processi di verniciatura e di pulizia delle superfici, finalizzato a stimare le possibilità di riduzioni delle emissioni di COV applicando la direttiva, e una proposta di piano di gestione dei solventi come strumento innovativo per raggiungere la conformità attraverso l'approccio ambientale integrato.