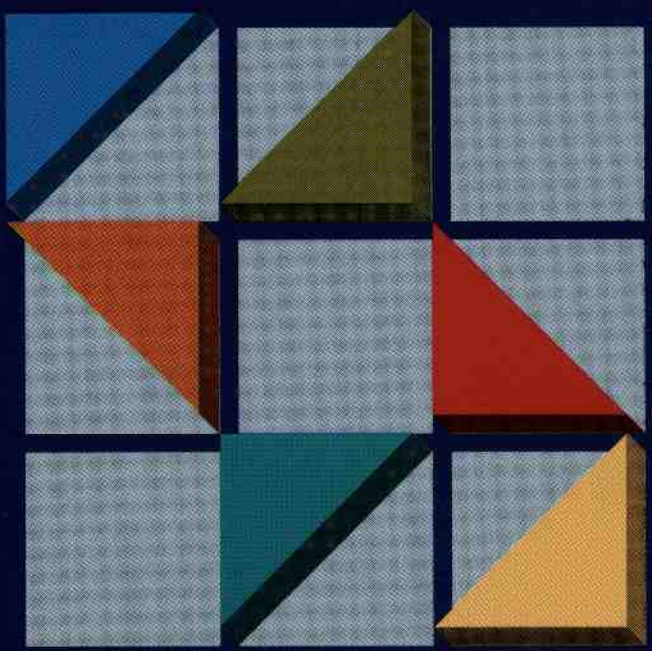
DOCUMENTI CNEL

47



LO STATO DELLE TECNOLOGIE IN ITALIA

ROMA 1994

47

DOCUMENTI
CNEL

LO STATO DELLE TECNOLOGIE IN ITALIA

ROMA 1994

DOCUMENTI

CXII

LO STATO DELLE TECNOLOGIE IN ITALIA

INDICE

Premessa ..... Pag. 8

Introduzione ..... " 11

CAPITOLO I - *SINTESI E CONCLUSIONI* ..... " 13

1. Obiettivi della ricerca ..... " 15
2. Metodologia ..... " 15
3. Risultati della ricerca ..... " 16
   - 3.1 Caratteri dell'innovazione tecnologica ..... " 16
   - 3.2 I sistemi innovativi nazionali ..... " 18
   - 3.3 Le nuove tecnologie nel contesto economico italiano . " 21
   - 3.4 Ripercussioni sul lavoro delle nuove tecnologie ..... " 23
4. Alcune proposte per una politica dell'innovazione in Italia " 26

CAPITOLO II - *LE TECNOLOGIE DI PRODUZIONE* ..... " 29

Introduzione ..... " 31

1. Automazione industriale ..... " 33
   - 1.1 Automazione integrata e flessibile ..... " 33
   - 1.2 Macchine ed apparati produttivi intelligenti ..... " 36
   - 1.3 Micro e nano-tecnologie ..... " 42
2. Impatto economico delle innovazioni relative alle tecnologie di produzione ..... " 46

3. Ripercussioni sul lavoro delle tecnologie di supporto alla produzione ..... pag. 59
3.1 Automazione industriale e occupazione ..... " 59
3.2 Automazione industriale e organizzazione del lavoro . " 61
3.3 Automazione industriale e profili professionali ..... " 64
3.4 Automazione industriale e nuovi fabbisogni formativi ..... " 65
4. Alcune note conclusive in tema di politica per l'innovazione ..... " 69

CAPITOLO III - *LE TECNOLOGIE PER SISTEMI A LARGA DIFFUSIONE* ..... " 71
Introduzione ..... " 73
1. Comunicazioni ..... " 75
1.1 Comunicazioni via satellite ..... " 75
1.2 Trasmissione di immagini ad alta definizione ..... " 78
1.3 Reti di comunicazione ..... " 81
2. Trasporti ..... " 85
2.1 Trasposti terrestri ..... " 85
2.2 Trasporti ferroviari ..... " 89
2.3 Trasporti navali ..... " 91
2.4 Trasporti aerei e spaziali ..... " 93
3. Energia ..... " 96
3.1 Celle a combustibile ..... " 96
3.2 Energia solare ..... " 100
3.3 Reattori nucleari a sicurezza intrinseca ..... " 105
3.4 Reattori veloci autofertillizzanti ..... " 108
3.5 Reattori a fusione nucleare ..... " 110
3.6 Pompe di calore ad alto rendimento ..... " 114
3.7 Accumulatori di elettricità e superconduttori ..... " 116
4. Sistemi ad ampia diffusione: posizione competitiva dei settori produttivi e utilizzatori ..... " 119
4.1 Introduzione ..... " 119
4.2 I settori produttivi ..... " 121

a. *Le telecomunicazioni* ..... pag. 121
b. *I trasporti* ..... " 123
4.3 I settori utilizzatori ..... " 126
a. *I servizi di telecomunicazione* ..... " 127
b. *I servizi di trasporto* ..... " 128
4.4 La situazione energetica del paese ..... " 129
5. Effetti delle innovazioni nelle telecomunicazioni sull'organizzazione del lavoro ..... " 137
5.1 I produttori di telecomunicazioni in Italia ..... " 137
5.2 Gli utilizzatori di telecomunicazioni ..... " 139

CAPITOLO IV - *LE TECNOLOGIE AVANZATE DI BASE* ... " 145
Introduzione ..... " 147
1. I nuovi materiali ..... " 148
1.1 Materiali strutturali ..... " 148
a. *Materiali ceramici e relativi compositi* ..... " 148
b. *Materiali metallici e relativi compositi* ..... " 152
c. *Materiali polimerici e relativi compositi* ..... " 158
1.2 Materiali e processi per applicazioni elettriche, elettroniche e ottiche ..... " 161
1.3 Biomateriali ..... " 167
2. Informatica e elettronica ..... " 169
2.1 Microelettronica ..... " 169
2.2 Optoelettronica ..... " 171
2.3 Informatica ..... " 173
2.4 Software ..... " 175
3. Posizione economica e competitività tecnologica in Italia . " 177
3.1 La chimica ..... " 184
3.2 La siderurgia ..... " 188
3.3 L'informatica ..... " 189
3.4 L'elettronica ..... " 191
4. Ripercussioni sul lavoro delle tecnologie informatiche ..... " 193
4.1 Dall'automazione d'ufficio all'informatizzazione dell'ufficio ..... " 193

4.2 Nuove professioni e occasioni di lavoro in ambito informatico ..... pag. 198

CAPITOLO V - *LE TECNOLOGIE PER LA SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE* ..... " 201

Introduzione ..... " 203

2. Trattamento dei rifiuti ..... " 206

2.1 Plastica biodegradabile ..... " 206

2.2 Trattamento rifiuti solidi ..... " 215

2.3 Trattamento rifiuti liquidi ..... " 232

3. Clorofluorocarburi e possibili sostituti ..... " 246

4. Le opportunità di sviluppo economico legate alle tecnologie ambientali ..... " 259

4.1 L'impatto delle tecnologie ambientali applicate all'interno dell'impresa ..... " 260

4.2 L'offerta di servizi ambientali ..... " 262

4.3 L'installazione di impianti per la salvaguardia ambientale ..... " 264

5. Ripercussioni sul lavoro delle tecnologie per l'ambiente ... " 265

Conclusioni ..... " 272

Il rapporto è stato curato da un gruppo di lavoro del Ceris-C.N.R. diretto da S. Rolfo.
I testi sono stati redatti da G.M. Gros-Pietro (I), G. Calabrese (II.3, III.5, IV.4, V.5), M. Cariola (III.3, V.1, V.2, V.3), E. Ragazzi (II.2, III.4, IV.3, V.4), S. Rolfo (II.1, II.4, III.1, III.2, IV.1, IV.2).
Hanno collaborato D. Odifreddi, N. Marengo, S. Zelli e M. Zittino.

Premessa

1. La II Commissione del CNEL ha ravvisato l'utilità di compiere una indagine approfondita sulla posizione dell'Italia rispetto agli altri paesi industriali nel campo delle nuove tecnologie.

La ricerca è stata affidata nel 1993 al CERIS/CNR diretto dal prof. Gian Maria Gros Pietro.

Sono state predisposte quattro relazioni settoriali sui temi ritenuti prioritari: tecnologie per sistemi a larga diffusione (comunicazioni, trasporti, energia); tecnologie di produzione; tecnologie avanzate di base (nuovi materiali, informatica/elettronica); tecnologie per la salvaguardia ambientale. I risultati sono stati discussi, tra il luglio e il novembre 1993, con qualificati rappresentanti ed esperti dei centri di ricerca, dell'Università e delle imprese. Delle conoscenze e delle valutazioni così acquisite si è tenuto largo conto nella redazione definitiva del Rapporto.

2. La ricerca ha posto in luce una doppia forte divaricazione: la prima, tra l'evoluzione dell'innovazione tecnologica prevalente nei paesi più avanzati e l'articolazione industriale del nostro Paese; la seconda, tra le esigenze del sistema produttivo e gli orientamenti della ricerca pubblica.

3. La struttura industriale italiana risulta principalmente incentrata sui settori tradizionali, mentre relativamente modesta è la presenza nei settori science based.

Questi ultimi sono peraltro fortemente debitori di tecnologie importate e, con qualche eccezione, pesante è il deficit della bilancia commerciale, specie nell'elettronica e nella chimica. La stessa sopravvivenza di questi settori è messa in discussione dalle limitate dimensioni delle imprese italiane, dimensioni che non consentono di raggiungere soglie sufficienti di ricerca e innovazione tecnologica.

D'altro canto, il successo italiano nei settori tradizionali è stato sostenuto dai produttori di macchinari che a loro volta hanno fruito del forte posizionamento dei loro clienti. Questo processo virtuoso largamente basato sulla interazione fra fornitori di macchine e utilizzatori, rischia di essere messo in crisi proprio dalle nuove tendenze dell'innovazione tecnologica.

4. Lo stesso sistema infrastrutturale presenta rispetto ai maggiori paesi europei ritardi che hanno negativamente influenzato anche i fornitori di apparati. È questo il caso delle telecomunicazioni, dei trasporti ferroviari, dell'energia, settori in cui le scelte e i ritardi nelle decisioni hanno inciso pesantemente sia sul sistema economico nazionale privo di servizi adeguati, sia sulle industrie a monte che sono state spiazzate anche all'estero.

Da questi cenni, ampiamente sviluppati nel Rapporto, appare evidente la pericolosa condizione di follower che contraddistingue buona parte dell'industria italiana; le criticità potrebbero estendersi anche ai settori per ora ancora validi sul piano della concorrenza internazionale.

5. Rispetto a questa situazione, l'apporto del settore pubblico è stato modesto e comunque inadeguato, principalmente a causa della labile connessione esistente tra la ricerca pubblica (obiettivi, campi di attività, progetti), e le esigenze derivanti dall'inevitabile riorientamento a medio-lungo termine del sistema produttivo italiano, almeno nelle sue componenti più avanzate.

6. L'indagine ha esaminato gli effetti sull'occupazione determinati dall'impiego delle nuove tecnologie, mettendo in luce la complessità dei nessi esistenti tra i due fenomeni. Ne deriva la necessità di mettere

mano in modo rapido e tempestivo ad adeguate politiche e azioni sul piano dell'articolazione produttiva, degli assetti organizzativi, delle relazioni industriali, delle politiche per la formazione.

7. Sulla base delle conclusioni del Rapporto, è stato predisposto un testo di "Osservazioni e proposte" approvato il 20 aprile 1994 dall'Assemblea del CNEL. Le proposte tendono all'obiettivo di riorientare l'intero sistema economico e industriale verso attività a tecnologia avanzata e verso un maggior contenuto innovativo nei settori tradizionali. Questo obiettivo richiede in primo luogo un rafforzamento delle risorse a disposizione della ricerca, l'individuazione di più precise responsabilità dei diversi attori (Governo, imprese, strutture di ricerche e di formazione), il perseguimento di una politica per la ricerca e l'innovazione basata su un maggiore coordinamento tra le varie componenti del "sistema tecnologico".

Cesare Sacchi
Presidente Commissione
per l'Analisi ed il Controllo
sull'Efficienza del Sistema Italia

Introduzione

Scienza e tecnologia sono utili al progresso della conoscenza e della società civile: miglioramento della salute, dell'ambiente, della cultura, e così via. Ma tecnologia e scienza possono anche esser viste come fondamenti delle attività economiche. Questa visione, che pur non contrapponendosi alla prima implica sostanziali differenze di impostazione e di valutazione dei risultati, è ispiratrice del Rapporto 1993 su "Lo stato della tecnologia in Italia".

Scienza e tecnologia oggi contano molto più che in passato nella ricchezza delle nazioni. Sono ormai venti anni che le esportazioni mondiali dei prodotti ad alta tecnologia crescono ad un tasso doppio rispetto a quelle del totale dei manufatti. In tutti i paesi sviluppati una quota crescente del reddito disponibile è assorbita da beni e servizi che non esistevano prima della metà del secolo; in molti casi si tratta di prodotti che non esistevano (in configurazione adatta al mercato) neppure dieci anni fa, come i telefoni cellulari, la risonanza magnetico-nucleare, i computer portatili, i lettori di compact disc.

I paesi industrialmente evoluti sembrano non riuscire a trovare una soluzione al problema dell'occupazione, mentre la causa è sotto gli occhi di tutti: una quota crescente del reddito degli abitanti di quei paesi è spesa per acquistare prodotti innovativi importanti. Ciò significa che almeno qualche paese, produttore di quei prodotti, il problema della disoccupazione non ce l'ha. E infatti il Giappone, nel pieno di una gravissima crisi congiunturale, ha una disoccupazione del 3%; è vero che non si tratta neppure per quel Paese di un fenomeno puramente transitorio, ma la sua componente strutturale è in gran parte dovuta al disallinea-

mento fra la domanda di lavoro delle industrie in espansione, e i profili professionali attualmente disponibili. Ciò pone, anche per il Giappone, il problema della formazione permanente.

Per i paesi occidentali, invece, e in particolare per l'Italia, il problema è innanzitutto quello di conservare o acquisire la capacità di operare nei settori la cui domanda cresce rapidamente. Ed è anche quello di immettere tecnologie avanzate nei settori tradizionali, in cui la nostra industria è particolarmente sviluppata. Non è un problema facile. In Italia le imprese ad alta tecnologia producono circa il 10% del valore aggiunto totale, contro il 15% circa nella media degli altri tre grandi paesi europei, Germania, Francia e Regno Unito; spendiamo in ricerca una quota del reddito nazionale che è circa la metà rispetto ad essi. Bassa spesa in ricerca e scarsa presenza nelle alte tecnologie vanno d'accordo e purtroppo si collegano con un ulteriore elemento negativo: negli ultimi tre anni di crisi le imprese italiane che hanno sofferto la maggiore caduta dei profitti sono state proprio quelle ad alta tecnologia.

Innalzare il livello tecnologico del sistema industriale italiano è quindi un obiettivo ambizioso, ma indispensabile se si vuole affrontare nel lungo termine il nodo dell'occupazione. La direzione in cui muoversi non può essere solo quella delle industrie ad alta tecnologia, che offrirebbero una base attualmente ristretta e una insufficiente capacità di esportazione attuale. L'obiettivo deve perciò estendersi al rafforzamento delle altre industrie, con elementi competitivi attinti dalla tecnologia. Prodotti rinnovati, processi più efficienti, servizi migliori possono aumentare il successo di industrie già affermate, rilanciate dalla recente svalutazione del cambio, per le quali vorremmo tuttavia vedere un futuro meno vulnerabile dall'imitazione da parte dei paesi a bassi salari.

Per questi motivi il Rapporto ha una struttura prevalentemente trasversale. I quattro capitoli in cui è diviso - Tecnologie di produzione, Tecnologie per sistemi a larga diffusione, Tecnologie avanzate di base, Tecnologie per la salvaguardia dell'ambiente - trattano temi di particolare interesse per industrie specifiche, ma destinati ad applicazioni di grande diffusione. Essi sono stati preparati con la collaborazione delle più qualificate imprese operanti in Italia nelle tecnologie avanzate, alle quali desideriamo rinnovare il nostro ringraziamento: della eventuale inadeguatezza di qualche punto dell'analisi siamo gli unici responsabili.

CAPITOLO I

SINTESI E CONCLUSIONI

1. Obiettivi della ricerca

L'indagine che è stata effettuata si proponeva lo scopo di analizzare il posizionamento dell'Italia rispetto alle nuove tecnologie in corso di sviluppo a livello internazionale. Questo obiettivo di carattere generale è stato suddiviso in alcuni obiettivi specifici:

A) individuare le tecnologie più innovative ed evidenziare lo stato della ricerca sia a livello internazionale, sia a livello italiano;

B) effettuare una valutazione dei settori coinvolti in Italia da queste tecnologie in termini di posizionamento internazionale e di possibili conseguenze derivanti dal successo delle attività di ricerca individuate;

C) valutare il possibile impatto occupazionale delle nuove tecnologie e le conseguenze di tipo sociale ed organizzativo;

D) esprimere delle proposte di politica scientifica ed industriale per il nostro paese.

2. Metodologia

L'indagine è stata effettuata utilizzando sia la letteratura scientifica ed economica specifica, sia l'apporto di ricercatori di varie discipline appartenenti a università, istituti di ricerca pubblici e privati. I risultati sono stati raccolti in quattro rapporti che sono stati discussi in seminari

ristretti presso il CNEL con la partecipazione oltre che dei membri della seconda Commissione del CNEL, anche di autorevoli rappresentanti del mondo industriale e della ricerca. Il loro apporto è stato recepito nella revisione dei quattro rapporti qui allegati.

Essi sono suddivisi in quattro grandi aree tematiche rappresentate dalle tecnologie di produzione, dai sistemi a larga diffusione, dalle tecnologie di base e da quelle ambientali. Al loro interno la classificazione in tecnologie e prodotti riprende in larga parte le ripartizioni adottate in studi giapponesi ed americani. Fra le grandi tematiche della ricerca sono state escluse le c.d. "life sciences" per il loro ambito applicativo prevalentemente medico e non industriale. Tuttavia alcune problematiche (es. bio-materiali, bio-sensori) sono state trattate all'interno di altri gruppi di tecnologie.

3. Risultati della ricerca

3.1. Caratteri dell'innovazione tecnologica

Il processo di innovazione tecnologica appare caratterizzato da un generale e continuo avanzamento delle conoscenze scientifiche e delle applicazioni tecnologiche. Le innovazioni radicali e i salti tecnologici sono estremamente rari e sono sostituiti da una generale tendenza alla fusione di tecnologie diverse, anche molto distanti tra di loro. Le traiettorie tecnologiche tendono quindi ad intrecciarsi e si assiste alla sovrapposizione dei paradigmi esistenti. L'esempio più noto è certamente quello della fusione tra informatica e telecomunicazioni che in realtà sottintende una più generale fusione tecnologica che ha il suo fulcro nell'evoluzione della microelettronica resa possibile dagli avanzamenti nella tecnologia dei materiali a loro volta sostenuta da un generale progresso delle conoscenze nella fisica e nella chimica dei materiali.

La frontiera tecnologica si sposta quindi in continuazione sotto la spinta di forze talora contrapposte a causa di una vivace concorrenza fra le diverse tecnologie, che talvolta si trascina fino a fasi molto vicine all'introduzione sul mercato. In questo caso è emblematico il confronto tra la televisione ad alta definizione e la televisione digitale interattiva.

Questi caratteri del processo innovativo comportano alcune conseguenze di grande rilevanza economica. In primo luogo la complementarietà delle differenti tecnologie implica che la ricerca non può più essere svolta in maniera isolata, ma richiede un approccio multidisciplinare, un forte spirito di collaborazione e quindi una ampia circolazione delle conoscenze. Questo fa sì che il successo dell'attività di ricerca risulti condizionato da un numero elevato di fattori fra di loro interagenti. Mentre in passato risultavano fondamentali le risorse finanziarie ed umane a disposizione, oggi (e ancor più con le nuove tecnologie) diventano indispensabili altri elementi. Fra questi assumono un ruolo importantissimo da un lato l'approccio culturale all'innovazione (sia a livello nazionale che aziendale) e dall'altro il sistema normativo che regola l'attività scientifica di un paese: l'organizzazione delle università e dei centri di ricerca pubblici, le norme sulla proprietà intellettuale e sui brevetti, la determinazione degli standard tecnici sono altrettanti esempi di fattori influenti l'innovazione. A livello settoriale si aggiungono poi le normative specifiche come quelle ambientali che si sono rivelate in grado di influenzare positivamente lo sviluppo scientifico. Questo insieme di elementi fa sì che non si possa oggi parlare di una specifica politica dell'innovazione in quanto essa è piuttosto il risultato di politiche diverse, ma convergenti verso un unico obiettivo rappresentato dall'innovazione scientifica e tecnologica. Anche in questo caso può risultare utile un esempio come quello del trasferimento tecnologico. In molti paesi sono state varate leggi specifiche per favorire un processo che per sua natura è estremamente complesso e differenziato e quindi non inquadrabile a priori in schemi rigidi. L'istituzione e il finanziamento di centri per il trasferimento tecnologico è quindi importante, ma non risolutivo se non accompagnato da misure differenti riguardanti lo status, le qualifiche, le retribuzioni del personale che fa ricerca e di quello che fa il trasferimento, da agevolazioni fiscali nel campo degli investimenti in formazione o in macchine.

In altri termini il successo nel processo innovativo sembra determinato oltre che evidentemente dalle risorse disponibili e dall'atteggiamento delle imprese, dall'insieme delle politiche adottate da un paese per migliorare il livello scolastico, per ottimizzare l'attività di ricerca e il trasferimento tecnologico, per favorire gli investimenti nei settori

science based e la stessa attività di ricerca all'interno delle imprese o in strutture consortili. L'insieme dei comportamenti delle imprese e dei governi ha determinato l'emergere di sistemi innovativi nazionali, le cui caratteristiche sono state più volte rimarcate nel corso dell'indagine.

3.2. I sistemi innovativi nazionali

I risultati dell'indagine condotta fanno emergere due sistemi innovativi, quello giapponese e quello americano, con capacità e funzioni di leadership tecnologica e un sistema europeo, per altro composito, che sembra, tranne poche eccezioni, destinato al ruolo di inseguitore. Giappone e Stati Uniti rappresentano tuttavia due modelli estremamente diversi in quanto determinati da scelte e logiche politiche differenti.

Gli Stati Uniti sono stati dopo la seconda guerra mondiale alla testa del processo innovativo mondiale grazie soprattutto alla quantità di risorse destinate alla ricerca. La finalità primaria di questo sforzo è stata tuttavia determinata da esigenze di supremazia strategica e militare. Il sistema innovativo è stato perciò sostenuto massicciamente dalle risorse del Department of Defense (e in minor misura della Nasa). In presenza di politiche sostanzialmente liberiste il finanziamento della ricerca militare ha rappresentato di fatto la più importante forma di trasferimento di fondi pubblici all'industria.

Tale sistema ha funzionato egregiamente fino a quando non sono emersi concorrenti tecnologici temibili, ma soprattutto fino a quando il mercato civile non ha espresso una domanda qualitativamente allineata con quella militare e il processo innovativo ha perso quella linearità di relazione risorse-risultati che ha caratterizzato la storia tecnologica fino alla fine degli anni '60. L'emergere di un modello di evoluzione tecnologica continua basata sulla complementarietà e sulla fusione delle tecnologie ha messo in crisi il sistema americano di *spinn-off* tra ricerca militare ed applicazioni civili. Ci si è accorti (in ritardo) che tale sistema è poco efficace e assai costoso nel disseminare le conoscenze al di fuori degli ambiti aziendali ed industriali interessati direttamente dalle commesse del Pentagono e della Nasa. Di conseguenza gli Stati Uniti

hanno perso progressivamente la leadership tecnologica assoluta e sono riusciti a mantenerla solo nei settori più direttamente coinvolti nei programmi militari e spaziali. Per contro nelle applicazioni civili destinate al consumo si è affermata la leadership tecnologica giapponese.

L'emergere del Giappone come grande potenza tecnologica è direttamente connesso al successo delle imprese nipponiche soprattutto in alcuni segmenti di mercato come l'elettronica di consumo. Il passaggio dalla posizione di follower a quella di leader rappresenta il risultato di una politica tenacemente e concordemente perseguita da governo (Miti) e imprese a partire dagli anni '50 e volta al monitoraggio tecnologico, all'acquisizione di licenze, al costante miglioramento dei prodotti di origine straniera.

Arrivati al successo commerciale le imprese giapponesi e il loro governo si sono indirizzati sui settori e sulle applicazioni via via più innovativi trasferendo ai paesi di recente industrializzazione le attività più tradizionali. In questo processo di riorientamento continuo il governo di Tokio è stato particolarmente abile nello stimolare le imprese a perseguire strategie di fusione tecnologica attraverso la collaborazione sia con le istituzioni scientifiche del paese, sia con altre imprese di altri settori e anche di altri paesi. Pur essendo tale politica facilitata dalla presenza di grandi gruppi industriali diversificati e da una estesa cultura dell'innovazione, è indubbio che il governo giapponese ha saputo selezionare le tecnologie più promettenti e su di queste far convergere le risorse proprie e del sistema industriale. Quest'ultimo ha del resto dato prova di recepire questo indirizzo come dimostrano le numerose iniziative associative che sono state censite nel corso di questa ricerca.

Rispetto a questi modelli l'Europa evidenzia, a parte poche eccezioni, una situazione di sostanziale sudditanza tecnologica nei confronti di Giappone e Stati Uniti. Nonostante gli sforzi finanziari della Cee non esiste un sistema innovativo europeo, ma un insieme di sistemi nazionali che sono il prodotto di esperienze e tradizioni diverse. Basterà qui ricordare come Francia e Gran Bretagna hanno cercato di seguire a lungo il modello americano attraverso il lancio di grandi programmi nelle tecnologie di punta ed il sostegno di poche grandi imprese ("campioni nazionali"). Al contrario la Germania ha perseguito una politica per certi versi simile a quella giapponese con un limitato intervento dello stato

nelle scelte delle imprese, ma con un forte sostegno al sistema educativo e della ricerca.

In ogni caso le limitate dimensioni delle imprese e dei mercati nazionali rispetto all'entità dello sforzo richiesto hanno imposto una scelta europea. Questa tuttavia pur fondata su indispensabili principi cooperativi ha finito per essere condizionata dagli interessi dei governi nazionali e delle imprese più forti. Una riprova di questa debolezza intrinseca del sistema europeo viene dal numero di programmi esistenti e più ancora dal numero di progetti di ricerca finanziati al loro interno. Le sovrapposizioni di argomenti di ricerca sono numerose, gli obiettivi non sono sempre chiari e definiti ed è diffusa la tendenza ad assicurare una qualche presenza anche ai paesi minori. Tutto questo porta ad una dispersione dei fondi disponibili senza un ritorno chiaramente percettibile. Una riprova di questo è venuta nel corso della ricerca dalla difficoltà di enucleare dalla massa dei progetti finanziati a livello europeo quelli più interessanti ai fini di questa analisi e di valutarne l'impatto reale sul sistema economico europeo o dei singoli paesi.

Una difficoltà analoga è emersa dall'esame delle attività di ricerca svolte nel nostro paese. Mentre in ambito privato la ricerca è condotta da un numero veramente esiguo di grandi imprese, a livello pubblico è palese una forte dispersione delle iniziative. Questa dispersione riguarda sia il numero eccessivo di équipe di ricerca, quasi sempre composte da pochissime unità, sia il numero di progetti esistenti. In questo ambito si impongono due considerazioni: la prima riguarda i Progetti Finalizzati del Cnr che nonostante i miglioramenti apportati a livello gestionale attirano ancora molte critiche da parte delle imprese. I tempi lunghi di approvazione rendono spesso i progetti stessi obsoleti al momento del loro varo senza contare talune sovrapposizioni di tematiche che potrebbero essere eliminate in sede di programmazione di interessi tra il mondo della ricerca pubblica (università e Cnr) e il mondo industriale che soprattutto nella sua componente dimensionale piccola e media è sostanzialmente estraneo a queste iniziative. D'altro canto i Programmi Nazionali di ricerca e formazione (gestiti dal Murst) che nelle intenzioni avrebbero potuto costituire l'altra faccia della ricerca, quella più orientata al mercato, hanno registrato notevoli ritardi, coprono solo una parte delle tematiche dei P.F. e la loro interrelazione reciproca non è assolutamente chiara.

A questo quadro, di per sé poco roseo, occorre aggiungere per l'Italia la mancanza di un quadro normativo adeguato a supportare l'attività innovativa delle imprese. La mancanza di centri per il trasferimento tecnologico, i ritardi nella definizione di standard nazionali, la confusione legislativa in vari settori (es. ambiente) sono altrettanti elementi che giocano a sfavore del sistema Italia rispetto agli altri paesi europei. Questi infatti pur nella relativa debolezza rispetto a Giappone e Stati Uniti, sono stati in grado in questi anni di attuare un salto qualitativo nelle loro politiche industriali che di fatto si sono trasformate in politiche di sostegno all'innovazione delle rispettive industrie nazionali.

Mentre infatti in Italia la strumentazione normativa è sostanzialmente ferma alla l. 46 e alla più recente 317 per le piccole e medie imprese, in Francia, Gran Bretagna e Germania gli anni '80 sono stati caratterizzati dal superamento degli interventi diretti alle imprese a favore di iniziative riguardanti il sistema innovativo in cui si muovono le imprese. Di qui iniziative a sostegno del sistema formativo e di ricerca (pubblico e privato) e a favore della creazione di un sistema infrastrutturale adeguato in cui primeggiano centri per il trasferimento tecnologico, parchi scientifici e tecnologici, centri per la creazione di nuove imprese nei settori avanzati, ma in cui non sono da dimenticare anche servizi tradizionali, ma efficienti.

3.3. Le nuove tecnologie nel contesto economico italiano

Dall'indagine compiuta appare evidente una doppia forte divaricazione tra le direzioni dell'evoluzione tecnologica e la struttura industriale del nostro paese e tra questa e la ricerca pubblica attualmente in corso.

La struttura industriale italiana, come è stato ampiamente dimostrato, risulta principalmente incentrata sui settori tradizionali, mentre scarsa è la presenza nei settori *science based*.

Questi ultimi sono per altro fortemente debitori di tecnologie importate e, ad eccezione dell'aerospaziale, pesante è il deficit della bilancia commerciale, specie nell'elettronica e nella chimica. La stessa sopravvivenza di questi settori è messa in discussione dalle limitate di-

mensioni delle imprese italiane. Questo infatti significa non solo minori risorse per la ricerca, ma anche dimensioni sub-ottimali in molti segmenti di mercato rispetto ai maggiori concorrenti. Questa situazione in assenza di interventi correttivi rischia di innescare un circolo vizioso in cui le minori dimensioni d'impresa non consentono né elevati livelli innovativi, né tantomeno adeguate strategie produttive e commerciali e di conseguenza si apre una spirale perversa di esclusione dai mercati più interessanti e redditizi e di ripiegamento su mercati secondari e nicchie. Di questa evoluzione vi sono segnali preoccupanti in vari settori come la chimica e l'aerospaziale.

D'altro canto il successo italiano nei settori tradizionali è stato sostenuto dai produttori di macchinari che a loro volta hanno fruito del forte posizionamento dei loro clienti. Questo processo virtuoso largamente basato sulla interazione fra fornitori di macchine ed utilizzatori, rischia di essere messo in crisi dalle nuove caratteristiche dell'innovazione tecnologica. Infatti l'intreccio di traiettorie tecnologiche diverse rischia di spiazzare i produttori italiani di macchine, caratterizzati da una cultura prevalentemente meccanica e da piccole dimensioni d'impresa. L'utilizzo di nuovi materiali o di tecniche di intelligenza artificiale o ancora il passaggio a nuove tecnologie di processo non sembrano alla portata di queste imprese, se non di un nucleo relativamente ristretto di leader in grado di sviluppare capacità di monitoraggio tecnologico e di interiorizzare i risultati più interessanti dell'attività di ricerca svolta in altri paesi o in altri settori. La scarsissima presenza italiana nelle tecnologie non convenzionali (laser, water-jet, plasma) ne è una dimostrazione.

Lo stesso sistema infrastrutturale presenta rispetto ai maggiori paesi europei un forte ritardo che ha negativamente influenzato tranne poche eccezioni (trasporto su strada) anche i fornitori di apparati. È questo il caso delle telecomunicazioni, dei trasporti ferroviari, dell'energia in cui le scelte e i ritardi nelle decisioni hanno inciso pesantemente sia sul sistema economico nazionale privo di servizi adeguati, sia sulle industrie a monte che sono state spiazzate anche all'estero.

Le imprese italiane di questi settori hanno subito pesantemente i ritardi nelle privatizzazioni e non hanno partecipato al processo di libe-

ralizzazione e internazionalizzazione che ha contraddistinto questi mercati. Le risorse da esse dedicate alla ricerca, per quanto in aumento, rappresentano una frazione rispetto alla necessità e agli investimenti dei maggiori competitors.

Da queste sintetiche considerazioni appare evidente la pericolosa condizione di follower che contraddistingue l'industria italiana nel suo complesso, anche nei settori più interessanti sotto l'aspetto delle esportazioni. Rispetto a questa situazione, la più recente politica pubblica relativa all'innovazione ha inciso in maniera quasi impercettibile. Infatti nonostante l'aumento delle risorse finanziarie e il lancio di importanti programmi nazionali, l'impatto sulla struttura industriale è stato minimo. Le imprese che partecipavano a tali iniziative sono poche, per lo più di grandi dimensioni e sono anche le sole in grado di svolgere anche in proprio un'attività di R&S. La massa delle imprese piccole e medie è rimasta sostanzialmente estranea a queste iniziative, così come a quelle europee, e ciò che è più grave i risultati delle ricerche finanziate dallo stato non arrivano a loro. Questa è la seconda grande divaricazione esistente nel nostro paese e ad essa occorre porre rimedio in tempi brevi.

3.4 Ripercussioni sul lavoro delle nuove tecnologie

I processi di aggiustamento dei sistemi industriali hanno prodotto ed ancor più produrranno conseguenze rilevanti sui livelli e sulla struttura dell'occupazione. Molti commentatori sono oramai concordi nell'affermare che le nuove tecnologie non si sono limitate ad incrementare la produttività del lavoro ma hanno comportato innanzi tutto un radicale cambiamento del contenuto quantitativo e qualitativo delle diverse professionalità. L'estrema pervasività ed il sempre più vasto impiego di tali innovazioni hanno, comunque, indotto a focalizzare l'attenzione soprattutto sull'effetto di sostituzione del lavoro umano, inteso quale applicazione ripetitiva di energia fisica o psichica.

Nei confronti dell'occupazione la diffusione delle innovazioni tecnologiche determina, sinteticamente, una situazione che può essere definita critica fondamentalmente per almeno tre motivi:

- in primo luogo, perché la tradizionale teoria economica tende a rappresentare il rapporto tra tecnologia e lavoro in una prospettiva conflittuale.
- In secondo luogo, perché la stessa pratica manageriale ha spesso affrontato questo tema con un atteggiamento riduttivo di tipo "labour saving" più vicino alla teoria tradizionale che alla realtà dei problemi.
- Infine perché, in contrasto con gli atteggiamenti di cui sopra, il fattore lavoro appare sempre più uno degli elementi determinanti per il successo di qualsiasi processo innovativo.

In particolare la presente indagine ha cercato di porre in rilievo come la relazione causa/effetto tra nuove tecnologie e disoccupazione non sempre è documentabile. Ciò dipende dal fatto che i processi innovativi sono in grado di fornire alle imprese una maggiore capacità di controllo delle variabili esterne che può tradursi in un incremento delle quote di mercato o nella possibilità di accedere a nuovi settori merceologici. L'insieme di queste opportunità si traduce spesso in un incremento delle attività lavorative, e quindi in un incrementato utilizzo del fattore lavoro.

Tale rapporto dipende in modo inequivocabile anche dai sistemi organizzativi adottati. Per un pieno sfruttamento delle nuove tecnologie, in molte imprese il cambiamento tecnologico ha comportato soprattutto un cambiamento delle strutture funzionali. In ambito industriale, si sono assistiti sempre più a casi di adozione di strategie di qualità totale e di *just in time*.

Terminologie quali produzione snella, sistemi di produzione antropocentrica, *simultaneous engineering* sono diventate di uso comune in molte imprese. Inoltre da organizzazzioni del lavoro modulate secondo i principi funzionali si è passati a strutture per prodotto, per progetto e a matrice, in ognuna delle quali è sempre più affidata al singolo operatore maggior autonomia nelle decisioni e responsabilità sull'operato svolto.

Tale situazione ha generato uno spostamento di risorse umane, all'interno dell'impresa, dalla produzione materiale (prodotti finiti) a quella immateriale (gestione delle informazioni) con la creazione di nuovi profili professionali.

Le tecnologie di produzione, ad esempio, richiedono la completa conoscenza del controllo del processo e la capacità di gestire le varianze eventuali, che non hanno più valenza esclusivamente meccanica, ma assumono connotazioni sempre più elettroniche. La convergenza di questi due procedimenti tecnologici ha dato origine ad un termine apposito: meccatronico, nel cui contesto i nuovi impieghi assumono la denominazione di conduttori e manutentori.

Per altri versi la razionalizzazione dei consumi energetici ha assunto una valenza strategica essenziale. Per questo motivo le imprese si sono dotate di profili professionali idonei alla completa conoscenza delle tecnologie inerenti i sistemi di risparmio energetico.

L'informatizzazione degli uffici, d'altro canto, ha radicalmente mutato l'ambiente fisico del lavoro ed ha richiesto nuove attenzioni e tutele per il lavoratore: affaticamento della vista, ergonomia del posto di lavoro, ripercussioni sul sistema nervoso, velocizzazione delle operazioni e ansia da attesa.

Infine, nelle tecnologie ambientali trovano collocazione diverse figure professionali con competenze scientifiche, tecniche e formative differenziate ma con in comune, la metodologia di approccio al problema, la necessità d'interrelare le conoscenze tecnologiche dei cicli produttivi e naturali con la legislazione ambientale e con una preparazione scientifica di base.

Da tale breve analisi, in ultima analisi, si può dedurre che l'uso di macchine complesse e informatizzate implica un'attitudine indirizzata maggiormente verso il "saper come far fare" piuttosto che verso il "saper fare"; proprio perché quest'ultima modalità è stata inglobata il più delle volte nelle nuove tecnologie.

Per compiere tale salto è necessario però un forte impegno del sistema formativo. Infatti un fattore fondamentale che emerge continuamente è la carenza di personale adeguato alle nuove procedure lavorative.

Il sistema formativo deve conoscere e analizzare cambiamenti che avvengono nel sistema produttivo, e quindi tradurre tale conoscenza in un miglioramento continuo della formazione, fino ad anticipare i futuri sviluppi delle professionalità.

In particolare la formazione deve acquisire le competenze per analizzare i fabbisogni formativi, attuali e di prospettiva. Per la formazione

professionale iniziale questo significa fornire ampie competenze tecniche di base e metodologiche (metodi di lavoro, metodi di analisi e diagnosi, problem solving, metodi di apprendimento), e le competenze sociali fondamentali per l'attività produttiva (capacità di comunicare, di collaborare in un gruppo, e così via). Per la formazione professionale continua significa fornire competenze tecnologiche trasversali (strumenti informatici, di misura e di controllo), garantire l'aggiornamento tecnologico, sviluppare le competenze strategiche per identificare, analizzare e prevenire gli errori.

4. Alcune proposte per una politica dell'innovazione in Italia

La necessità di rafforzare, con opportune politiche, l'attività innovativa delle imprese italiane deriva non solo e non tanto dal miglioramento degli assetti competitivi derivante dall'innovazione, quanto soprattutto da obiettivi occupazionali. L'occupazione legata a ciascuna singola industria tende a scendere rapidamente, a parità di volume. La crescita economica mondiale, che può sostenere l'occupazione, avviene sempre più in termini di moltiplicazione della varietà di prodotti, piuttosto che di aumento dei singoli volumi. Pertanto la capacità di innovare è essenziale affinché il paese mantenga il suo ruolo nella divisione internazionale del lavoro.

Se si prende in considerazione la situazione prima descritta appare evidente che le soluzioni per riportare il nostro paese ad un livello di attività innovativa paragonabile a quello dei maggiori paesi europei richiedono uno sforzo collettivo non indifferente. Si tratta infatti di riorientare un intero sistema economico ed industriale verso attività a tecnologia avanzata o verso un maggior contenuto innovativo delle attività tradizionalmente svolte. Questo obiettivo richiede in primo luogo il proseguimento della politica scientifica avviata nella seconda metà degli anni '80 e tendente ad aumentare le risorse a disposizione della ricerca. Se vogliamo portare il nostro paese ad una spesa per la ricerca in rapporto al Pil paragonabile a quella dei nostri partners europei occorre inevitabilmente che governo e imprese spendano di più in questo campo. Mentre per il governo questo è un problema di scelte politiche e di

allocazione delle risorse, per le imprese il discorso è più difficile. Infatti a fianco di una ristretta fascia di grandi imprese, già oggi fortemente impegnate nella ricerca anche perché direttamente toccate dalla concorrenza internazionale, il tessuto delle piccole e medie imprese è sostanzialmente legato ad un modello tecnologico che non prevede una propria autonoma attività di R & S, ma al contrario tende a realizzare al proprio interno innovazioni marginali ed incrementali e a recepire dall'esterno (dai fornitori di macchine e materiali) le innovazioni di maggiore importanza. Questo approccio è oggi messo in crisi in molti casi dalla dinamica competitiva internazionale, ma le imprese, specie quelle minori, si trovano spiazzate non trovando al loro interno le risorse umane, finanziarie ed organizzative per reagire in maniera adeguata al confronto competitivo.

In questa prospettiva il ruolo del governo appare quindi più ampio poiché il suo intervento non può limitarsi ad aumentare gli stanziamenti pubblici per la ricerca ma può cercare di incentivare le imprese, soprattutto le PMI, a svolgere in proprio o a commissionare all'esterno delle attività di ricerca. Gli strumenti utilizzabili a questo scopo sono essenzialmente fiscali, ma possono essere graduati in funzione di alcune scelte quali le dimensioni delle imprese, i settori o le tecnologie.

Queste misure di per sé importanti non tengono tuttavia conto del problema centrale che è stato evidenziato in questo rapporto e rappresentato dallo scollamento tra la ricerca pubblica e il mondo delle imprese. Su questo punto occorre chiarire che pur auspicando un miglioramento delle procedure relative alle varie iniziative (Progetti Finalizzati e Programmi Nazionali), non è pensabile un forte coinvolgimento del sistema delle imprese che oggi per sua natura è spesso distante dalle tematiche di ricerca condotte dall'università, dal Cnr o da altri organismi. Questo non vuol dire che l'attività di questi enti deve essere ricondotta alle esigenze delle imprese italiane; certo sono possibili ed auspicabili degli aggiustamenti ed una maggiore attenzione al mondo industriale, ma il sistema della ricerca pubblica non può non rapportarsi agli obiettivi, alle attività e ai metodi della comunità scientifica internazionale.

Il problema centrale che non è mai stato affrontato in Italia è piuttosto il collegamento tra i due mondi attraverso delle strutture in grado di tradurre i risultati della ricerca e di metterli a disposizione del più

ampio numero di imprese. Queste strutture sono da tempo state sperimentate in altri paesi con notevoli varianti organizzative (centrali o locali, pubbliche, miste o private, settoriali o generali). In Italia poco è stato fatto per lo più su scala sperimentale con risorse limitate. Il trasferimento tecnologico costituisce invece un perno centrale delle politiche per l'innovazione poiché costituisce la cerniera tra le due sfere della ricerca e delle applicazioni. Interventi anche importanti in questi due ambiti sono certamente indispensabili, ma senza una chiara politica rivolta ad incentivare il processo di trasferimento tecnologico la divaricazione di interessi e di attività è destinata a continuare.

CAPITOLO II

LE TECNOLOGIE DI PRODUZIONE

Introduzione

Il sistema produttivo occidentale ha cominciato negli anni '80 ad essere sottoposto ad una serie di pressioni che probabilmente porteranno alla fine di questo decennio e sicuramente nel nuovo secolo ad un cambiamento del modo di produrre. Queste pressioni possono essere raggruppate in tre ordini di fattori:

- crescente globalizzazione dei mercati
- influenza della variabile ambientale
- creazione di nuove strutture organizzative.

La globalizzazione intesa come condizione naturale dell'evoluzione dei mercati da nazionali a continentali e mondiali, ma anche come strategia delle imprese, ha in termini produttivi vari effetti. Taluni di essi possono essere parzialmente contraddittori poiché all'allargamento dei mercati fa spesso da contraltare una loro maggiore segmentazione o la necessità di prevedere varianti nazionali. In realtà le imprese che adottano strategie globali sono obbligate a ricercare da un lato una standardizzazione crescente dei componenti di base e dall'altro a puntare su prodotti finali più differenziati e rinnovati con grande celerità. Questo comporta ovviamente una riduzione del ciclo di vita dei prodotti e di conseguenza investimenti rilevanti non solo nella fase di progettazione, ma nell'intero ciclo produttivo per poter accorciare il cosiddetto *time to market*. Inevitabilmente gli investimenti nella fase produttiva devono essere caratterizzati da una grande flessibilità operativa, la stessa che è richiesta al sistema dei fornitori.

La globalizzazione ha con sé tuttavia un'ulteriore conseguenza rappresentata dalla crescente importanza economica del servizio al cliente. Questo significa non solamente lo spostamento della catena del valore verso la distribuzione ed i servizi post-vendita e quindi maggiori investimenti nelle fasi a valle del processo produttivo, ma ha anche profonde implicazioni sulla produzione stessa. Questa infatti si trova ad essere pilotata dai comportamenti del consumatore o utilizzatore finale *(market-driven-manufacturing)*.

La pressione ambientale agisce invece prepotentemente come fattore condizionante lo sviluppo delle imprese, soprattutto attraverso la normativa dei singoli paesi. La spinta emotiva per un ambiente migliore tuttavia non è indirizzata solamente verso un minore inquinamento di origine industriale, ma sarà sempre più rivolta verso sistemi produttivi più puliti e soprattutto meno voraci di energia. Quest'ultimo aspetto traina la ricerca di fonti alternative di energia e di risparmi nell'uso delle attuali fonti.

Il terzo gruppo di fattori che condizionerà la produzione nei paesi occidentali è costituito dalle strutture organizzative interne alle imprese che dovranno essere riformulate per permettere di attivare le nuove strategie competitive ed utilizzare le nuove tecnologie. È questo un problema che si è già posto nello scorso decennio con l'introduzione di sistemi flessibili di produzione le cui potenzialità si sono potute esprimere con successo solo nelle imprese che hanno introdotto rilevanti cambiamenti organizzativi e gestionali. Questo problema non potrà che acuirsi con le nuove tecnologie produttive che puntano ad una sempre maggiore integrazione fra le varie aree produttive e fra queste ed il resto dell'impresa. È probabile che si crei un circolo chiuso in cui le strategie competitive basate sulla globalizzazione dei mercati, il rinnovamento rapido dei prodotti, la loro personalizzazione, il servizio al cliente non potranno essere adottate che da imprese dotate di strutture organizzative adeguate a sfruttare le nuove tecnologie di processo. Le nuove organizzazioni tuttavia per funzionare al meglio necessitano di cambiamenti adattativi continui non solo all'interno dell'impresa, ma anche nei rapporti con il mondo esterno (fornitori e distributori). Questo comporta nuovi investimenti la cui operatività richiede ulteriori adattamenti delle strutture organizzative e delle procedure gestionali in un processo circolare di reciproca influenza.

L'area tecnologica più interessata dal processo evolutivo prima descritto è quella dell'automazione al cui interno le tecnologie critiche più importanti sono:

* Automazione integrata e flessibile (CIM)
* Macchine ed apparati produttivi intelligenti (compresi robot, sensori, controlli)
* Micro e nano-tecnologie

1. Automazione industriale

1.1. Automazione integrata e flessibile

Descrizione della tecnologia

Il concetto di automazione integrata e flessibile ha cominciato ad essere adottato già alla fine degli anni '70, ma è solamente nel corso degli anni '80 che è stato recepito da fasce sempre più ampie di imprese industriali. I cardini di questa filosofia sono rappresentati da un processo di integrazione a più livelli che parte dall'integrazione di più macchine automatiche (o stazioni di lavoro) fra di loro per arrivare all'integrazione di aree e funzioni non solo all'interno della produzione. All'integrazione è però connessa una costante ricerca di flessibilità intesa in senso assai ampio poiché funzionale alle nuove strategie competitive.

Da un punto di vista operativo questa filosofia si è concretizzata soprattutto in alcuni settori (meccanica in primo luogo) nella realizzazione di celle e sistemi flessibili di lavorazione o di assemblaggio (FMC/FMS o FAC/FAS) e di collegamenti CAD/CAM tra la progettazione e la produzione. Il processo di adozione di questi primi livelli di automazione integrata non può dirsi concluso per la presenza di vari tipi di ostacoli che ha determinato una situazione a macchia di leopardo per cui accanto a settori molto avanzati si ritrovano settori all'interno dei quali si affacciano solo ora i primi timidi tentativi. Le punte avanzate, rappresentate per lo più da grandi gruppi industriali in grado di sostenere i rilevanti investimenti richiesti, si sono tuttavia indirizzate nella seconda metà degli anni '80 verso l'integrazione sperimentale di livelli

superiori rappresentati nella letteratura dall'acronimo inglese CIM (Computer Integrated Manufacturing).

In realtà gli esempi di CIM oggi operativi hanno una portata relativamente limitata in quanto riguardano essenzialmente i processi di fabbricazione o solo una parte di essi. Per questo motivo l'accento per il futuro è posto su quello che è chiamato il CIM di nuova generazione (Hasegawa) la cui base è costituita da un concetto di reale integrazione fra tutte le componenti dell'impresa e fra questa e l'insieme dei fornitori e dei distributori/clienti. La nuova impostazione (qui rappresentata graficamente in un'applicazione al settore calzaturiero) comporta non solo rilevanti cambiamenti nell'organizzazione e nelle procedure, ma consente di adottare filosofie gestionali innovative quali la *lean production* o il *concurrent engineering*, finalizzate ad una riduzione (abolizione) delle scorte e del *time to market*.

L'aspetto più importante della tecnologia CIM è proprio la sua interconnessione con le nuove filosofie gestionali che richiedono degli specifici sistemi di gestione che senza rappresentare delle vere e proprie tecnologie, costituiscono in realtà una sostanziale applicazione di tecnologie informatiche. A livello di sistema questo comporta l'integrazione di pacchetti applicativi specifici già noti come Mrp I e II, Capp, Cadp, e di altri in fase di sviluppo attraverso l'utilizzo di reti locali (Lan) all'interno delle imprese o di reti dedicate nel caso di comunicazioni con i fornitori o con i distributori o i clienti. Talvolta si fa ricorso anche a strumenti di intelligenza artificiale.

Stato della ricerca internazionale

L'iniziativa più importante attualmente in fase di sviluppo è rappresentata dal progetto trilaterale IMS (Intelligent Manufacturing Systems) portata avanti da Giappone, Stati Uniti, Canada, Australia ed Europa (Cee e Efta). Le aree di interesse sono rappresentate da: integrazione a livello di impresa, *global manufacturing*, risorse umane, *clean manufacturing*, lavorazione di materiali avanzati. Attualmente il progetto si trova nella fase di analisi di fattibilità che è condotta attraverso sei casi ciascuno dei quali con il coinvolgimento di imprese dei vari paesi.

Negli Stati Uniti sono da tempo in corso varie iniziative di ricerca incentrate su argomenti specifici; le più importanti sono:

* CALS (Computer Aided Acquisition and Logistics Support): programma iniziato dall'U.S. Department of Defense per l'integrazione delle comunicazioni fra enti diversi e ora in fase di applicazione in campo civile nei rapporti fra imprese.

* DICE (Darpa Initiative in Concurrent Engineering): programma dell'agenzia americana DARPA per diffondere i nuovi concetti operativi e migliorare la posizione competitiva dell'industria.

Anche per quanto riguarda i sistemi Capp (Computer Aided Process Planning) gli Stati Uniti sembrano detenere una certa leadership testimoniata recentemente dall'offerta di alcuni pacchetti sw sul mercato. Su questo tema lavorano istituzioni pubbliche come l'Institute of Advanced Manufacturing Sciences (IAMS, Cincinnati, Ohio) o società come la Control Data, ma in alcuni casi vi è stato un valido contributo europeo, come quello apportato dai ricercatori olandesi dell'università di Twente alla fine degli anni '70.

In Europa all'interno di Eureka vi è attualmente un'ampia area denominata "robotica e automazione della produzione" che attualmente comprende 62 progetti con un costo previsto di un miliardo di ecu. In questi progetti sono coinvolti 390 partecipanti di cui 80 sono istituti di ricerca e università. Quest'area è ulteriormente suddivisa in tre segmenti:

- automazione di fabbrica

- robot

- tecnologie e realizzazioni speciali.

Nel primo sono comprese le tecnologie Cad,Cae, Capp, Cam e Npc, ma in molti casi anche progetti riguardanti sistemi flessibili di produzione (Fms) o di assemblaggio (Fas) o addirittura Cim. Nel campo dell'assemblaggio automatizzato è stato creato nel 1986 un progetto quadro denominato Famos al cui interno sono stati finora attivati 26 progetti.

A livello nazionale la Francia ha lanciato nel 1990 un programma Productique destinato non solo a favorire la diffusione di sistemi automatizzati, ma anche a sostenere la ricerca dei costruttori per i quali è previsto uno stanziamento di 240 milioni di FF pari a circa 1/4 del budget totale del programma.

In Germania è attiva dal gennaio 1992 all'interno del Programma Fertigungstechnik una misura che finanzia fino al 40 % (Max 300.000 DM) dei costi di sviluppo di software relativo a progetti CIM (durata massima 3 anni).

Stato della ricerca in Italia

In Italia dopo la fine del Progetto Finalizzato "Tecnologie Meccaniche" del Cnr non sono in corso attività di ricerca di largo respiro, anche se singole imprese e centri di ricerca sono impegnati nell'area dell'automazione integrata e flessibile.

Fra i centri di ricerca pubblici il più attivo in questo campo è l'ITIA-CNR di Milano che ha in corso vari progetti concernenti sia il CAPP, sia vari aspetti dell'integrazione.

In campo industriale sono attivi Comau, Mandelli ed Elsag e le relative *joint-venture* con i leader informatici Ibm e Digital (Sesam, Spring e Seiaf). Inoltre alcuni grandi gruppi industriali (Ansaldo, Fiat, Merloni, Olivetti, Pirelli, Zanussi) hanno in corso progetti di CIM totale o parziale con risorse proprie e con il coinvolgimento di società e consulenti esterni.

1.2. Macchine ed apparati produttivi intelligenti

Descrizione della tecnologia

Alla base del processo di automazione ed integrazione prima descritto, vi è un ampio ventaglio di macchine ed apparati produttivi intelligenti in cui sono compresi macchine utensili ed operatrici, robot e varie apparecchiature, in parte integrate a bordo delle macchine ed in parte autonome, come controlli elettronici (controlli numerici e controllori a logica programmata), computers, sensori. Benché si tratti di macchine ed apparati che hanno fatto la loro comparsa sulla scena industriale già negli anni '60, la loro diffusione non è ancora generalizzata. Per questo accanto a settori, come quelli a processo continuo, in cui l'informatizzazione delle attività produttive è praticamente totale, esistono settori (o aree di attività) in cui l'introduzione di controlli elettronici a bordo delle macchine muove i primi passi (ad es. nella lavorazione dei materiali

lapidei). Nonostante questo sviluppo a velocità differenziata la tendenza in atto è verso un incremento dell'intelligenza delle singole macchine che consenta un maggior livello di automazione, integrazione, flessibilità e qualità della produzione.

A questo fine è necessario incrementare essenzialmente l'intelligenza locale delle macchine in modo da consentire loro di acquisire informazioni dall'ambiente esterno, elaborarle, trasmetterle e, in molti casi, reagire autonomamente al cambiamento o addirittura prevenirlo. Questo comporta una capacità di retroazione *(feedback)* che è possibile attivare solo attraverso l'uso di sensori, in grado di percepire la situazione esterna, e di controllori in grado di effettuare le opportune elaborazioni. Le macchine ed i robot della nuova generazione conoscono quindi un continuo miglioramento attraverso l'introduzione di sensori e di controllori avanzati le cui prestazioni sono incrementate anche dall'uso di tecnologie ausiliarie relative al software, al trattamento delle immagini, alla visualizzazione delle informazioni.

Incrementi di prestazioni sono offerti anche da avanzamenti specifici nelle singole tecnologie applicative, spesso attraverso l'impiego di nuovi materiali o di nuovi strumenti come il laser e il plasma. Il plasma sta registrando non solo una notevole espansione, ma anche un cambiamento di interesse verso nuovi tipi di sorgenti (es. YAG, a ossido di carbonio). Per contro il nuovo sistema plasma Hy Definition può diventare un concorrente pericoloso del laser per l'elevata precisione e la possibilità di eliminare le sbavature.

Gli stessi sensori sono oggetto di continui miglioramenti rappresentati dall'introduzione di nuovi materiali (arseniuro di gallio, film a polimeri piezoelettrici, ed altri), ma soprattutto dall'uso esteso di tecniche digitali per la trasmissione del segnale e di microprocessori per aumentare la capacità di condotta autonoma. In qualche caso i sensori sono inseriti in reti tramite bus di campo *(fieldbus)* ad architettura aperta. Questo tipo di sviluppo incontra tuttavia numerosi ostacoli legati da una parte al costo dei sensori e dall'altra ai vari problemi di tipo tecnico derivanti dall'uso di queste apparecchiature in ambienti particolarmente difficili. In taluni casi l'impossibilità di misurare le variabili desiderate richiede l'impiego di indicatori indiretti e di grandezze non nettamente definite. Questo sta comportando l'ingresso sul mercato di regolatori a

logica Fuzzy che consentono appunto di operare in presenza di anelli di regolazione non lineari e variabili nel tempo, il cui comportamento non si presta ad una descrizione matematica esatta. Un ulteriore aiuto viene dalle tecniche di intelligenza artificiale. Con questo termine si fa riferimento sia ai c.d. sistemi esperti che anziché modellare il processo tecnico, sono volti a modellare il comportamento dello stesso operatore umano, sia alle reti neuronali basate sulla connessione di neuroni formati a partire da basi dati estratte dall'attività produttiva.

A livello di controllori gli avanzamenti tecnologici più rilevanti riguardano l'utilizzo di microprocessori avanzati (ad esempio RISC) e di linguaggi di programmazione in grado di controllare contemporaneamente più sensori e più parametri. Poiché è in aumento la necessità di connettere fra loro varie macchine e i relativi controlli, cresce anche la necessità di ricorrere attraverso reti locali (LAN) a sistemi di supervisione, finora generalmente basati su computer largamente disponibili sul mercato. Secondo molti osservatori tuttavia questi sistemi oggi operativi sono probabilmente arrivati al limite delle loro prestazioni: la crescente complessità del controllo di processo sia a bordo macchina, sia come supervisione, a causa dei miglioramenti ottenuti nella sensoristica e nelle prestazioni delle singole macchine (ad es. incremento della velocità di lavorazione) richiede infatti una nuova generazione di PLC e computer a 32 bit, dotati di sistemi normalizzati di comunicazione (Map, Top, e i più recenti Fip e Profibus) e supportati da software efficienti in grado gestire le informazioni residenti in banche dati distribuite e cooperanti.

Stato della ricerca internazionale

Data l'ampiezza delle apparecchiature, delle tecnologie coinvolte e delle applicazioni, risulta particolarmente difficile un censimento puntuale delle innumerevoli iniziative esistenti. Da un punto di vista tecnologico l'area di maggior interesse è sicuramente quella rappresentata dai sensori in cui sono attive un migliaio di imprese americane (tra cui Motorola, Texas Instruments, Ibm, Ford, G.M., Hewlett-Packard, Tektronix) e circa 300 giapponesi (tra cui Omron, Fanuc, Fujitsu, Toyota, Mitsubishi, Hitachi, Nec). Negli Stati Uniti accanto alla domanda rappresentata dall'industria automobilistica e in minor misura dai co-

struttori ed utilizzatori di grandi impianti a rischio (nucleari e chimici), vi è una forte componente militare particolarmente all'interno dell'Usaf finalizzata al miglioramento dei servizi di manutenzione e diagnostica. Questo ha portato al lancio di iniziative di grande portata come Reliability & Maintainability 2000 al cui interno sono stati attuati vasti programmi come PRAM (Productivity, Reliability and Maintainability) e RAMTIP (Reliability and Maintainability Technology Insertion Program) ciascuno dei quali comprende centinaia di progetti in cui sono coinvolti istituti di ricerca pubblici (militari e civili), grandi gruppi industriali e piccole società innovative. Accanto ad essi e al programma interforze REPTECH (Repair Technology) sono poi da annoverare progetti specifici mirati alla realizzazione dei sensori destinati a singoli aerei o sistemi d'arma con il coinvolgimento in prima persona dei grandi contractors del Department of Defense (Boeing, McDonnell-Douglas, Ford Aerospace, Hughes, Sikorski).

In campo civile le attività di ricerca americane sono fortemente orientate all'intelligenza artificiale ed in particolare allo sviluppo di reti neuronali: le iniziative più importanti fanno capo a John Hopkins University Applied Physics Laboratory (Laurel, MD), University of Missouri-Rolla Intelligent Systems Center (Rolla, Missouri), Syracuse University-Department of Physics (New-York). Ad esse si deve aggiungere il programma decennale "Decade of Brain" lanciato nel 1989 con una dotazione annua di 220 milioni di dollari e dedicato all'ampio spettro delle tecniche di neurocomputing.

Nel campo dei laser si registra in molti paesi una notevole vivacità di iniziative che tendono sia a migliorare le prestazioni (in particolare la potenza) dei sistemi già esistenti, sia ad estenderne le applicazioni. Così ad esempio i giapponesi stanno sperimentando a livello industriale laser a ossido di carbonio (Mitsubishi) e ossigeno-iode (Kawasaki), mentre negli Stati Uniti la Battelle Columbus è arrivata a realizzare un sistema di Laser Shock Processing alternativo alla pallinatura tradizionale.

In Europa all'interno di Eureka l'interesse per la tecnologia laser si è concretizzato finora in 15 progetti.

In Francia il Ministero dell'Industria ha lanciato varie iniziative per la diffusione dei sistemi laser nell'industria francese: 1985 programma ROLF (Robot Outil Laser du Futur), 1989 Action Laser orien-

tata su una pluralità di progetti applicativi. Tra le ricadute di questa iniziativa vi è la creazione di nuovi centri di ricerche come Irepa-Laser a Strasburgo, LALP (ETCA-CNRS) a Arcueil che si aggiungono ai laboratori già esistenti presso CEA, CETIM e dell'Ecole Normale Supérieure. In campo industriale sono attivi nella ricerca laser con finanziamenti del MRT, Bertin, Creusot-Loire, Renault, PSA.

In Germania è operante un programma Laserforschung und Lasertechnik con finanziamenti a parte rispetto al al più generale programma Fertigungstechnik.

Nella tecnologia di taglio al plasma l'innovazione più recente (Hy Definition) è dovuta all'impresa americana Hypertherm.

Nella robotica, sempre nell'ambito di Eureka, l'area "Robotica e automazione della produzione" sta attualmente finanziando 13 progetti specificamente rivolti alla progettazione e allo sviluppo di robot, sia per usi tradizionali, sia per nuove applicazioni (edilizia e costruzioni, agricoltura e pesca, attività subacquee, ambienti pericolosi).

Fra i progetti nazionali è da segnalare in Gran Bretagna l'Advanced Robotics Initiative centrata sullo sviluppo di robot avanzati per l'impiego in ambienti ostili o difficili anche al di fuori dell'industria, come nei servizi e nell'assistenza medica. Questi progetti sono finanziati dal Department of Trade and Industry nella parte iniziale (studio di fattibilità) e di definizione solo se realizzati in forma cooperativa da imprese ed istituzioni di ricerca una delle quali è stata creata appositamente (National Advanced Robotics Research Centre). I risultati più interessanti sono stati riscontrati in campo medico/assistenziale con il progetto PAM (Patient Assistance for Mobility) che ha portato aziende come Oxford Intelligent Machines e Armstrong Projects ad una posizione di notorietà a livello internazionale.

In Francia esistono varie attività di ricerca nel campo della robotica avanzata essenzialmente su iniziativa di grandi utenti come Framatome o le ferrovie, ma senza un quadro di riferimento generale. Fra le iniziative di maggior successo sono da segnalare le ricerche svolte dal CEMAGREF per applicazioni robotiche in campo agricolo.

Per quanto concerne le reti neuronali sono già disponibili sul mercato vari sistemi (per lo più di origine americana), sviluppati da piccole società innovative, ma anche da grandi gruppi come Ibm. In Europa si

registra un forte interesse da parte di istituti di ricerca e imprese con un numero crescente di applicazioni industriali specialmente in Francia nella siderurgia e nella meccanica (Usinor-Sacilor, Silac, ecc.).

Nel campo dei sistemi a logica Fuzzy, benché la prima pubblicazione sull'argomento risalga al 1965 ad opera del prof. L.A.Zadeh dell'Università della California, lo sfruttamento industriale è iniziato solo alla fine degli anni '80 in Giappone: a partire dal 1990 sono apparsi sul mercato giapponese numerosi prodotti basati sulla logica Fuzzy come lavatrici, fotocamere, termoregolatori, processori.

Stato della ricerca in Italia

La robotica è l'unica area all'interno dell'automazione in cui vi è attualmente nel nostro paese un'iniziativa organica di ricerca, rappresentata dal Progetto Finalizzato "Robotica" del Cnr con un budget di 68 miliardi di lire nel periodo 1989-1993. Benché la sua concezione risalga all'inizio degli anni '80, il Progetto è stato recentemente ritarato sulla robotica per applicazioni non convenzionali proprio per adeguarlo alle nuove esigenze emerse a livello internazionale. Nei primi tre anni di attività una parte considerevole di risorse è stata dedicata alla sensoristica che aveva interessato anche il P.F. MADESS (sensori chimici intelligenti, s. a film spesso e sottile, s. di movimento, s. a infrarosso) con fondi specifici per 17 miliardi di lire nel periodo 1988-92.

In campo industriale la ricerca è condotta da un numero ristretto di imprese industriali interessate ad esigenze più applicative e di istituti di ricerca universitari o pubblici come l'Arts Lab di Pisa (robot per applicazioni mediche, spaziali, sensori), il LIRA (Laboratorio Interuniversitario di Robotica Avanzata) di Genova (microrobotica), l'IRST di Trento, la società Tecnomare di Venezia (robot sottomarini), l'Istituto di Meccanizzazione Agricola del Cnr di Torino (robot agricoli).

Per le applicazioni spaziali Ansaldo, Elsag e Fiar hanno costituito il consorzio Telerobot per realizzare un robot di ispezione e manutenzione nello spazio finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana con il progetto Spider.

Altre iniziative di ricerca riguardano l'ambiente ospedaliero (progetti Mirus Lab e Urmad) e agricolo.

Nel laser l'Italia vanta una buona tradizione di studio che avrebbe potuto condurre a risultati di rilevanza industriale. Attualmente le attività di ricerca si concentrano in Comau e Centro Ricerche Fiat e Prima Industrie in ambito industriale e in alcuni laboratori di ricerca, tra cui l'RTM di Vico Canavese, l'ITIA-CNR di Milano e gli istituti universitari aderenti al Centro Interuniversitario di Elettronica Quantistica e Plasmi (CIEQP).

Nell'area dei sistemi esperti per uso industriale sono attivi, tra gli altri, l'ITIA-CNR di Milano e il Laboratorio di Intelligenza Artificiale del CSI-Piemonte. Quest'ultimo ha sviluppato il sistema "Cutes" (per Alenia) per la scelta e l'ottimizzazione dei parametri di taglio nella fresatura e "Moda" (per GFT) per il supporto all'attività di modellazione di abiti femminili a partire dallo schizzo dello stilista. Un altro sistema esperto, "Exact", per l'individuazione dei difetti di saldatura dei componenti aeronautici, è attualmente in fase di sviluppo con l'utilizzo di tecnologie di elaborazione delle immagini e sistemi di classificazione dei difetti con controlli non distruttivi.

In ambito industriale altre esperienze significative sono state realizzate o sono in corso di sviluppo da parte di Syfa (Torino), Bull nel Centro Ricerche di Pregnana, Italdata, Orsi, Automazione.

Nel campo della logica Fuzzy la *joint-venture* italo-francese Sgs-Thomson sta concludendo il maggior programma europeo orientato alla realizzazione di una megacella VLSI (denominata WARP) in grado di supportare un'ampia gamma di applicazioni.

1.3. Micro e nano-tecnologie

Descrizione della tecnologia

La progressiva evoluzione della miniaturizzazione elettronica e della meccanica di precisione sta portando alla realizzazione di prodotti e componenti di dimensioni microscopiche (micro-fabbricazione) ed atomiche (nano-fabbricazione).

La micro-fabbricazione comporta la manipolazione e la lavorazione di materiali di dimensioni inferiori al micron (un millesimo di millimetro) attraverso processi di litografia, incisione, deposizione di mate-

riali, crescita epitessiale e le successive fasi di collaudo, ispezione e confezionamento. La nano-fabbricazione comprende processi a scale comprese tra 10 e 100 nanometri (un milionesimo di millimetro) in parte simili ai precedenti, come la litografia a fasci ionici, ma anche la manipolazione e l'adattamento della struttura atomica dei materiali.

Queste nuove tecnologie oggi disponibili a livelli di prototipi avranno in futuro una certa diffusione soprattutto in campo elettronico per la produzione di dispositivi a semiconduttore e di circuiti integrati ad alta densità della nuova generazione, di dispositivi optoelettronici e quantici. Altre interessanti applicazioni sono previste in ambito bio-medicale, ma anche in settori caratterizzati da mercati di vaste dimensioni come l'auto (microsensori e attuatori) e l'agro-alimentare.

Rispetto all'attuale livello di conoscenze è probabile che gli sviluppi futuri saranno fortemente condizionati dal progresso di tecnologie complementari, soprattutto nel campo dei materiali. È inoltre prevedibile un forte condizionamento della domanda per singole applicazioni che tenderà a soluzioni fortemente personalizzate.

Stato della ricerca internazionale

La ricerca nel campo della micro-lavorazione è stata iniziata negli Stati Uniti nei laboratori Bell, Mit e della Stanford University per la realizzazione dei circuiti VLSI. Tuttavia la posizione di leadership acquisita dai grandi gruppi industriali giapponesi sia nel mercato dei semiconduttori (50 %), sia nel mercato delle macchine per la loro produzione (43 %), ha consentito loro di investire pesantemente nelle nuove tecnologie anche grazie al supporto pubblico. Il programma ERATO ha distribuito tra il 1981 e il 1991 una cifra variabile tra i 10 e i 20 milioni di dollari all'anno suddivisa fra nove progetti. A questo occorre aggiungere i fondi stanziati dal MITI (65 milioni di dollari) per il periodo 1986-94 a favore di un consorzio industria/università denominato R & D Association for Future Electronic Devices. Nel 1991 è stato inoltre annunciato un programma decennale per la microrobotica sempre sponsorizzato dal Miti con un budget previsto di 200 milioni di dollari.

A livello locale vi sono infine da registrare due iniziative delle città di Nagoya e di Yamagata per la costituzione di due laboratori dedicati alle micro e nanotecnologie.

Nel campo della micro-fabbricazione le tecniche di litografia a raggi X sviluppate in Giappone sarebbero già oggi in grado di produrre strutture dell'ordine dei 0,3 micron e chips con microprocessore a 256 megabit. Anche nella nano-litografia le imprese giapponesi mantengono un significativo vantaggio rispetto ai concorrenti americani. Secondo il DoD tuttavia il Giappone nel 1988 aveva già investito in queste applicazioni 700 milioni di dollari.

Nel campo della micro-meccanica Toshiba ha realizzato recentemente un motore miniaturizzato delle dimensioni di tre millimetri comprendente cuscinetti, magneti, bobine nonché un circuito integrato che ne controlla il funzionamento.

Negli Stati Uniti la ricerca applicata sembra in ritardo anche per la mancanza di programmi pubblici di ampiezza paragonabile a quanto riscontrato in Giappone. Nel complesso secondo Forecast International i fondi disponibili negli Usa non supererebbero i 20 milioni di dollari all'anno. Fra le varie iniziative sono da citare:

- la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) ha un programma su micromacchine e tecniche bioimetiche con una dotazione di circa 5 milioni di dollari;
- il Department of Energy conduce ricerche sulle microtecnologie attraverso i suoi Sandia National Laboratories;
- il National Institute of Standards and Technology (NIST) svolge al suo interno ricerche sulle nanotecnologie con un budget di circa 1,5 milioni di dollari;
- la National Science Foundation ha un programma sulle nanotecnologie con una disponibilità di 8 milioni di dollari all'anno ripartiti però su una dozzina di centri universitari;
- il Naval Surface Warfare Center svolge al suo interno ricerche sulla bioelettronica;
- l'Office of Naval Research ha un budget di circa 2,5 milioni di dollari con il quale finanzia anche ricerche extra-muros, come quelle svolte dal Mit sulla microrobotica.

In campo industriale sono attivi ATT Bell Labs, i centri di ricerca Ibm di Almaden e Watson, e Motorola, ma anche piccole società innovative come Novasensors specializzata nei sistemi medicali.

Nonostante la dispersione delle iniziative di ricerca esistono qua e là significative realizzazioni: ad esempio presso il Georgia Institute of Technology il gruppo diretto da Mark Allen utilizza tecniche di microlitografia per realizzare gruppi di ingranaggi della dimensione di 50 micron da utilizzare per posizionare le fibre ottiche all'interno dei chip elettro-ottici in fase di sviluppo.

In Gran Bretagna è stata lanciata una National Initiative on Nanotechnology con una dotazione di 15 milioni di dollari su 4 anni. Al suo interno è stato costituito presso l'Università di Glasgow il Nanoelectronics Research Centre.

In Francia a partire dal 1986 il Ministero della Ricerca ha creato dei gruppi di ricerca misti e interdisciplinari che si occupano dei seguenti temi: microsensori al silicio, sensori ottici integrati in fibre ottiche, sensori chimici e bio-chimici. I gruppi di ricerca sono stati finanziati con il Fonds de la Recherche et de la Technologie (FRT) attraverso gare bandite dal Comitato Sensori e attraverso la procedura "salti tecnologici" (quasi 40 milioni di franchi nel 1991). Questi programmi coinvolgono oggi oltre a numerose imprese una trentina di istituti pubblici (con circa 200 ricercatori) concentrati in tre regioni: Rhone-Alpes, Midi-Pyrénées e Franche-Comté. A questi occorre aggiungere il programma Ultimatech del CNRS che copre la ricerca di base: nel 1990 sono stati finanziati 24 progetti per un ammontare di 9,1 milioni di franchi, con la partecipazione di ben 69 laboratori di ricerca. Tra le prime realizzazioni utilizzabili a livello industriale vi è un motore a ultrasuoni del diametro di 5 mm (realizzato dal Cetehor di Besancon) che ha suscitato l'interesse dell'industria orologiera giapponese.

I buoni risultati ottenuti finora nella ricerca hanno indotto i Ministeri dell'Industria, della Ricerca e della Difesa e l'Anvar (Agence Nationale pour la Valorisation de la Recherche) a lanciare un programma (70 milioni di FF) destinato ad aiutare la diffusione delle microtecnologie nel mondo industriale.

In Germania è stato lanciato il programma Mikrosystemtechnik con un finanziamento di circa 400 miliardi di lire in quattro anni. Principali beneficiari sono i centri di ricerca pubblici del Max-Planck Institut e della Fraunhofer Gesellschaft.

Stato della ricerca in Italia

Non esiste un programma coordinato di ricerca su questo tema che tuttavia è stato trattato parzialmente all'interno di vari Progetti Finalizzati (Tecnologie Meccaniche, Robotica, MADESS) e Strategici (Strumentazione) del CNR.

Nella micro-robotica si segnalano le attività dell'Arts-Lab di Pisa e del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Genova (micro-robot Kitborg), mentre in campo elettronico all'interno del P.F.MADESS sono state studiate varie tecniche di ricristallizzazione epitessiale e di litografia a fasci elettronici. Queste ricerche sono state condotte in Istituti del CNR (IESS di Roma, LAMEL di Bologna, MASPEC di Parma) e di varie Università (Bari, Catania, Roma Tor-Vergata) con il coinvolgimento di importanti società come MEMC (ex Dynamit Nobel), SGS-Thomson, Alenia, Telettra.

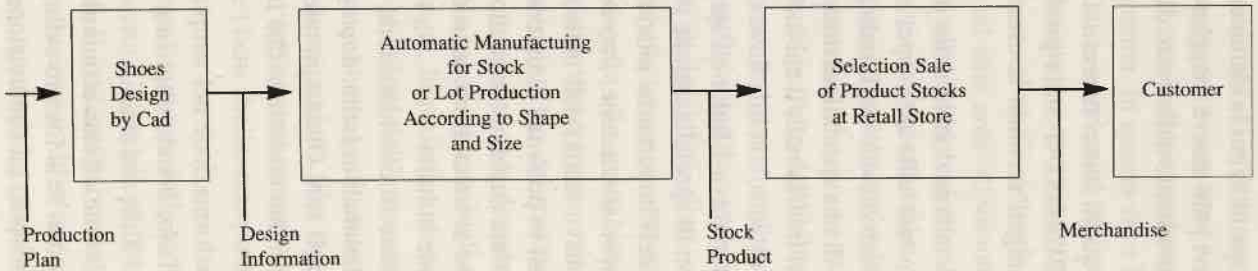
2. Impatto economico delle innovazioni relative alle tecnologie di produzione

Oggetto della presente analisi sono le tecnologie di supporto alla produzione. Si tratta in particolare delle innovazioni in corso di sviluppo che riguardano l'automazione industriale. È evidentemente un'aggregazione molto ampia, che include innovazioni suscettibili di applicazione diffusa a tutti i settori industriali. Ciò non esclude però la possibilità di un giudizio più dettagliato. Se è vero infatti che tutti i settori manifatturieri sono possibili candidati come utilizzatori di automazione, per alcuni di essi in particolare le nuove tecnologie possono rivelarsi essenziali per continuare a competere e quindi per svilupparsi, se non addirittura per sopravvivere di fronte alla comparsa di nuovi competitori. È stata elaborata da Pavitt una classificazione, che risulta di particolare utilità per questa analisi, in cui i singoli settori vengono attribuiti, a seconda delle caratteristiche tecnologiche delle loro produzioni ai quattro macrosettori seguenti:

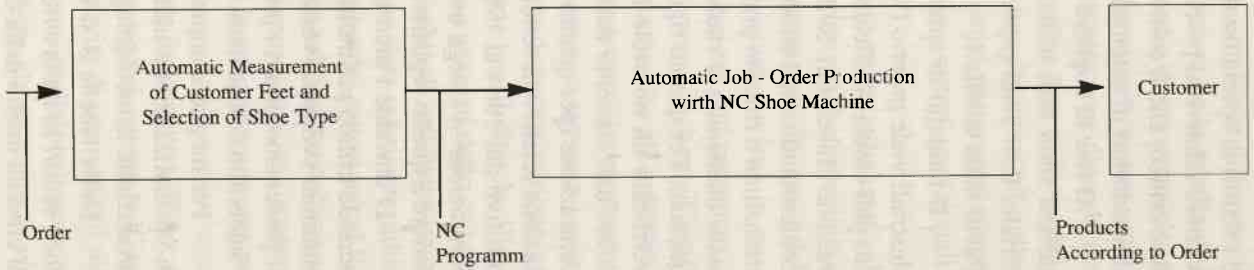
- settori tradizionali
- settori con elevate economie di scala
- settori di specializzazione
- settori ad alta tecnologia

COMPARISON WITH SHOE MANUFACTURING SYSTEM BETWEEN CONVENTIONAL AND NEXT GENERATION CIM

A- SHOE STOCK PRODUCTION AND SALE BY CONVENTIONAL CIM



B-SHOE JOB-ORDER PRODUCTION AND SALE BY NEXT GENERATION CIM



I settori della trasformazione industriale, cioè i settori tradizionali e i settori di specializzazione, sono quelli in cui la diffusione delle innovazioni relative ai processi produttivi pare essere maggiormente un fattore critico, che li coinvolge rispettivamente nella veste di utilizzatori e di produttori di automazione.

Al fine di cogliere il peso che questi settori hanno nell'economia italiana sono stati utilizzati i dati EUROSTAT sulla produzione industriale. Essi sono presentati, riaggregati secondo la classificazione di Pavitt nella tabella 1.

Il modello di specializzazione internazionale delle produzioni industriali vede proprio l'Italia concentrata sulle aree sopra indicate. Questo può essere verificato tramite l'osservazione degli indici di specializzazione (Tabella 2). Si tratta inoltre di una specializzazione che è andata confermandosi nel tempo; nei settori tradizionali, il cui indice di specializzazione è rimasto praticamente costante, con una lieve contrazione, è stato mantenuto il ruolo che caratterizzava l'Italia all'inizio del quinquennio. Per quanto riguarda i settori di specializzazione si è addirittura verificato un notevole incremento dell'importanza relativa, come mostrato dall'aumento dell'indice di specializzazione. Può sorprendere la contrazione (per quanto essa sia di lieve entità) dell'indice di specializzazione relativo ai settori tradizionali in presenza di un tasso di crescita positivo dal 1984 al 1989, e addirittura superiore a quello europeo. La contrazione si spiega osservando che si tratta di un tasso di crescita inferiore a quello registrato mediamente in Italia.

D'altronde l'arco temporale preso in considerazione abbraccia un periodo critico per molti settori tradizionali in Italia: dopo un periodo di continuo sviluppo, verso la metà degli anni Ottanta in numerosi settori si presentano infatti i primi segnali di una recessione che interessa tutto l'intervallo considerato.

Per meglio comprendere la trasformazione nel tempo del modello di specializzazione industriale italiano, è stata applicata ai dati sulla produzione la metodologia di analisi Shift and share.

Nella tabella 3 si è calcolata, come effetto economia, la crescita che i settori in Italia avrebbero registrato se si fossero sviluppati al tasso di crescita medio della Comunità Europea. La suddivisione così ottenuta non è però di particolare interesse, in quanto, essendosi registrata in

Italia in tutti i settori una crescita superiore a quella europea, nel quinquennio considerato, si ottiene uniformemente un effetto differenziale positivo. Maggiori informazioni si possono ottenere dalla tabella 4, in cui ai singoli settori viene applicato il tasso medio di crescita della rispettiva economia. In questo caso l'effetto differenziale misura i mutamenti di struttura intervenuti all'interno della singola area. Quando l'effetto differenziale assume valore negativo significa che è diminuito il peso del settore sul totale industria, a causa di una dinamica più rallentata rispetto ad altre aree. Assumono valori negativi per quanto concerne la CEE i soli settori tradizionali, per l'Italia i settori tradizionali e quelli con forti economie di scala.

Si può quindi concludere, relativamente ai settori tradizionali, che esiste negli anni in corso, anche in Italia, un processo di despecializzazione. Le quote perdute dall'Italia non sono recuperate dal resto della CEE, in quanto la riduzione di peso dei due settori avviene in modo pressoché parallelo, ma da competitori non inclusi nei dati presentati.

I settori di specializzazione confermano invece anche nell'analisi *shift and share* la loro crescente importanza, sia rispetto all'industria italiana, sia rispetto allo stesso settore a livello europeo. La struttura industriale italiana viene spesso criticata in quanto essa trascura i settori ad alta tecnologia. Uno dei timori che derivano da questa visione, che non si vuole in questa sede discutere, riguarda la possibilità che l'Italia resti in questo modo esclusa dagli effetti positivi generati dallo sviluppo delle tecnologie. In realtà in questo modo si rischia di sottovalutare notevolmente gli effetti dell'innovazione; essi non sono infatti prevedibili con chiarezza, e il loro godimento non è esclusivo dei settori in cui l'innovazione viene prodotta. Per cogliere l'impatto di una tecnologia occorre quindi soffermarsi non solo su chi crea innovazione, ma anche su chi produce i beni che la incorporano o su chi la utilizza nei propri processi.

I principali sviluppi della tecnologia hanno un impatto diffuso, sono cioè suscettibili di applicazione in numerosi settori, se non nell'intera economia. È evidente per esempio la pervasività di innovazioni relative all'automazione o all'informatica. Nei settori tradizionali accade inoltre frequentemente che modificazioni modeste, da un punto di vista tecnico-ingegneristico, siano in grado di riprodurre ripercussioni econo-

miche molto ampie, dal punto di vista della profittabilità e della competitività delle produzioni, e della struttura interna del settore, sicuramente maggiori di quelle che si osserverebbero in altri settori.

Queste considerazioni non mitigano però il giudizio sulla vulnerabilità della specializzazione italiana nei settori tradizionali. Si tratta in genere di settori con basse barriere all'entrata, in cui la concorrenza dei paesi in via di sviluppo e dei paesi di recente industrializzazione è dirompente. Essi si introducono nei vari settori produttivi con beni di qualità medio-bassa, ma con prezzi che definire bassissimi è un eufemismo. Per dare un'idea delle proporzioni può essere utile citare un esempio. Nel settore calzaturiero il valore medio delle scarpe di produzione italiana risulta pari a 25.800 Lire. Il prezzo medio delle calzature importate dall'Asia (Medio Oriente escluso) è di 5.900 Lire.

Gli osservatori più ottimisti continuano a sottolineare la qualità del "Made in Italy" come fattore di successo in grado di resistere alla concorrenza. Ma una qualità che si paga non una certa percentuale in più, bensì cinque volte tanto, è un argomento che può convincere una quota ridottissima di consumatori, quota che economicamente si può identificare con una nicchia.

Si tratta di un discorso che si ripete uguale per numerosi settori in cui l'Italia ha costruito negli anni passati una leadership che ora però fatica a mantenere. Alcuni di questi settori hanno un peso unitario notevole (il settore calzaturiero citato sopra, il settore orafo, il tessile e il settore dei mobili in legno), altri sono così specializzati da apparire irrisori se presi singolarmente (per esempio la produzione di bottoni, che concentra in un unico distretto il 60% dell'output mondiale, la produzione di collant o di montature per occhiali), in ogni caso l'aggregato costituisce un insieme non trascurabile. Per comprendere l'ineludibilità del problema basta considerare che i settori tradizionali pesano per il 36.7% dell'occupazione nell'industria manifatturiera, e questo senza tener conto che esiste sicuramente un indotto difficilmente misurabile di questi settori nel campo dei servizi. Inoltre si tratta di posti di lavoro difficilmente riconvertibili per altre produzioni, sia per l'estrema specializzazione delle mansioni degli addetti (ma nei casi più gravi per la non specializzazione della manodopera), sia per le aree in cui le produzioni tradizionali si sono sviluppate maggiormente. Si tratta della cosid-

detta "terza Italia", costituita dalle regioni orientali e centrali, e in misura minore dell'Italia Meridionale, quindi di aree in cui è oggettivamente più difficile prevedere la riconversione dei posti di lavoro verso altri settori produttivi.

Il punto di maggiore vulnerabilità dei settori tradizionali in Italia, come d'altronde negli altri paesi industrializzati, è sicuramente costituito dal costo del lavoro. Un operaio italiano riceveva nel 1990 un salario orario quattro volte superiore a un suo collega della Corea del Sud; più o meno lo stesso vale per i lavoratori dell'Europa dell'Est. Ma il differenziale sale vertiginosamente se si considera uno dei paesi asiatici di più recente industrializzazione: per esempio il costo orario italiano è cinquanta volte superiore a quello relativo all'Indonesia.

L'unico modo per difendere la competitività di questi settori, e quindi almeno una quota significativa dei posti di lavoro che essi rappresentano, visto che, come già accennato più sopra, fattori quali la qualità delle produzioni e il design sono probabilmente sufficienti solo a difendere delle nicchie di mercato, è quello di affrontare direttamente il problema del costo del lavoro. Risulta allora indispensabile l'introduzione anche in questi settori di processi automatizzati, in grado sia di risparmiare sulla quantità di lavoro utilizzata, sia di aumentarne la produttività. Il processo di automazione comporta inevitabilmente una riduzione della domanda di lavoro da parte delle imprese, ma non si deve dimenticare che, in caso di perdita della competitività delle produzioni italiane, è l'intero sistema del settore ad essere in pericolo, e quindi la totalità dei posti di lavoro che esso garantisce.

Quella che serve non è ovviamente una tecnologia delle grande serie, dei pezzi tutti uguali. È una tecnologia che deve adattarsi alla misura delle produzioni, che sono differenti fra di loro e mutevoli nel tempo, e alla misura delle imprese, che nel nostro modello organizzativo dei distretti industriali sono di piccola dimensione. In sintesi sono necessari investimenti contenuti e tecnologie agili e flessibili.

Dopo aver considerato i settori utilizzatori, o potenziali utilizzatori, di automazione, occorre soffermarsi sui comparti che producono i beni strumentali valle. Si tratta della meccanica strumentale, cioè di tutti quei settori che producono macchinari non di uso generico, bensì destinati a un particolare impiego nel ciclo produttivo di un certo insieme

di prodotti. Nell'ottica di questi settori gli sviluppi delle tecnologie di supporto alla produzione costituiscono non più delle innovazioni di processo, bensì delle innovazioni di prodotto. Essi possono quindi esser considerati dei "produttori di innovazione", nel senso che producono i beni che la incorporano. Nelle pagine precedenti è già stata dimostrata in generale la specializzazione italiana nei settori che vengono qui più dettagliatamente analizzati. La tabella 5 contiene un ritratto più approfondito dei singoli settori che compongono la meccanica specializzata. L'elenco non è esaustivo, nel senso che si è deciso di presentare solo quei settori per i quali è stato possibile, ricorrendo a fonti varie, recuperare dei dati soddisfacenti, ma soprattutto non è sufficientemente disaggregato per cogliere dove le imprese italiane sono veramente forti.

In generale il quadro che emerge dalla tabella è notevolmente positivo. In tutti i settori il saldo commerciale è positivo, viene in genere esportata una percentuale elevatissima di produzione e la quota di produzione CEE è superiore a quella media italiana, pari al 16,18% e desumibile dalla tabella 1. Quest'ultimo dato relativo alle quote di produzione deve però essere considerato solo a livello di indicazione. Infatti esso rischia di essere gravemente sottostimato a causa delle imprese con meno di 20 addetti, che costituiscono una parte notevole dell'apparato produttivo italiano, superiore sicuramente alla media europea. Inoltre per misurare la posizione competitiva di un paese si è soliti utilizzare, in luogo della quota di produzione, la quota delle esportazioni mondiali, in quanto questa variabile risente di meno dell'effetto della dimensione del mercato interno. In altre parole la Germania detiene una quota di produzione elevata non solo per la leadership tecnologica che mantiene in numerosi settori della meccanica, ma anche per l'effetto trainante di un mercato interno costituito dai settori industriali a valle che è il più grande della CEE.

Un giudizio sulla posizione competitiva dell'Italia è d'altronde spesso difficile a causa della mancanza di dati. Il vantaggio è infatti spesso detenuto in categorie troppo ristrette per poter apparire nelle statistiche. La specializzazione produttiva del nostro paese nella meccanica strumentale si è infatti in molti casi delineata parallelamente o al seguito della specializzazione nei settori dei beni finali di consumo. Il settore a monte produttore di macchinari, e quello a valle, produttore di

beni intermedi (cuoio, legno) o finali (gioielli, calzature, mobili) si sono rafforzati a vicenda, non tanto per la possibilità di contare su una base di fornitori e di clienti geograficamente prossima, quanto per la possibilità di collaborazione e coordinamento al fine di migliorare processi e prodotti che la forma di organizzazione distrettuale ha ulteriormente facilitato.

Le imprese italiane della meccanica si sono così trovate spesso leader mondiali, per le competenze conquistate con l'attività sul selettivo mercato interno, nell'esportazione di macchinari destinati alla produzione di singoli beni e che quindi sono spesso troppo specifiche per essere reperibili nei dati statistici ufficiali. Per esempio più dei due terzi dei macchinari per la lavorazione dei gioielli (per le quali non esiste neppure la categoria nelle classificazioni ufficiali delle attività economiche) vendute nel mondo provengono dall'Italia. In alcuni casi è necessario scendere nel dettaglio della singola impresa, in quanto la nicchia è così piccola da non consentire l'ingresso di numerose unità produttive. È il caso per esempio della FICEP, media impresa di Varese con trecento addetti, che, con una quota attorno al 20%, è l'azienda leader europea nelle macchine per carpenteria meccanica, battendo i pochi concorrenti che sono costituiti da grandi (soprattutto se considerati in termini relativi) gruppi diversificati tedeschi. Un altro esempio è costituito dalla ditta piacentina Jobs, che produce centri di lavoro per la costruzione di modelli automobilistici, occupando il 70% della domanda mondiale. Ancora: la ELPO di Parma, che con soli sette miliardi di fatturato detiene il 20% del mercato mondiale di impianti per il riempimento in asettico di contenitori per prodotti alimentari.

Quali sono i concorrenti dell'Italia in questi settori?

Sicuramente la Germania che vanta una lunga tradizione in tutti i settori della meccanica e che si situa come leader o come nostro inseguitore in quasi tutti i settori considerati. In alcuni settori sono forti Giappone e USA. In Europa la Spagna, malgrado detenga una quota di produzione ancora piuttosto bassa, si è avviata su un sentiero di specializzazione molto simile a quello italiano.

Il ruolo attribuito più sopra ai settori di specializzazione di meri applicatori delle innovazioni, per quanto eccellenti, non rappresenta la realtà del comparto nella sua completezza. In un recente studio sulla

specializzazione tecnologica dei paesi avanzati viene esaminata l'attività brevettuale dei vari paesi. Gli autori calcolano gli indici di specializzazione in base al numero di brevetti assegnati, e al numero di citazioni dei brevetti. La meccanica specializzata in Italia risulta sempre fra i settori con indice di specializzazione più elevato (vedi tabella 6). Questo a riprova di come l'attività innovativa non è confinata ai settori dell'high-tech e della grande dimensione aziendale, ma è compatibile con la piccola dimensione, soprattutto quando si combina con l'estrema specializzazione. Si tratta però spesso di un'innovazione che non ha carattere radicale. Sono mutamenti che derivano da miglioramenti infinitesimali, la cui fonte si situa di volta in volta a stadi diversi della filiera produttiva, spesso in imprese diverse, e che possono concretizzarsi in cambiamenti tecnici misurabili, grazie ancora una volta alla natura interattiva dei rapporti fra le imprese dei distretti industriali. Spesso ad essere modificato non è il prodotto in sé, ma il modo con cui esso può essere impiegato. Per quanto riguarda invece le tecnologie di base, queste imprese sono per lo più dipendenti da innovazioni esterne.

In alcuni settori di specializzazione una percentuale importante delle esportazioni italiane è costituita da macchinari di tipo tradizionale indirizzati ai paesi in via di sviluppo, mentre le esportazioni verso i paesi OCSE, in genere composte da beni tecnologicamente più avanzati, sono appannaggio della Germania. È sicuramente una politica miope e pericolosa. innanzitutto perché si tratta di prodotti a minor valore aggiunto, quindi meno remunerativi; prodotti su cui si compete sul lato dei prezzi e quindi indirettamente dei costi. Si tratta allora di quote di mercato difficilmente difendibili a fronte di paesi che godono di costi dei fattori inferiori. E qui emerge il secondo motivo per cui l'innovazione continua è un fattore indispensabile per mantenere la posizione competitiva raggiunta. Osservando l'andamento dell'economia mondiale negli anni passati è possibile riscontrare in molti paesi e per molti settori un'evoluzione costante: dopo un periodo in cui i macchinari per la creazione di un'industria locale vengono importati, il sistema acquisisce le capacità di produrli internamente, almeno quelli più tradizionali la cui tecnologia è più accessibile. La leadership dei paesi industrializzati può allora essere conservata solo se viene costantemente alimentato il gap tecnologico che li separa dagli imitatori.

Tabella 1: Struttura della Produzione secondo le Caratteristiche Tecnoiogiche dei Settori
Confronto Italia - CEE, anni 1984 e 1989, milioni di ECU

	ITALIA				
	1984		1989		89/94
		%		%	Δ%
SETTORI TRADIZIONALI	102.746	37,82	138.467	35,70	34,77
SETTORI CON FORTI ECONOMIE DI SCALA	114.481	42,14	161.996	41,77	41,50
SETTORI DI SPECIALIZZAZIONE	34.637	12,75	55.123	14,21	59,15
SETTORI AD ALTA TECNOLOGIA	19.785	7,28	32.262	8,32	63,07
	271.649	100,00	387.848	100,00	42,78

	CEE				
	1984		1989		89/94
		%		%	Δ%
SETTORI TRADIZIONALI	601.530	34,71	787.790	32,87	30,96
SETTORI CON FORTI ECONOMIE DI SCALA	775.918	44,77	1.075.910	44,89	38,66
SETTORI DI SPECIALIZZAZIONE	199.480	11,51	302.850	12.63	51,82
SETTORI AD ALTA TECNOLOGIA	156.145	9,01	230.438	9,61	47,58
	1.733.073	100,00	2.396.988	100,00	38,31

FONTE: EUROSTAT, Struttura e Attività dell'Industria - anni vari
Dati relativi alle imprese con più di 20 addetti

Tabella 2: Indici di specializzazione

$$Isp = \frac{\text{Peso del settore in Italia}}{\text{Peso del settore nella CEE}}$$

	1984	1989
SETTORI TRADIZIONALI	1,0897	1,0863
SETTORI CON FORTI ECONOMIE DI SCALA	0,9413	0,9305
SETTORI DI SPECIALIZZAZIONE	1,1078	1,1249
SETTORI AD ALTA TECNOLOGIA	0,8084	0,8653

Tabella 3: Analisi Shift and Share ottenuta facendo crescere i singoli settori al tasso di crescita che essi hanno registrato presso la CEE

	Tasso di crescita CEE	89-94 ITALIA	Effetto Economia	Effetto Differenziale
SETTORI TRADIZIONALI	30,96	35.721	31.815	3.906
SETTORI CON FORTI ECONOMIE DI SCALA	38,66	47.515	44.262	3.253
SETTORI DI SPECIALIZZAZIONE	51,82	20.486	17.949	2.537
SETTORI AD ALTA TECNOLOGIA	47,58	12.477	9,413	3.064
	38,31	116.199	103.439	12.761

FONTE: EUROSTAT, Struttura e Attività dell'Industria - anni vari
Dati relativi alle imprese con più di 20 addetti

Tabella 4: Analisi Shitf and Share ottennta facendo crescere i singoli settori al tasso di crescita medio dell'economia

ITALIA

	1984	89*	89	89*94	89-89*
SETTORI TRADIZIONALI	102.746	146.696	138.467	43.950	(8.229)
SETTORI CON FORTI ECONOMIE DI SCALA	114.481	163.451	161.996	48,970	(1.455)
SETTORI DI SPECIALIZZAZIONE	34.637	49.453	55.123	14.816	5.670
SETTORI AD ALTA TECNOLOGIA	19.785	28.248	32.262	8.463	4.015
	271.649	387.848	387.848	116.199	0

CEE

	1984	89*	89	89*-94	89-89*
SETTORI TRADIZIONALI	601.530	831.967	787.790	230.437	(44.177)
SETTORI CON FORTI ECONOMIE DI SCALA	775.918	1.073.161	1.075.910	297.243	2.749
SETTORI DI SPECIALIZZAZIONE	199.480	275.898	302.850	76.418	26.952
SETTORI AD ALTA TECNOLOGIA	156.145	215.962	230.438	59.817	14.467
	1.733.073	2.396.988	2.396.988	663.915	0

FONTE: EUROSTAT, Struttura e Attività dell'Industria - anni vari
Dati relativi alle imprese con più di 20 addetti

Tabella 5: Settori della meccanica specializzata, posizione competitiva

SETTORI	Fatturato	Esportazioni	Importazioni	% di produzione esportata	Saldo Comm. le	Quota di produzione dell'Italia nella CEE	Quota di produzione della Germania nella CEE	Posizione competitiva
Macchine per agricoltura e zootecnica	5.100	2..770	595	53,31	2.175	28,96	27 23	Forte nelle attrezzature di piccole dimensioni o molto specializzate
Macchine utensili	4.681	2.126	1.123	45,42	1.003	23.52	49 31	Terzo posto dopo Giappone e Germania. Si tratta comunque di un comparto ampio ed giudizio aggregato è poco significativo.
Macchine per l'industria tessile	4 094	2.340	1.055	57,16	1.285	23,08	50 54	Posizione forte. I concorrenti sono Germania, Svizzera e Giappone. I segmenti migliori sono l'automazione, la rifinitura, la tintoria. Negli altri tengono solo le nicchie di alta qualità.
Macchine per l'industria alimentare (produzione)	1.929	1.286	n.d.	66,67	n.d.			Quote di primo piano, in alcuni comparti di leadership (es: pane, conserve di frutta). In genere posizione migliore degli USA e peggiore della Germania
Macchine per l'industria petrolifera (produzione)	700	404	n.d.	57,71	n.d.	20,34	43 09	
Macchine per il confezionamento	2.480	1.700	29r	68,55	1.403			Leadership assoluta negli USA e in Giappone, a pari merito con la Germania nella CEE. Secondo posto per export dopo la Germania. Quarto posto per produzione dopo Giappone, Germania e USA
Macchine per plastica e gomma	3.300	1.696	500	51,39	1.196			Secondo posto dopo la Germania e a pari merito con il Giappone
Macchine per il vetro	630	290	55	64,03	235			
Macchine per l'industria edile	960	250	n.d.	25,51	n.d.	17,20	38 15	Leadership nella macchine per il marmo
Impianti di sollevamento e trasporto	1.620	360	n.d	22,22	n.d.			
Carrelli industriali	404	159	n.d.	39,36	n.d.			
Macchine per la lavorazione del legno	1.874	1.250	182	66,70	1.068			
Macchine grafiche e cartarie	1.680	1.002	988	59,64	14	16,79	58 42	
Macchine per concerie (produzione)	320	220	n.d.	68,75	n.d.			
Macchine per calzature e pelletteria	785	415	20	52,87	395			Leadership 80% delle esportazioni mondiali
Macchine per piastrelle	2.100	1.260	n.d	60,00	n.d.	n.d.	n.d.	Leadership assoluta. Non esistono competitori esteri nelle piastrelle, c'è qualcosa in Germania e UK nel sanitari e stoviglie, e in Giappone per i ceramici avanzati.

FONTE: Centro Studi Confindustria per i dati su fatturato, esportazioni e importazioni, anni 1991 - elaborazioni su dati EUROSTAT per la quota di produzione nella CEE, anno 1989 - fonti varie (SOLE 24 Ore, relazioni delle associazioni di categoria) per la posizione competitiva

NOTA: I dati EUROSTAT si riferiscono alle sole imprese con più di 20 addetti. Questo può causare una sottostima della quota di produzione italiana, caratterizzata da una struttura produttiva di piccole imprese. Purtroppo le discrepanze principali rispetto ai dati forniti dalle Associazioni di categoria riguardano proprio i settori di maggiore specializzazione italiana: le macchine per il tessile e gli insiemi delle macchine per alimentari, plastica e chimica, e delle macchine per grafica, carta, pelle e calzature.

3. Ripercussioni sui lavoro delle tecnologie di supporto alla produzione

I processi di aggiustamento dei sistemi industriali hanno prodotto ed ancor più produrranno conseguenze rilevanti sui livelli e sulla struttura dell'occupazione. Molti commentatori sono oramai concordi nell'affermare che i nuovi sistemi produttivi non si sono limitati ad incrementare la produttività del lavoro ma hanno comportato innanzi tutto un radicale cambiamento del contenuto quantitativo e qualitativo delle diverse professionalità. L'estrema pervasività ed il sempre più vasto impiego di tali procedure hanno, comunque, indotto a focalizzare l'attenzione soprattutto sull'effetto di sostituzione del lavoro umano, inteso quale applicazione ripetitiva di energia fisica o psichica, con i sistemi automatici e flessibili.

Nei confronti dell'occupazione la diffusione dell'automazione industriale determina, sinteticamente, una situazione che può essere definita critica fondamentalmente per almeno tre motivi:

- in primo luogo, perché la tradizionale teoria economica tende a rappresentare il rapporto tra automazione e lavoro in una prospettiva conflittuale.
- In secondo luogo, perché la stessa pratica manageriale ha spesso affrontato questo tema con un atteggiamento riduttivo di tipo labour saving più vicino alla teoria tradizionale che alla realtà dei problemi.
- Infine perché, in contrasto con gli atteggiamenti di cui sopra, il fattore lavoro appare come un elemento determinante per il successo dell'automazione.

3.1. Automazione industriale e occupazione

Quando furono adottati i primi sistemi di automazione integrata e flessibile, alcuni studi stimarono che l'introduzione di un robot nell'industria automobilistica avrebbe fatto scomparire mediamente tre posti di lavoro, ad esempio tre verniciatori. Tuttavia, a fronte di questo effetto che è l'effetto lordo, si sarebbe registrato l'aumento di un posto di la-

voro, ad esempio per l'alimentazione, per l'assistenza, per l'attrezzaggio della macchina e un altro posto di lavoro per la costruzione del robot stesso. Di conseguenza, l'effetto netto sarebbe stato tre meno due.

Addirittura i valori più ricorrenti esibiti in alcune esperienze internazionali più famose indicavano valori ancor più pessimistici con rapporti equivalenti di 5 a 1, vale a dire che l'impatto occupazionale delle nuove tecnologie sui sistemi produttivi determina uno "spiazzamento" di dipendenti pari all'80% del totale originario.

Tuttavia occorre precisare che in questi casi ci si riferisce normalmente alle valutazioni effettuate dai costruttori dei macchinari per cui per effetto di spiazzamento si intende il livello di forza lavoro che può essere resa esuberante dall'impiego di automazione integrata e non quella realmente espulsa dalle imprese.

Infatti, la verifica a posteriori dei risultati conseguiti da molte aziende ha evidenziato che risulta estremamente riduttivo enfatizzare il rapporto diretto di causa-effetto tra innovazioni produttive ed occupazione. A riprova di ciò, in una indagine sulla diffusione delle tecnologie computer based nell'industria metalmeccanica statunitense fu posto in evidenza che tra le imprese cresciute in termini occupazionali durante gli anni Ottanta, quelle adottatrici delle nuove tecnologie di produzione costituivano la quota assolutamente maggioritaria.

Anche in Italia, in una ricerca effettuata dalla Fondazione IBM, è emerso che in alcune imprese osservate il numero degli addetti coinvolti nelle fasi in cui è stata introdotta l'automazione è complessivamente cresciuto rispetto alla situazione precedente. Il motivo principale di questo risultato diverso dalle altre ricerche è dovuto al fatto che sono state analizzate anche le modalità di impiego dell'automazione flessibile.

Si evidenzia così una possibile divergenza tra i saldi occupazionali osservabili a livello micro, e quelli osservabili a livello macro. A livello micro la nuova tecnologia mantiene o fa crescere l'occupazione, in quanto la sua maggiore produttività le permette di accrescere il suo ruolo produttivo. Ciò può avvenire a scapito di altre funzioni aziendali, di altri produttori e, molto probabilmente, a scapito dei concorrenti, che pagano il vero prezzo occupazionale della nuova tecnologia e della sua accresciuta produttività. Le osservazioni mutano in parte se per livello

macro ci si riferisce ad un unico sistema economico nazionale. Nell'attuale contesto economico, nel quale la globalizzazione dei mercati tende a ridurre le distanze tra le diverse imprese, le eventuali compensazioni occupazionali possono avvenire addirittura tra imprese di nazioni diverse generando un incremento della disoccupazione in quei paesi che hanno in misura minore favorito l'adozione di sistemi di produzione flessibile.

I nuovi processi tecnologici forniscono alle imprese una maggiore capacità di controllo delle variabili esterne che può tradursi in un incremento delle quote di mercato o nella possibilità di accedere a nuovi settori merceologici. L'insieme di queste opportunità si traduce spesso in un incremento delle attività lavorative, e quindi in un incrementato utilizzo del fattore lavoro.

Va quindi sottolineato che, in questa prospettiva, l'estensione dell'automazione di fabbrica, e la sua integrazione con il resto della gestione mediante l'informatica, non appare provocata da una finalità *labour saving* o, più genericamente, *cost saving*; l'obiettivo non è tanto la riduzione dei costi, quanto la disponibilità di uno strumento produttivo maggiormente idoneo alle nuove forme del confronto competitivo. Ne discendono conseguenze di grandissima portata per il futuro delle fabbriche. Quanto più un sistema flessibile è ricco di sofisticate innovazioni tanto più risulta problematico il suo inserimento e la sua introduzione nella struttura produttiva. Diviene, quindi, più conveniente destinare un numero maggiore di addetti al controllo e manutenzione dei nuovi macchinari piuttosto che subire frequenti e costosissime interruzioni del processo produttivo.

3.2. Automazione industriale e organizzazione del lavoro

Si è detto precedentemente che in questi casi il risultato occupazionale, inteso quale effetto diretto, non può ritenersi estrinsecamente collegato all'impiego dei nuovi sistemi produttivi, bensì esso assume per le imprese una più corretta configurazione quale risultante dell'insieme delle strategie che l'attuale modalità di automazione della produzione permette di effettuare.

Allo stato attuale in Italia i nuovi concetti produttivi più universalmente noti sono la qualità totale e il *just in time*. La qualità totale è un concetto di cui si discute molto, ma la cui realizzazione si riduce spesso, per vari motivi, a quanto è necessario per ottenere la certificazione secondo la normativa Iso 9000-9004 (la normativa internazionale sugli standard tecnici di qualità dei prodotti). Anche la produzione *just in time* è una tematica molto discussa, ma ancora scarsamente applicata.

Questi due concetti sono a loro volta parte integrante di due nuovi concetti complessi: "Produzione snella" (lean production) e "sistemi di produzione antropocentrica" (Anthropocentric production systems o Aps). La loro applicazione porterà a un vero salto qualitativo nella produzione industriale.

Il concetto di produzione snella è il risultato di una ricerca del Massachusetts Institute of Technology (Mit) sulla produzione automobilistica a livello mondiale. I ricercatori hanno tentato di identificare i principi che sono alla base di una produzione automobilistica di successo, sviluppando un modello di produzione che non richiede caratteristiche e mentalità culturali specifiche e che può essere realizzato in ogni parte del mondo.

La produzione snella presenta due principali caratteristiche di organizzazione:

1) attribuzione di compiti e responsabilità ai lavoratori che nella produzione aggiungono direttamente "valore" al prodotto, quindi appiattimento delle gerarchie e riduzione delle funzioni di servizio;
2) identificazione e prevenzione sistematica degli errori, in modo da risalire velocemente alla causa ultima, e definire un nuovo standard che eviti la ripetizione dello stesso errore (controllo preventivo della qualità).

Il vantaggio competitivo di questo tipo di produzione si traduce in una più ampia gamma di prodotti e in un più rapido cambiamento dei modelli per adattarsi velocemente al variare dei gusti dei clienti.

Nella produzione snella vengono garantiti flussi di informazione orizzontali tra ricerca tecnologica, sviluppo di prodotto, subfornitura. Inoltre viene coordinato lo sviluppo di nuovi prodotti nelle diverse sedi, in modo da evitare doppioni e creare prodotti che possano essere anche utilizzati come prodotti "di nicchia" per altri mercati.

Punto di riferimento fondamentale per la produzione snella è il cliente: bisogna capire le sue preferenze e i suoi bisogni, con una continua rilevazione da parte dei venditori (il venditore come "sensore"). Questo consente da un lato un risparmio sulle ricerche di mercato, dall'altro fornisce indicazioni precise alla progettazione e alla produzione. La produzione avviene su ordinazione del cliente e just in time.

Il concetto di produzione antropocentrica intende la fabbrica come organizzazione di apprendimento (learning organization). Bisogna mobilitare conoscenze e capacità delle persone e dell'organizzazione, in modo da garantire la motivazione, la partecipazione e la collaborazione di tutti i dipendenti. Nel programma Fast (Forecasting and assessment in science technology), sotto il capitolo "Modernizzare l'industria europea", la Comunità economica europea studia le caratteristiche e pubblica i rapporti di ricerca sui sistemi di produzione antropocentrica.

Elementi della produzione antropocentrica sono:

1) l'unità tra progettazione, organizzazione ed esecuzione del lavoro;
2) la decentralizzazione dei processi decisionali;
3) l'appiattimento delle gerarchie;
4) la collaborazione tra tecnici/ingegneri e operai;
5) l'acquisizione di competenze attraverso la formazione sul lavoro, per migliorare la progettazione e l'organizzazione;
6) la collaborazione tra ricerca e sviluppo, progettazione e produzione.

Elemento centrale della produzione antropocentrica è l'adattamento della tecnologia all'uomo e non viceversa: la tecnologia (flessibile) è al servizio dei lavoratori e dell'organizzazione. Questo comporta una riprogettazione della fabbrica come sistema olistico, che prevede strutture partecipative.

Se da un lato la produzione snella richiede soprattutto capacità di autonomia e responsabilità (competenze tecniche di controllo della qualità e di identificazione e prevenzione degli errori; capacità di lavorare in gruppi interdisciplinari, e quindi di comunicare sui problemi concreti del lavoro), dall'altro lato la produzione antropocentrica pone l'accento soprattutto sulla capacità di apprendimento e richiede capacità di colla-

borare tra diversi livelli gerarchici e funzioni aziendali, di progettare (e non solo di eseguire), di utilizzare le tecnologie in modo flessibile, di organizzare il proprio lavoro e prendere decisioni.

3.3. Automazione industriale e profili professionali

Una delle principali conseguenze sull'organizzazione del lavoro dovute all'impiego delle nuove modalità di automazione è lo spostamento di risorse umane, all'interno dell'impresa, dalla produzione materiale (prodotti finiti) a quella immateriale (gestione delle informazioni). Malgrado il persistere di mansioni ancora non professionalizzate e caratterizzate da fatica, stress e monotonia, o da mestieri basati su una solida esperienza individuale, viene sempre più richiesto un particolare profilo professionale in grado di gestire compiti carichi di maggior variabilità.

Il contributo degli uomini si estrinseca, infatti, sempre più in funzioni di controllo ed, eventualmente, di manutenzione e reintegro, e sempre meno in operazioni predefinite. L'uso di macchine complesse e informatizzate implica un'attitudine indirizzata maggiormente verso il "saper come far fare" piuttosto che verso il "saper fare"; proprio perché quest'ultima modalità è stata inglobata nei nuovi beni industriali. Il lavoratore compie un ruolo di intervento diretto solamente in casi eccezionali. A lui spetta il trattamento, la manipolazione e l'interpretazione delle informazioni per la predisposizione delle macchine.

Si crea in tal senso una tassativa demarcazione nell'ambito dei lavoratori. In particolare si assiste ad un cambiamento delle qualificazioni richieste dai nuovi sistemi produttivi che non si conforma nel suo complesso alle supposizioni teoriche ipotizzate per l'insieme delle tecnologie informatiche.

Nell'automazione flessibile il trasferimento dalle lavorazioni materiali a quelle immateriali agisce maggiormente all'interno delle posizioni occupazionali qualificate rispetto a quelle non qualificate.

L'insieme dei contributi tecnici delle operazioni svolte, un tempo ricco patrimonio individuale, può addirittura sfuggire al lavoratore di-

retto. Quello che gli viene richiesto è la completa conoscenza del controllo del processo e la capacità di gestire le varianze eventuali, che non hanno più valenza esclusivamente meccanica ma assumono connotazioni sempre più elettroniche. La convergenza di questi due procedimenti tecnologici ha dato origine ad un termine apposito: meccatronico, nel cui contesto i nuovi impieghi assumono la denominazione di conduttori e manutentori.

Il progettista deve allargare le proprie competenze alle tecniche e metodologie consentite dal CAD e richieste dalla progettazione in funzione del processo produttivo; i responsabili della gestione della produzione devono essere in grado di interpretare e analizzare i dati provenienti dalla produzione e trarne le dovute valutazioni. Tanto più risulta diffusa la possibilità di apprendere tali conoscenze, tanto meno drammatici diventano i problemi di riconversione e "rieducazione" dei lavoratori.

3.4. Automazione industriale e nuovi fabbisogni formativi

Per compiere tale salto è necessario però un forte impegno del sistema formativo. Il sistema formativo deve conoscere e analizzare i cambiamenti che avvengono nel sistema produttivo, e quindi tradurre tale conoscenza in un miglioramento continuo della formazione, fino ad anticipare i futuri sviluppi delle professionalità.

In particolare la formazione deve acquisire le competenze per analizzare i fabbisogni formativi, attuali e di prospettiva. Per la formazione professionale iniziale questo significa fornire ampie competenze tecniche di base e metodologiche (metodi di lavoro, metodi di analisi e diagnosi, *problem solving*, metodi di apprendimento), e le competenze sociali fondamentali per l'attività produttiva (capacità di comunicare, di collaborare in un gruppo, e così via). Per la formazione professionale continua significa fornire competenze tecnologiche trasversali (strumenti informatici, di misura e di controllo), garantire l'aggiornamento tecnologico, sviluppare le competenze strategiche per identificare, analizzare e prevenire gli errori.

Sia la produzione snella sia la produzione antropocentrica preve-

dono, per esempio, la riduzione dei servizi alla produzione, che vengono integrati nei compiti dei lavoratori direttamente produttivi.

Alla base di queste capacità stanno alcune competenze chiave: autonomia, capacità di apprendere, capacità di cooperare, creatività (operativa).

Una ricerca condotta tra il 1989 e il 1991 dall'Iab (Institut fur Arbeitsmarkt und Berufsforschung: Istituto per la ricerca sul mercato del lavoro e professioni), emanazione del Ministero Federale tedesco del Lavoro, ha identificato, attraverso interviste con esperti aziendali di 20 mila imprese, i profili professionali delle 88 professioni più importanti, le relative caratteristiche e capacità e le conoscenze e abilità professionali.

Analizzando i risultati emersi riguardo alle professioni più significative dell'industria meccanica ed elettronica, si può notare che alcune competenze diventano centrali, altre invece perdono significato.

Le caratteristiche emergenti sono soprattutto la capacità di lavorare in gruppo, la flessibilità/adattamento ai diversi compiti di lavoro, la capacità di pensare in modo sistemico, la costanza nella ricerca degli errori. Le caratteristiche che perdono centralità sono la capacità di espressione verbale e la forza fisica.

Le abilità professionali emergenti sono la conoscenza dell'elettronica e della tecnologia dei microprocessori e computer, la capacità di utilizzare macchine utensili a controllo numerico e di riparare macchine e impianti (con analisi delle cause dei guasti), la conoscenza delle tecniche di controllo e regolazione del processo, la capacità di controllo dei risultati del lavoro/controllo della qualità, la conoscenza delle norme e dei comportamenti per la sicurezza sul lavoro.

Perdono centralità invece lo studio dei tempi e metodi e dell'organizzazione del lavoro, la consulenza e il dialogo diretto con i clienti, la creazione di disegni tecnici tramite computer (Cad).

Una prima risposta ai nuovi fabbisogni dell'industria viene data in Germania dalle nuove professioni meccaniche, che prevedono un primo anno di formazione comune (qualificazione di base orizzontale) e una successiva specializzazione tecnologica. In Francia, il progetto Nouvelles qualifications, rappresenta un modello di formazione contrattata tra le parti da effettuare direttamente in azienda.

Capacità professionali maggiormente richieste

	Percentuale imprese che le ritengono necessarie
1) Conoscenze generali delle procedure di sicurezza	95%
2) Conoscenza specifica delle operazioni di macchina	89%
3) Nozioni generali sui progressi tecnologici nell'area produttiva	82%
4) Programmazione computer	74%
5) Manutenzione e ricerca difetti	74%
6) Sviluppo di nozioni sull'intero processo produttivo, sufficienti per collaborare con gli altri collaboratori appartenenti a settori differenti ed a livelli diversi	69%
7) Soluzione dei problemi	69%
8) Relazioni umane	53%
9) Conoscenza dei concetti di base di ingegneria	52%
10) Nozioni di cultura generale	44%
11) Nozioni di base delle scienze fisiche	34%

Fonte: Majchrazak

Riassunto dei cambiamenti professionali resi necessari dall'introduzioue di automazione flessibile

Occupazioni	Capacità professioni				
	Percettive	Concettuali	Abilità manuale	Discrezionalità	Relazioni Umane
Operatori alle macchine	Maggiore bisogno di capacità di osserva-ne	maggiori necessità di capacità diagnositche	Necessità minori	Dipende dagli incari-chi	Maggiore necessità di comunicazione e di coordinamento
Manutentori e riparatori	Dipende dagli incarichi	Maggiore bisogno di nozioni di meccanica, elettricità, eletronica e capacità diagnostiche	Necessità minori	Maggiori esigenze di assunzione rischi e predisposizione all'apprendimento	Maggiore necessità di comunicazione e di coordinamento
Ingegneria e analisi	Rimane uguale	Maggiore bisogno di nozioni sulla proget-tazione dei sistemi produttivo ed informativo	Rimane uguale	Dipende dagli incari-chi	Maggiore necessità di saper risolvere i pro-blemi di gruppo
Programmatori delle macchine NC	Lettura dei disegni di ingegneria	Nozioni sugli utensili ed attrezzi, Capacità matematiche e visua-lizzazione tridimen-sionale	Necessità minori	Dipende dagli incari-chi	Maggiore necessità di di coordinamento con gli operatori alle macchine

Fonte: Majchrzak

4. Alcune note conclusive in tema di politica per l'innovazione

Dalle considerazioni fatte nei capitoli precedenti appare evidente che l'automazione industriale nelle sue varie componenti tecnologiche rappresenta un fattore importantissimo per mantenere la competitività di un sistema produttivo come quello italiano che si basa largamente su attività di trasformazione in settori tradizionali o specializzati. Superate in larga parte le obiezioni di stampo luddistico degli anni '70 anche le preoccupazioni di perdita occupazionale secca derivante dall'introduzione di varie forme di automazione sono state in larga parte superate dall'esperienza del decennio scorso. Il dibattito si è quindi spostato dalle singole realtà industriali al problema più generale di tenuta del sistema produttivo italiano in un contesto internazionale in cui accanto alla tradizionale concorrenza dei paesi industrializzati si è aggiunta quella dei paesi emergenti.

In questo quadro il mantenimento di una base produttiva tecnologicamente allineata ai migliori concorrenti, se non all'avanguardia, rappresenta per il nostro paese un obiettivo di primaria importanza. Gli strumenti a disposizione sono tuttavia al momento attuale assai scarsi sia per l'obsolescenza degli strumenti di politica industriale, sia per la debolezza del sistema italiano della ricerca.

Su questo secondo aspetto l'indagine ha permesso di evidenziare da parte pubblica un sostanziale ritardo nell'avviare programmi organici di ricerca sui temi di maggiore interesse e l'incapacità di selezionare i progetti di reale importanza per le imprese. Appare infatti evidente per il nostro paese l'impossibilità soprattutto finanziaria di sostenere iniziative a 360 gradi e la necessità quindi di operare scelte mirate a sostenere lo sviluppo del sistema produttivo.

D'altro canto la politica industriale italiana è rimasta ancorata ai tradizionali strumenti di incentivazione alla innovazione interna alle imprese (L. 46) e all'adozione di macchine ed impianti di concezione avanzata. Al contrario in altri paesi europei da tempo sono state avviate iniziative di trasferimento tecnologico con la nascita di strutture specializzate per tecnologia o per settore applicativo. Si ricordano in questo campo i Critt francesi e varie iniziative locali in altri paesi europei. In qualche caso, come in Gran Bretagna, vi sono strutture centralizzate a

ciò proposte (British Technology Group), mentre quasi ovunque è stato affrontato il problema dell'affidamento agli organismi di ricerca anche di funzioni di trasferimento tecnologico.

Il ritardo italiano nell'affrontare questo riorientamento delle politiche industriali e scientifiche non può che essere penalizzante in particolare per il sistema delle piccole e medie imprese che non possono autonomamente far fronte alla crescente competizione tecnologica. Appare quindi urgente un intervento incisivo volto a delineare anche per l'Italia una politica per l'innovazione allineata agli standard europei e adeguata alle esigenze del tessuto industriale nazionale.

CAPITOLO III

LE TECNOLOGIE PER SISTEMI A LARGA DIFFUSIONE

Introduzione

In questo secondo rapporto sono analizzate alcune delle più importanti tecnologie per i sistemi a larga diffusione. Esse sono state raggruppate in tre aree:

- comunicazioni
- trasporti
- energia

Si tratta di tecnologie molto diverse fra di loro, ma accomunate dal fatto che la loro applicazione si rivolge ad ambiti assai ampi costituiti non solo da singoli settori economici, ma aperti a tutta la società. Queste tecnologie (ad eccezione dei trasporti su strada) si concretizzano non solo in beni, ma quasi sempre in servizi che spesso assumono caratteristiche di "servizio pubblico".

L'evoluzione tecnologica ha però portato col tempo ad un allargamento dei servizi offerti la cui efficienza peraltro è diventata sempre più fondamentale per la competizione fra i sistemi-paesi. Questo da un lato ha rafforzato il carattere "strategico" di molti servizi, ma dall'altro ha posto in crisi lo stato di "monopolio naturale" attribuito in passato a molti di questi servizi sia per la suddetta strategicità, sia perché si riteneva che non si potesse garantire l'efficacia e l'efficienza senza la guida di un operatore pubblico (capace di garantire l'accesso al servizio a tutti gli utenti alla stessa tariffa) ed unico (posto così nella situazione di poter evitare sprechi e duplicazioni e di generare economie di scala).

Perseguendo questa strada in passato si è così cercato di creare i c.d. "Campioni Nazionali" con politiche industriali che garantivano forti legami tra imprese e governi ed attraverso il sostegno pubblico a buona parte dell'attività di ricerca.

Questa scelta in Europa (che pur ha avuto esiti diversi per i singoli paesi) si è andata via via scontrando con l'insufficiente dimensione dei mercati nazionali e con l'affievolirsi delle ragioni che sottostavano alle interpretazioni teoriche favorevoli a strutture di tipo monopolistico.

Tra queste ragioni si possono citare:

- uno spostamento progressivo e continuo di importanza a favore degli elementi soft rispetto a quelli hard (ad esempio la rete infrastrutturale);
- la creazione di standard internazionali che facilitano l'interconnettività tra i diversi sistemi e che rendono obsoleto il vecchio mercato domestico;
- i vantaggi delle economie di scala del monopolista sono spesso annullati dalla minor efficienza derivante dall'assenza di stimoli concorrenziali;
- il monopolista ha un forte interesse ad ammortizzare l'investimento effettuato e quindi talvolta funziona da freno nell'adozione di tecnologie nuove.

Il risultato di questo processo evolutivo si è concretizzato in tutto il mondo occidentale nell'attivazione di politiche di deregulation particolarmente ampie in certi paesi (Gran Bretagna) e in certi settori (trasporti aerei negli USA), tanto da suscitare forti reazioni.

L'orientamento attuale sembra ben rappresentato dalle tele-comunicazioni in cui si assiste alla tendenza a mantenere i monopoli sulle reti e su alcuni servizi di base ritenuti beni pubblici universali (telefono tradizionale, primo apparecchio) ed a liberalizzare i servizi e gli apparati d'utente.

Ovviamente si tratta di un'indicazione generale che vede posizioni assai differenziate tra i diversi paesi, con Gran Bretagna, USA e Giappone più aperti ad introdurre forme concorrenziali. In realtà quest'ultima affermazione necessiterebbe di maggiori approfondimenti che però esulano dallo scopo principale di questo lavoro; in estrema sintesi si

può dire che il processo in atto non sembra tendere a far venir meno il ruolo dell'intervento pubblico, ma piuttosto a ridisegnarne le forme; non tanto quindi privatizzazione e deregolamentazione tout court, ma nuove forme di regolamentazione.

1. Comunicazioni

1.1. Comunicazioni via satellite

Descrizione della tecnologia

Da tempo i satelliti sono utilizzati per le comunicazioni telefoniche continentali ed intercontinentali per la possibilità di ovviare ai limiti connessi con le trasmissioni via cavo. Nel campo dei sistemi dedicati alla voce l'innovazione più importante è ora rappresentata dal sistema Iridium brevettato dalla Motorola e dai sistemi analoghi studiati da altre società americane come TRW, Loral, Hughes e in Europa dall'Agenzia Spaziale Europea. Il sistema Iridium costituito da 66 satelliti ruotanti in orbite polari, funziona attraverso celle fisse basate a terra che sono di volta in volta illuminate dai satelliti di passaggio che trasmettono le informazioni a quelli vicini e da questi alla cella a terra desiderata. Il sistema consente a qualsiasi utente sia mobile, sia collegato alla rete tradizionale, di mettersi in contatto con altri utenti in qualsiasi parte del mondo. Date queste caratteristiche di copertura globale sistemi di questo tipo richiedono un numero elevato di satelliti e sono quindi costosi.

La soluzione sembra rappresentata dalla realizzazione di una nuova generazione di satelliti leggeri di peso compreso tra i 10 e i 500 kg. Per molti versi si tratta di un'evoluzione simile a quella registrata dall'informatica con il passaggio dai mainframes ai personal computers: i nuovi satelliti offrono infatti le stesse prestazioni dei grandi satelliti di dieci anni fa ad un costo inferiore e con possibilità di produzione in serie.

Da un punto di vista operativo i nuovi satelliti leggeri possono operare autonomamente (come quelli militari con funzione anti-missile) o in rete in maniera coordinata (come ad esempio la rete di comunicazione progettata da Motorola). In questo secondo modo è possibile di-

stribuire costi e rischi su una pluralità di satelliti operanti su orbite a limitata distanza dalla terra con innegabili vantaggi per gli utilizzatori.

È quindi prevedibile il passaggio da una produzione quasi artigianale di pochi satelliti fortemente personalizzati ad una produzione industriale di serie in cui la personalizzazione è lasciata essenzialmente ad alcuni moduli software. Di conseguenza a fronte di una quota di mercato attualmente trascurabile le previsioni indicano per il prossimo futuro un crescente utilizzo di questi satelliti sia per scopi militari, sia per il mercato civile.

Nel primo caso il solo programma Brilliant Pebbles all'interno di SDI prevede la costruzione negli USA di alcune centinaia di unità sia per la difesa anti-missile, sia per l'osservazione. In campo civile oltre ad applicazioni derivate da quelle militari come il monitoraggio ambientale o i test scientifici, il mercato più ampio è rappresentato dalle comunicazioni telefoniche cellulari. Le basse quote delle orbite di questi satelliti consentiranno infatti un allargamento delle utenze ed una diminuzione dell'affollamento nelle frequenze ora gestite dai satelliti in funzione. Questo sarà possibile soprattutto se vi sarà uno spostamento dalle frequenze UHF a quelle EHF. Le potenzialità di questo mercato sono tali che la sola Motorola ha pianificato un investimento in R&S di 2,3 miliardi di dollari.

Collegato a questo mercato vi è il controllo dei trasporti e il collegamento in ogni parte del mondo con autocarri e navi. Nonostante le difficoltà incontrate finora (fallimento di Globestar e mancato decollo di Locstar), le dimensioni di questo mercato sono tali (alcuni miliardi di dollari a livello mondiale) da attirare una pluralità di nuovi entranti. In Europa è attualmente operativo il sistema EUTELTRAC basato sui satelliti europei EUTELSAT.

Nel campo della trasmissione dati l'evoluzione tecnologica è più contenuta e indirizzata sostanzialmente al miglioramento delle stazioni a terra con aumento della capacità di traffico a costi contenuti e dimensioni limitate (Veri Small Aperture Terminal - VSAT). Il mercato americano si è mostrato molto ricettivo nei confronti dei nuovi servizi offerti (decine di migliaia di stazioni già operanti), mentre in Europa i differenti sistemi nazionali di regolamentazione hanno sostanzialmente bloccato questa evoluzione.

Per quanto riguarda i servizi di broadcasting il satellite resta l'unico mezzo in grado di rispondere ad esigenze non programmabili e su larga scala geografica. Inoltre consente di effettuare collegamenti diretti con piccole stazioni mobili di tipo VSAT, senza contare altri servizi come business tv o lo scambio di immagini a fini scientifici.

Stato della ricerca internazionale

A livello internazionale la ricerca è guidata dagli Stati Uniti con fondi prevalentemente militari (DARPA e SDI) e, in minor misura, forniti dalla NASA. I programmi più importanti sono Lightsat, finanziato dalla DARPA e in fase di conclusione, e il contestato Brilliant Pebbles finanziato a partire dal 1989 dalla Strategic Defense Initiative Organization. In questi programmi e in altri minori sono coinvolte sia grandi imprese del settore aerospaziale (General Dynamics, Rockwell, TRW) e delle telecomunicazioni (Motorola), sia numerosi centri di ricerca (Mit, Los Alamos Laboratory, Lawrence Livermore National Laboratory, California Institute of Technology) e società minori specializzate nella componentistica.

In Europa l'Agenzia Spaziale (ESA) ha varato un programma telecomunicazioni che prevede il lancio di due satelliti (Artemis nel 1996 e DRSl nel 1999) che costituiranno il primo sistema satellitare europeo per la trasmissione di dati. Artemis sarà usato anche per le comunicazioni con mezzi mobili.

In Gran Bretagna nell'area VSAT è particolarmente attiva la British Aerospace sia come fornitore di apparati che di servizi. Nel campo dei satelliti leggeri sono invece attive alcune società tra cui Smiths Associates che sta sviluppando un nano-satellite del peso di 1 Kg per scopi militari e Surrey Satellite Technology nata all'interno dell'Università del Surrey per sviluppare i risultati della ricerca condotta per il programma Uosat.

In Francia la società più impegnata in quest'area è Matra Marconi Space che sta sviluppando un satellite leggero, ma che è presente in quasi tutte le tecnologie.

Stato della ricerca in Italia

La ricerca spaziale italiana ha connotazioni eminentemente applicative e a causa della limitatezza dei fondi disponibili opera generalmente su un orizzonte temporale di breve-medio termine.

Nell'area delle reti VSAT l'Italia è per numero di antenne (700) al primo posto in Europa insieme alla Germania. Il servizio è gestito da Sip e Telespazio mentre i terminali sono prodotti da Alenia Spazio e Teleinformatica Sistemi, a partire da tecnologie americane (rispettivamente Hughes e STM).

Nel campo dei piccoli satelliti sono attive: FIAR (gruppo Finmeccanica), Alenia Spazio e FIAT Spazio. Inoltre sulla falsariga di quanto avvenuto in altri paesi anche in Italia sono nate piccole imprese che mirano a coprire il mercato dei microsatelliti fino a 150 kg soprattutto per scopi scientifici.

L'ASI ha finanziato all'interno del Piano quinquennale la realizzazione di due micro-satelliti. L'Italia copre inoltre il 45% della spesa del programma DRS dell'ESA.

Telespazio ha avviato il programma TEMISAT destinato alla creazione di una rete autonoma di monitoraggio ambientale basata su micro-satelliti realizzati dalla Kaysen (Italia e Germania). Il primo di essi è stato lanciato il 31 agosto 1993 da una base russa.

Per quanto riguarda i satelliti tradizionali l'Italia conduce un programma pluriennale di ricerche utilizzando i satelliti Olympus (dell'ESA) e ITALSAT.

Quest'ultimo, benché lanciato nel 1991 rappresenta ancora oggi, anche dopo il recente lancio del satellite americano ACTS, un punto di riferimento mondiale per i sistemi innovativi di telecomunicazioni punto a punto.

Nell'area scientifica infine l'Italia ha avuto un notevole successo internazionale con il programma Tethered.

1.2. Trasmissione di immagini ad alta definizione

Descrizione della tecnologia

La spinta verso un miglioramento della qualità delle immagini è alla base dei progetti relativi alla tv ad alta definizione (HDTV) le cui applicazioni non sono rivolte unicamente al mercato domestico, ma anche ad una varietà di usi professionali. Da un punto di vista tecnologico questo comporta innovazioni consistenti che vanno al di là dell'appa-

recchio televisore per coinvolgere l'intero sistema suddivisibile in alcune aree principali:

- visione ad alta definizione (video-camere, scanner, sintetizzatori di immagini)
- trattamento digitale del segnale in tempo reale (convertitori analogico/digitali, processori digitali, tecniche di compressione, memorie a semiconduttore)
- trasmissione dati ad alta velocità (reti in fibre ottiche, satelliti)
- supporti di memoria ad alta densità (sistemi magnetici ed ottici)
- display ad alta risoluzione (schermi piatti a cristalli liquidi da 60 pollici con 1250 linee di risoluzione).

Si tratta nel complesso di apparati la cui realizzazione comporta una convergenza di tecnologie specifiche di visione con quelle più prettamente informatiche ed elettroniche.

Stato della ricerca internazionale

In Europa e Giappone i programmi relativi alla HDTV sono partiti negli anni '70 ed hanno avuto come protagonisti i grandi gruppi dell'elettronica di consumo (Philips e Thomson in Europa, Sony, Matsushita, Mitsubishi in Giappone). L'interesse pubblico si è concretizzato nella concessione di fondi (in Europa attraverso Eureka) e nella scelta dei rispettivi standard a sostegno delle industrie nazionali: Musu in Giappone e D2 Mac (transitorio) e HD Mac (definitivo) in Europa.

Alla fine degli anni '80 quando in Giappone erano iniziate le trasmissioni in alta definizione e in Europa erano ormai disponibili i nuovi schermi e le Tv nazionali avevano già fatto trasmissioni sperimentali e vari organismi offrivano trasmissioni in Mac via satellite, ci si è accorti che il mercato era assai poco ricettivo: le vendite di antenne paraboliche (più gli altri apparati) sono state in Europa molto limitate e per di più concentrate. La Germania con 6,2 milioni di antenne e la Gran Bretagna con 2,3 , rappresentano la quasi totalità del parco antenne installato in Europa (11 milioni).

Accanto alla debole domanda di mercato si sono evidenziati vari interrogativi sulla scelta tecnica ottimale soprattutto in considerazione del fatto che gli Stati Uniti, partiti in ritardo con la HDTV, sono arrivati

a proporre la televisione digitale interattiva che rappresenta un salto tecnologico rispetto alla HDTV analogica. Le prime trasmissioni sono programmate per il 1996 anche se da varie parti è dato per scontato un certo ritardo. Già oggi è disponibile negli USA la tecnica ADSL (Asymetrical Digital Suscriber Line) che permette di trasmettere su una linea telefonica normale oltre al segnale telefonico, un segnale videonumerico di qualità VHS. Nel prossimo futuro con la diffusione delle reti in fibre ottiche e delle tecniche ATM queste prestazioni saranno migliorate enormemente. Inoltre nel 1994 Hughes inizierà con Direct TV a diffondere via satellite in tecnica numerica, 150 canali ricevibili dai televisori con normali decodificatori.

Nel frattempo le imprese europee hanno continuato le ricerche in direzione di un miglioramento delle trasmissioni via cavo (PAL Plus) proprio in considerazione della situazione europea fortemente caratterizzata dalla disponibilità di linee cablate.

La CEE in questa situazione di incertezza ha comunque deciso di finanziare la diffusione di programmi adatti a schermi di formato 16:9 per un importo di 228 milioni di Ecu nel periodo 1993-97.

Stato della ricerca in Italia

La partecipazione italiana al progetto europeo HDTV è stata relativamente modesta e ha riguardato il Centro Ricerche RAI e la Seleco. Per contro l'interesse sembra più forte per la W-HDTS che è oggetto del progetto HD-SAT all'interno di RACE che vede la partecipazione di RAI, Alenia Spazio e Telettra. Per quanto riguarda la TV digitale, lo CSELT coordina il progetto VADIS all'interno di EUREKA cui partecipano anche: Centro Ricerche RAI, Italtel e Philips. Obiettivo di questo progetto è lo sviluppo di apparati di codifica e decodifica audiovisiva secondo lo standard MPEG-2.

In Italia le prime trasmissioni in alta definizione sono avvenute durante i mondiali di calcio del 1990 utilizzando il satellite Olympus. Attualmente è in fase di realizzazione un satellite completamente italiano, SARIT, di cui è capocommessa Alenia Spazio. Il lancio è previsto per il 1994.

1.3. Reti di comunicazione

Descrizione della tecnologia

Le strutture avanzate di telecomunicazione sono rappresentate essenzialmente dalle reti ISDN (Integrated Services Digital Network) che sono in fase di implementazione in vari paesi. Stanno però acquisendo un'importanza sempre maggiore sia le cosiddette reti intelligenti, sia le reti ad alta velocità basate su tecnologie a fibre ottiche. Queste ultime trovano un vasto campo di applicazione che va dal calcolo scientifico, al Cad, ai sistemi esperti, fino alle applicazioni multimediali.

Un altro campo di sviluppo è rappresentato dalle reti locali in fibra ottica, costituite sia dalle MAN (Metropolitan Area Network) a livello di area metropolitana, sia dalle LAN (Local Area Network) a livello di impresa o di stabilimento. Il consolidamento e la standardizzazione delle MAN dovrebbe portare al collegamento di LAN d'utente e costituire uno dei passi verso la realizzazione di reti ISDN in larga banda (B-ISDN) verso la fine degli anni '90.

Per quanto riguarda le reti trasmissive, si sono ormai affermati sistemi sincroni basati sugli standard SONET americano e sul suo derivato europeo SDH (Synchonous Digital Hierarchy). Per quanto riguarda le reti ATM si stanno presentando sul mercato i primi prodotti per le reti ottiche, certamente i tempi sono assai più remoti.

Si va poi sempre più diffondendo il principio di condivisione della rete d'accesso tra i servizi televisivi (o più genericamente di videoinformazione) e di telecomunicazioni (dalla semplice telefonia alla completa multimedialità).

Mentre la soluzione tendenziale resta unica (fibra all'utente), si sta assistendo al confronto di due approcci complementari: l'offerta di servizi telefonici su reti di TV via cavo e l'offerta di servizi televisivi da parte degli operatori telefonici.

Quest'ultima è in particolare resa possibile dalla realizzazione di nuove tecniche di compressione del segnale televisivo digitale (fino a 1,5 Mb/s con lo standard MPEG) e di nuove tecniche di trasmissione su rame (fino a 6 Mb/s su semplice doppino telefonico con la tecnica A-DSL) che permettono un'evoluzione graduale verso la fibra.

Stato della ricerca internazionale

Negli USA le reti ad alta velocità sono state largamente finanziate dal governo, in particolare il programma della National Science Foundation, che ha portato alla realizzazione di una rete a 45 Megabit al secondo. A partire dall'anno fiscale 1992/93 è operativo il programma High Performance Computing & Communications (HPCC).

Nel complesso le telecomunicazioni assorbono il 10% della spesa totale in ricerca degli Stati Uniti, con una forte quota (oltre un terzo) a carico del Pentagono. In campo civile la sola ATT investe in ricerca circa il 10% della spesa complessiva del paese con 26.000 persone impiegate nei Bell Laboratories. Altre quote consistenti di fondi e di personale sono impiegati da Bellcore (una j.v. con RBOC) e GTE.

Nonostante questo apparato, nel corso degli anni '80 il Giappone con una disponibilità finanziaria più limitata è riuscito ad acquisire la leadership del settore con un numero rilevante di brevetti specialmente nell'area delle trasmissioni in fibre ottiche. Il MITI e il Ministero delle Poste (MPT) hanno finanziato programmi a lungo termine attraverso una varietà di strumenti come il Japan Key Technology Centre (KTC) fondato nel 1985, l'istituto di telecomunicazioni avanzate (ATR) e il programma "Telecommunications Frontiers Projects" (TFP) destinato a promuovere la ricerca cooperativa tra il gestore nazionale (NTT), i produttori di apparati e le istituzioni. Lo stesso NTT dispone di 6.000 unità di ricerca.

In Europa nel campo delle Telecomunicazioni il programma di riferimento è RACE (Research and Tecnology Development in Avanced Communications Technologies in Europe). L'obiettivo del programma è il perfezionamento dei sistemi integrati di comunicazione a banda larga IBC (Integrated Broadband Commuincations), le comunicazioni ottiche, le tecniche di comunicazione sincrone ed asincrone, lo sviluppo di reti intelligenti, sicure ed affidabili.

Gli stanziamenti a favore di questo programma (che è stato preceduto da una fase preliminare per la definizione degli obiettivi iniziata nel luglio 1985 e durata 16 mesi) sono stati pari a 550 milioni di ECU per il periodo 1987-1991 (RACE 1) e sono per il periodo 1992-1994 pari a 484,1 milioni di ECU.

Il Progetto relativo a RACE 2 è suddiviso in 8 settori di ricerca:

1) progettazione, architettura e gestione di sistemi IBC, strategie di transizione verso IBC, ambiente gestionale comune, tecniche per funzioni di base del sistema IBC, strumenti di verifica.
2) Intelligenza nelle reti e nella gestione flessibile delle risorse di comunicazione.
3) Comunicazioni mobili e personali.
4) Comunicazioni di immagini e dati.
5) Tecnologie per i servizi integrati (elaborazione di servizi modulari a banda larga, per i servizi integrati, tecnologie di verifica dei servizi).
6) Tecnologie per la sicurezza dell'informazione (qualità sicurezza e affidabilità del servizio, tecnologie per la sicurezza dell'informazione).
7) Esperimenti nel campo delle comunicazioni avanzate (studio di funzioni generiche, tecniche per esperimenti di comunicazioni avanzate, esperimenti applicativi).
8) Infrastrutture di verifica ed interfunzionalità.

Occorre sottolineare come il settore delle tecnologie di comunicazione nel nuovo programma quadro non è più indirizzato in modo esclusivo ai sistemi integrati a banda larga (IBC), ma viene allargato allo studio di reti intelligenti che utilizzano le nuove tecniche di trasferimento delle informazioni e di comunicazione ottica dell'intelligenza artificiale; inoltre un certo spazio è riservato alle comunicazioni con unità mobili, alla televisione ad alta definizione (HDTV), al trasferimento digitale delle immagini e alla sicurezza delle comunicazioni.

Le modalità di attuazione dei progetti compresi in RACE consistono in contratti a compartecipazione finanziaria in cui i contraenti si accollano almeno il 50% dei costi; a ciascun progetto devono partecipare almeno due partners industriali indipendenti non appartenenti allo stesso stato membro.

È da sottolineare come il programma di RACE è interamente focalizzato sulle sole imprese di telecomunicazioni, mentre nel progetto Esprit queste sono coinvolte solo nello sviluppo dei circuiti integrati di stretto interesse del settore delle telecomunicazioni.

Questa soluzione è frutto di un difficile compromesso legato allo scontro avutosi tra imprese di telecomunicazione ed informatiche per l'attribuzione delle risorse messe a disposizione dalla Comunità, scontro anche favorito dal fatto che sempre di più tra le due aree vi sono tecnologie comuni che si intersecano.

All'interno del RACE è stato costituito un "Race Industrial Comsortium" il cui Comitato Esecutivo è composto da Italtel, Siemens, GPT, Philips e Alcatel.

Nell'area delle reti ATM, 18 società europee di gestione hanno firmato un accordo per la sperimentazione di collegamenti ATM su scala europea. Alcuni collegamenti internazionali sono già operativi anche su scala ridotta come quello tra Francia e Svizzera che collega il CERN (Ginevra) , il Politecnico di Losanna, un centro di calcolo di Lyon e l'Istituto Eurocom di Sophie Antipolis.

Stato della ricerca in Italia

In ambito pubblico è stato lanciato nel 1989 il P.F. "Telecomunicazioni" con lo scopo di effettuare ricerche sulle tecnologie B-ISDN. Quattro MAN sono attualmente in sperimentazione a Torino, Trieste, Firenze, Pisa. Nel 1994 partirà inoltre un servizio pilota ATM nazionale.

Per quanto concerne la rete ISDN, l'Italia sta passando da un servizio pilota all'estensione del servizio su larga scala e delle interconnessioni con la rete degli altri paesi europei. È inoltre in fase di realizzazione la Rete Intelligente, mentre significativi miglioramenti sono previsti sulla rete Itapac. Sip e ASST hanno inoltre lanciato il progetto Start per collegare l'utenza affari di maggiori dimensione con fibre ottiche in grado di assicurare livelli elevati di disponibilità e qualità; le sedi dei grandi utenti saranno equipaggiate di apparati SAF (Sistemi d'Accesso Flessibile) in grado di supportare trasmissioni ad alta velocità e anche in larga banda.

IBM ha recentemente creato a Roma un laboratorio di sviluppo software per telecomunicazioni e partecipa al Centro di Ricerche, Sviluppo e Studi Superiori di Cagliari che lavora sulle trasmissioni ad alta velocità.

La maggior parte della ricerca italiana nel settore delle telecomunicazioni resta concentrata (soprattutto dopo la cessione di Telettra alla francese Alcatel) nei laboratori Italtel di Milano, L'Aquila Napoli e Palermo (circa 3.000 addetti) e nello CSELT di Torino (circa 1.000 addetti).

Sia Italtel che CSELT partecipano attivamente tanto al progetto RACE che al Progetto Finalizzato "Telecomunicazioni" del CNR e hanno, nel corso degli ultimi anni, conseguito risultati significativi e depositato un numero consistente di brevetti su tutti gli aspetti delle future reti a larga banda ed in particolare sulla tecnologia ATM.

Già a partire dal marzo 1994 sarà infatti disponibile per essere impiegato nella nascente rete a larga banda pan-europea un cross-connect ATM interamente basato su tecnologia di proprietà di Italtel e CSELT.

Nel campo dei servizi multimediali, Italtel oltre a partecipare ad un esperimento di rete ottica passiva condotto da CSELT a Torino, ha proposto una soluzione di rete per la diffusione commerciale di servizi di video-informazione (video broadcasting, video on demand e video interattivo) su rete telefonica. Tale soluzione (denominata UT-Medianet) potrà essere sperimentata già nel corso del prossimo anno e sarà disponibile per una diffusione commerciale del servizio a partire dal 1996.

Nel campo delle reti ottiche, Italtel ha poi in corso di realizzazione presso i propri laboratori di Milano una linea pilota per la realizzazione di componenti in tecnologia glass-onsilicon (deposizione di guide ottiche su un substrato di silicio) indispensabili sia per raggiungere sufficienti livelli di economia in vista della futura diffusione delle fibre nella rete d'accesso, sia per raggiungere i livelli di compattezza e di prestazioni richiesti dagli apparati di trasmissione e di commutazione della futura rete a larga banda. Inoltre Italtel ha in fase di avanzato sviluppo amplificatori ottici di prestazioni innovative, in collaborazione con laboratori esteri.

CSELT partecipa infine con ITALTEL al progetto RACE, Broadband Local Network Technology, mentre Alcatel Telettra partecipa al progetto SDH all'interno di Eureka (costo 80 milioni di ECU) e al progetto Bittrans (costo 53 milioni di ECU).

2.Trasporti

2.1. Trasporti terrestri

Descrizione della tecnologia

Il contenuto di elettronica sta rapidamente aumentando nei veicoli a causa della disponibilità a basso costo di sensori e di tecnologie tal-

volta nate in campo militare o aerospaziale. Questa tendenza è guidata essenzialmente dai costruttori giapponesi il cui mercato nazionale è assai più ricettivo di altri nei confronti del contenuto tecnologico delle auto. In Europa e negli Stati Uniti tuttavia vi è una forte spinta ecologica che attraverso vincoli sempre più stretti sulle emissioni impone di fatto ai costruttori di auto di adottare non solo nuovi tipi di motore, ma soprattutto sistemi elettronici avanzati di controllo. Secondo stime americane a metà di questo decennio l'elettronica coprirà un quarto del costo delle vetture.

Questa evoluzione sta ora interessando sistemi integrati di gestione e controllo basati su un largo uso di sensori e attuatori controllati da microprocessori. Il passaggio da singoli subsistemi (es. freni, iniezione) alla loro interazione dinamica implica l'adozione di controlli adattativi con l'uso di reti neuronali, controllori a logica Fuzzy, microprocessori avanzati.

Un'altra area di grande interesse è costituita dai sistemi di interazione tra auto e ambiente esterno, rappresentata da un lato dai sistemi di navigazione e comunicazione che utilizzano sia tecnologie di comunicazione satellitare (GPS, Loran-C), sia tecnologie di mapping elettronico, CD-Rom e archiviazione ottica di basi dati. Dall'altro lato sono stati sviluppati dei sistemi IVHS (Intelligent Vehicle/Highway Systems) che di fatto trasformano l'auto in un veicolo intelligente attraverso l'uso di sistemi di visione ed elaborazione che consentono di operare in ambienti semi-strutturati (autostrade o aree urbane). La loro implementazione pratica utilizza parte delle tecnologie di navigazione e comunicazione, ma richiede anche capacità di elaborazione e gestione delle informazioni che saranno disponibili solo con i computer della quinta e sesta generazione.

Altre applicazioni riguardano infine la cancellazione dei rumori e il riconoscimento della voce (soprattutto per scopi di sicurezza).

Stato della ricerca internazionale

Nel campo della sensoristica e del controllo a bordo di veicoli la ricerca è guidata in tutto il mondo dalle imprese automobilistiche e dai grandi gruppi elettronici, sia con attività specifiche, sia attraverso il trasferimento dei risultati di ricerche condotte in altri ambiti (industriale,

militare). Non sono noti programmi pubblici di una certa importanza ad eccezione di quello che in Francia coinvolge Renault, PSA, Valeo per una durata di 8 anni.

Nell'area dei sistemi di navigazione e anticollisione l'industria giapponese ha mostrato una notevole capacità innovativa tanto che alcuni costruttori di auto (Mazda) offrono ormai tali equipaggiamenti come optional e il parco installato è stimato in 150.000 unità (1991). Su un'offerta complessiva a livello mondiale di circa 50 sistemi, trenta sono giapponesi. Fra i fornitori figurano imprese automobilistiche come Nissan e Toyota, grandi gruppi elettronici come Nec e Nippondenso o specialisti di elettronica di consumo come Pioneer, Panasonic e Toshiba. Molti di loro operano anche sul mercato americano in joint-venture con società statunitensi.

Negli Stati Uniti oltre alle attività dei grandi gruppi automobilistici (GM in particolare) è da segnalare la presenza di società specializzate come Etak, Agilis e Trimble. In campo universitario vi è poi una notevole attività di ricerca, sia negli Stati Uniti (Ohio State University), sia in Canada (l'University of Calgary ha sviluppato il sistema AVLN-2000).

In Europa la situazione appare meno avanzata, ma Bosch, Philips e Siemens hanno sviluppato propri sistemi di navigazione e BMW ha già in produzione sistemi elettronici di diagnostica e anticollisione. All'interno del programma comunitario Drive è stato lanciato il progetto Socrates (System of Cellular Radio for Traffic Efficiency and Safety) che utilizzerà la nuova rete cellulare europea GSM.

Nel corso del'anno dovrebbero circolare in Francia i primi veicoli dotati di un sistema di navigazione (collegati via radio) realizzato all'interno del progetto Europeo Carminat cui partecipano Renault, Philips, Sagem, e TDF.

L'Europa ha per contro dimostrato una notevole capacità innovativa nei sistemi IVHS già negli anni '80 con i progetti sperimentali di Berlino e Londra. Inoltre nel 1987 è stato lanciato all'interno di Eureka il programma Prometheus (Program for European Traffic with High Efficiency and Unprecedented Safety) con la partecipazione di 14 costruttori di autoveicoli, 70 università e più di cento imprese di elettronica e componentistica. Questo programma (durata 8 anni) è il più vasto mai

lanciato su questi temi con obiettivi globali che comprendono sia il miglioramento delle condizioni di guida, sia la gestione del traffico. Operativamente Prometheus è strutturato in 7 gruppi di lavoro per quanto riguarda l'elettronica, 4 aree di ricerca di base, non strettamente legata al mondo automobilistico, e 3 aree di ricerca industriale. Nel 1989 la CEE ha lanciato un altro programma Drive (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety) focalizzato sugli aspetti infrastrutturali e sulla individuazione degli standard di comunicazione. Al suo interno sono stati sviluppati vari progetti dimostrativi sia a livello urbano, sia a livello regionale e internazionale.

In Giappone sono attualmente in corso ben tre progetti IVHS (RACS, AMTICS e PVS) sponsorizzati da tre ministeri diversi (rispettivamente delle Costruzioni, delle Poste e dell'Industria). I primi due non hanno prodotto grandi risultati e vi sono pressioni per una loro fusione e ridefinizione, mentre il terzo appare molto più ambizioso e rappresenta attualmente l'esempio più avanzato a livello mondiale soprattutto per i risultati raggiunti da Mazda nella visione di ostacoli ad alta velocità e nell'uso di simulazioni basate sulla logica Fuzzy.

Negli Stati Uniti la ricerca nel campo dei sistemi IVHS segna il passo nonostante la presenza di un programma pubblico (Mobility 2000) con finanziamento del Department of Transport. I quattro sottoprogetti potranno dare risultati concreti non sperimentali solo alla fine di questo decennio. Altri progetti sono condotti in California (Path e Pathfinder) e Florida (TravTek).

Quest'ultimo è sicuramente il più ambizioso con un budget di 8 milioni di dollari in parte coperti dalla Federal Highway Administration. A livello privato GM ha un suo proprio progetto, mentre varie ricerche sono condotte in numerose università americane (University of Michigan, University of California/Berkeley, University of Maryland, University of Minnesota).

Stato della ricerca in Italia

L'attività di ricerca in questo campo è guidata in Italia dal gruppo FIAT e in particolare dal Centro Ricerche FIAT e altre società, come SEPA. Risultati significativi sono stati raggiunti nello sviluppo di sistemi ottici di rilevazione (radar) e di rappresentazione (HUD e VID)

dell'ambiente esterno da inserire a bordo del veicolo. Nell'area radar ricerche sono state condotte anche dalla SMA.

All'interno del P.F. "Trasporti II" vi è un progetto di tipo IVHS per il controllo e la gestione del traffico autostradale e interurbano. Il finanziamento previsto è di 8 miliardi di lire circa, in cinque anni. Vi partecipano: Centro Ricerche FIAT, CSST, DITEL, ANAS, Autostrade, oltre a vari istituti universitari e del CNR.

Allo stesso P.F. è stata affidata la gestione del sottoprogetto Pro-Art del programma europeo Prometheus con un finanziamento di 13,8 milioni di dollari. Il CRF ha realizzato un sistema di rappresentazione video del territorio attraversato, mentre un visore olografico dovrebbe aiutare l'automobilista in condizioni di scarsa visibilità.

Un altro progetto di controllo del traffico stradale è Easy Driver promosso da FIAT AUTO e realizzato da CSST e Mizar Automazione. È attualmente in fase di sperimentazione su un tratto di 11 Km dell'autostrada Padova-Venezia.

2.2. Trasporti ferroviari

Descrizione della tecnologia

La competizione fra i diversi sistemi collettivi di trasporto si è andata spostando sempre più sulla velocità. Questo ha comportato, in ambito ferroviario, l'introduzione in servizio dei treni ad alta velocità in vari paesi anche se la tecnologia vincente è innegabilmente francese. Il TGV non solo è stato oggetto in Francia di uno sviluppo importante in termini di rete, ma appare anche in grado di essere esportato (Corea del Sud) a differenza di altri sistemi che non sono mai usciti dall'ambito nazionale e sono impiegati su tratte relativamente modeste.

Da un punto di vista tecnologico tuttavia i treni ad alta velocità rappresentano la punta avanzata di una tecnologia matura; il vero salto innovativo è rappresentato dai treni a lievitazione magnetica (Maglev). Questi sono al momento attuale suddivisi in due tipologie.

Il sistema elettromagnetico usa la forza attrattiva tra i poli di elettromagneti, mentre il sistema elettrodinamico impiega la forza repulsiva derivante dai superconduttori installati sul treno. Il primo appare più co-

stoso, mentre il secondo appare più semplice poiché la stabilizzazione è passiva e non richiede un complesso sistema di controllo della lievitazione, ma questo vantaggio è compensato dagli alti costi dei magneti superconduttori criogenici. Nella realtà dal punto di vista finanziario e tecnico le due soluzioni presentano entrambe vantaggi e svantaggi.

Stato della ricerca internazionale

Il Giappone è forse il paese che ha maggiormente puntato sui treni a lievitazione magnetica. Dopo le prime ricerche finanziate negli anni '70 dalla Japan Air Lines per collegare gli aeroporti ai centri cittadini, nel 1985 l'attività di ricerca e sviluppo è stata concentrata nella High Speed Surface Transport Corp. (HSST). Questo organismo ha sviluppato vari modelli di Maglev elettromagnetici che sono stati utilizzati sperimentalmente all'interno di varie fiere. La società ha presentato vari progetti in Giappone e negli Stati Uniti per realizzare con la sua tecnologia sia collegamenti urbani, sia collegamenti a lunga distanza.

Nel campo dei Maglev elettrodinamici è invece operativo in Giappone anche il Railway Technical Research Institute che dopo una fase sperimentale durata quasi due decenni è arrivato a proporre alle ferrovie giapponesi alla fine degli anni '80 alcune soluzioni operative (MLU002). Un primo tronco di 42 Km è attualmente in fase di costruzione: se i test daranno esiti positivi la linea sarà estesa fino a collegare nel 2004 Tokyo e Osaka.

Gli Stati Uniti hanno dimostrato nel corso del tempo scarso interesse verso i trasporti ferroviari ad alta velocità, nonostante alcune iniziative di studio avviate negli anni '70 (Magneplan International con il coinvolgimento del Mit). Nel 1990 tuttavia è stata lanciata una National Maglev Initiative (da parte di Army Corps of Engineers, Department of Energy e Department of Transportation) con il fine di recuperare il ritardo accumulato e migliorare i sistemi elettromagnetico tedesco e elettrodinamico giapponese. Obiettivo finale è la realizzazione di una linea sperimentale di 20 miglia. Sempre nel 1990 il parlamento americano ha votato una legge specifica (National Magnetic Levitation Research and Development Act) con uno stanziamento annuale di circa 150 milioni di dollari.

Nonostante l'interesse delle ferrovie federali per il progetto Magneplan International, l'iniziativa più ambiziosa è dovuta ad un comita-

to privato che si propone di collegare la California e il Nevada (268 miglia) utilizzando il sistema elettromagnetico tedesco Transrapid.

In Europa mentre la Francia si è impegnata a fondo sul TGV, la cui tecnologia è stata accettata anche per i collegamenti internazionali, la Germania ha puntato sull'innovazione radicale: la prima dimostrazione commerciale di un Maglev risale al 1979 (fiera di Amburgo). Da allora un consorzio formato prevalentemente da imprese tedesche (Aeg, ABB, Dykerhoff & Widemann, Krauss-Maffei, Mbb, Siemens, Thyssen) ha continuato le ricerche fino alla realizzazione nel 1989 del Transrapid 07. I risultati positivi hanno portato alla realizzazione del primo tronco di ferrovia tra l'aeroporto di Bonn e la stazione centrale di Essen di 82 Km. Accanto a questa realizzazione ad altissima velocità (400-450 Km/h) l'industria tedesca ha prodotto anche un Maglev a bassa velocità (80 km/h) attualmente in funzione a Berlino (M-Bahn).

Stato della ricerca in Italia

I treni a guida e sostentamento magnetico sono oggetto di ricerca all'interno del P.F. "Trasporti II" del CNR. Oltre alle Ferrovie partecipano all'iniziativa FIAT Ferroviaria, Ansaldo Trasporti, FIDEM, CESIT, CSST, il Politecnico di Milano e le Università di Napoli, Padova e Palermo. Il budget previsto è di 3 miliardi su cinque anni, di cui 1,8 a carico del CNR.

2.3. Trasporti navali

Descrizione della tecnologia

All'interno del sistema delle costruzioni navali, l'area maggiormente interessata dall'innovazione tecnologica è quella della propulsione con effetti sia sulle unità militari (sottomarini ultrasilenziosi, piccole navi d'attacco), sia su quelle civili per il trasporto ad alta velocità. Le tecnologie emergenti sono la propulsione elettrica (compresa quella a superconduttori) e la propulsione magneto-idrodinamica (MHD) il cui successo potenziale è legato sostanzialmente all'evoluzione dei superconduttori.

Queste tecnologie sono tuttavia in competizione con la propulsione tradizionale che sta evolvendo verso il conseguimento di velocità

molto elevate (50 nodi) anche grazie al disegno di scafi innovativi e al miglioramento di imbarcazioni non convenzionali (aliscafi, swath, ses). Questa tendenza è particolarmente evidente in Europa, Giappone ed Australia e, al momento, non è possibile prevedere se i sistemi di propulsione basati sulle tecnologie dei superconduttori avranno lo stesso successo che in campo aeronautico ha arriso alle turbine. Molto dipenderà dalla possibilità di avere sistemi propulsivi poco costosi e facili da manutenere. Attualmente i sistemi MHD sembrano più adatti ad applicazioni tranquille, mentre non è ancora chiaro quali saranno le loro performances in termini di velocità.

Per l'alta velocità i cantieri sembrano ancora orientati all'impiego delle turbine a gas, mentre aumenta il ricorso a materiali innovativi per la costruzione degli scafi.

Un'altra area di ricerca è rappresentata dall'interfaccia uomo/nave e da quella nave/terminali portuali.

Stato della ricerca internazionale

La propulsione elettrica tradizionale è rappresentata da pochi esempi in campo civile (il retrofit del transatlantico Queen Elizabeth II e qualche rompighiaccio), mentre la ricerca è concentrata in ambito militare. Negli Stati Uniti è stato varato un programma specifico che ha come obiettivo di arrivare nel 2000 all'installazione di un sistema elettrico su un caccia delle classe Arleigh Burke. La ricerca è condotta sia all'interno del Naval Sea Systems Command che presso il David Taylor Research Center con la partecipazione da parte industriale della General Electric.

Questo programma può essere considerato preliminare ad un altro relativo ad un sistema elettrico basato su superconduttori che ha però ricevuto finora fondi abbastanza limitati.

La tecnologia MHD è stata invece studiata per unità civili di superficie dalla Japanese Foundation for Shipbuilding Advancement che ha realizzato una nave sperimentale varata nel 1990. A questo programma, costato alcune decine di miliardi di dollari partecipano i maggiori cantieri giapponesi (Mitsubishi, Hitachi, Mitsui).

In campo militare l'interesse per i sistemi MHD è rivolto principalmente ai sottomarini. Negli Stati Uniti le ricerche sono finanziate

dalla Darpa attraverso il David Taylor Research Center i cui maggiori sub-contractors sono l'Avco Research Laboratory (gruppo Textron) e l'Argonne National Laboratory dipendente dal Department of Energy. In queste ricerche è coinvolto anche il Naval Underwater System Center soprattutto per le prove operative.

Stato della ricerca in Italia

La ricerca in Italia è prevalentemente orientata sul miglioramento degli aliscafi per i collegamenti a breve e medio raggio con le isole. La buona posizione raggiunta dall'industria italiana in questo settore ha indirizzato il P.F. "Trasporti II" a continuare questa linea di ricerca che vede interessati oltre ai cantieri (Fincantieri, Rodriquez) le società armatrici e alcuni centri di ricerca privati (CETENA e Diesel Ricerche) e pubblici (Ist. Automazione Navale e Ist. Motori del CNR).

2.4. Trasporti aerei e spaziali

Descrizione della tecnologia

Nel settore aerospaziale confluiscono una molteplicità di tecnologie la cui applicazione varia a seconda dell'applicazione e del tipo di velivolo. In linea generale tuttavia si può affermare che le tecnologie critiche, a parte i materiali che sono oggetto di un altro capitolo, riguardano essenzialmente la propulsione e i sistemi avionici.

Per quanto riguarda il settore aeronautico, in futuro saranno ancora utilizzati motori a turbina e a turbopropulsione, ma con caratteristiche avanzate. I motori per apparecchi civili dovranno essere più potenti, ma soprattutto dovranno contenere i consumi di carburante e ridurre al minimo le emissioni di ossido di azoto. I motori per aerei militari dovranno essere in grado di mantenere a lungo velocità di crociera supersoniche senza impiego di post-combustione e di ridurre le emissioni termiche individuabili da radar.

In campo spaziale la ricerca di sistemi avanzati di propulsione è spinta sia dai programmi relativi a missioni a lunga distanza (Marte ad esempio), sia dalla necessità di aumentare il carico utile e la velocità nelle missioni a distanza più breve. Le opzioni tecnologiche prendono

spunto dai risultati ottenuti soprattutto nei materiali e nell'energia. La propulsione elettrica può utilizzare magneti a superconduttori (sono stati proposti sistemi di lancio basati sui principi dei treni Maglev), acceleratori Ram, resistojets, arcjets al plasma e thrusters magneto-plasmadinamici (MPD). Altri sistemi di propulsione sono ad energia orientata (laser, solare, termosolare) o utilizzano materiali ad alta intensità di energia (tetraidrogeno, fissione nucleare, fusione nucleare).

Infine nell'area dei sistemi avionici sono allo studio miglioramenti nella capacità di elaborazione delle informazioni, nella loro presentazione e trasmissione sia a bordo sia con altri velivoli o con stazioni a terra. Fondamentali sono in questo campo le interazioni uomo-macchina finalizzate a diminuire lo stress psico-fisico dei piloti e ad aumentare le condizioni di sicurezza.

Le ricerche stanno portando alla realizzazione sia di HUD (Head up Display), sia di schermi piatti che sostitituiscono i tradizionali indicatori. Per poter arrivare a questi risultati è necessario installare sugli aerei delle biblioteche elettroniche (ELS) rapidamente consultabili e aggiornabili. Per il futuro è previsto tuttavia l' uso di sistemi esperti in grado di interagire con un dialogo multimodale (gesti, sguardi, voce) con il pilota.

Stato della ricerca internazionale

Dopo il dissolvimento dell'Unione Sovietica, gli Stati Uniti sono rimasti leader incontrastati nella ricerca in campo aeronautico e spaziale. Nonostante gli sforzi europei (nazionali e comunitari) e giapponesi, la pluralità delle tecnologie interessate e gli elevatissimi costi hanno di fatto concentrato le attività oltreatlantico e sancito la supremazia dell'industria americana.

Questa tuttavia ha fruito di forti finanziamenti pubblici sia militari, sia spaziali; basti considerare che il più importante programma spaziale statunitense, il National Aerospace Plane, è guidato congiuntamente dalla Air Force e dalla Nasa con un budget annuale che a partire dal 1989 è oscillato tra i 250 e i 300 milioni di dollari. La ricerca è condotta in istituti pubblici come Lawrence Livermore National Laboratory, Los Alamos National Laboratory, Nasa Lewis Research Center, Sandia National Laboratories, e in una pluralità di imprese private (General Dyna-

mics, General Electric, McDonnell-Douglas, Pratt & Whitney, Rockwell, TRW, Westinghouse).

In Giappone la società Taisei ha proposto di utilizzare il sistema ferroviario Maglev come lanciatore.

In Francia è stato annunciato nel 1990 il programma Yperspace.

In campo avionico le ricerche sono trainate dalla domanda militare relativa ai nuovi aerei da combattimento, ma vi è un notevole interesse anche da parte delle compagnie aeree e dei costruttori di aerei commerciali. Per quanto concerne i sistemi di visione EUS la ricerca è concentrata in un numero ristretto di imprese come Sextant Avionique in Francia, GEC Avionics in Gran Bretagna, Kaiser, Honeywell, Rockwell-Collins negli Stati Uniti, VDO Luft in Germania, Elbit in Israele.

Per quanto riguarda l'evoluzione verso il co-pilota elettronico vi è un molteplicità di ricerche nei paesi più avanzati dal punto di vista aereonautico.

Negli USA è in fase di realizzazione il programma "Pilot's Associate" con la partecipazione di Lockeed e Mc Donnell-Douglas, mentre in Francia Dassault guida un progetto cui partecipano organismi militari e centri pubblici di ricerca come CERMA e ONERA.

In Europa, anche Germania e Gran Bretagna hanno in corso progetti su questo tema (rispettivamente Cassy e MMA).

Stato della ricerca in Italia

Per quanto riguarda la propulsione spaziale secondaria chimica, a mono e bi-propellente liquido, l'Italia è dipendente da Paesi terzi per quanto riguarda i dispositivi più importanti; né c'è alcun piano per cambiare questa situazione.

Invece, per quanto riguarda il campo in prospettiva più interessante della propulsione elettrica ci sono parecchie iniziative e ricerche in corso, condotte dalle industrie con il supporto di centri di ricerca ed universitari. Le ricerche si differenziano nella tipologia del propulsore che può essere ad arcogetto, a ioni, a plasma; e nel livello di spinta che va da pochi micronewton ad una frazione di newton. Le spinte oggi ottenibili con la propulsione elettrica sono adatte per il controllo di assetto ed orbitale di piccole e medie piattaforme, ma ne escludono la possibilità di impiego per il trasporto spaziale interorbitale.

La ricerca applicata in questo campo è ben supportata a livello scientifico, si avvale di ottime conoscenze sistemistiche nell'industria e vede il Paese anche in posizioni di prestigio nelle realizzazioni di alcuni tipi di sensori per il controllo d'assetto dei satelliti. Tuttavia l'Italia è praticamente assente dal settore degli attuatori: dispositivi spaziali quali ruote di momento, giroscopi, attuatori magnetici, sono acquistati generalmente fuori Italia. Sarebbe pertanto auspicabile sanare, almeno in parte, questa situazione che, tenendo conto della maggiore tendenza all'integrazione verticale che si ha in alcuni sottosistemi, risulta in uno svantaggio competitivo.

In questo settore la ricerca è concentrata all' interno delle imprese: Alenia e Agusta per i sistemi avionici, FIAT Aviazione, Alfa Avio e Piaggio per i propulsori.

I fondi sono per lo più interni o derivanti da contratti di sviluppo per il Ministero della Difesa.

3. Energia

3.1 Celle a Combustibile

Descrizione della tecnologia

Il principio di funzionamento delle celle a combustibile è di poco successivo a quello della pila di Volta e fu concepito da Sir Humphrey Davy nel 1801. Le prime applicazioni pratiche tuttavia si sono avute solo più di un secolo dopo nei veicoli spaziali ma, ancora oggi, la tecnologia è in fase di industrializzazione.

La cella a combustibile è un sistema elettrochimico dove, contrariamente a quanto avviene in una normale reazione elettrolitica nella quale l'energia elettrica è fornita dall'esterno per ottenere la scissione di una molecola nei suoi componenti, in questo caso sono i vari componenti ad essere combinati per ottenere energia elettrica in modo continuo senza necessità di ricarica (diversamente dagli accumulatori tradizionali): è sufficiente alimentare con continuità l'anodo con un combustibile ricco di idrogeno ed il catodo con l'ossigeno dell'aria che funge da comburente. Tuttavia vi sono stati ritardi nell'industrializza-

zione delle celle poiché nonostante la termodinamica della reazione globale sia molto favorevole, la sua cinetica è sfavorita a temperatura ambiente.

Per risolvere tale problema si possono seguire due strade: o innalzare la temperatura oltre i 600°C (Celle ad alta temperatura) o usare catalizzatori (Celle a bassa temperatura). Esistono diversi tipi di celle a combustibile (classificati in base al tipo di elettrolita impiegato che determina anche la scelta del combustibile, del comburente e la temperatura di funzionamento), ma di essi solo cinque rivestono un interesse industriale:

1) le celle ad elettrolita alcalino (AFC) che hanno raggiunto un buon livello di maturità tecnologica, ma verso le quali è diminuita l'attività di ricerca in quanto devono essere alimentate con idrogeno assolutamente puro e ciò ne limita fortemente l'uso pratico;

2) le celle a membrana (PEMFC), balzate alla notorietà solo dal 1987 per l'elevata densità di corrente che possono raggiungere, ma utili solo per applicazioni di piccola taglia, ad es. nel campo dell'autotrazione;

3) le celle ad ossidi solidi (SOFC) che, operando a temperature intorno ai 1.000 °C, non richiedono l'uso di catalizzatori, ma che presentano inconvenienti legati all'alta temperatura, (Westinghouse, negli U.S.A., è l'unico produttore oggi impegnato nello sviluppo delle SOFC);

4) le celle ad acido fosforico (PAFC), che hanno raggiunto lo stadio più avanzato di sviluppo. Tuttavia il loro rendimento termico globale si aggira solo sul 40% (e anche perfezionato non potrà superare il 45-48%), inoltre, sono molto costose poiché necessitano di platino come catalizzatore, il che incide sensibilmente sui loro costi, anche quando si consideri un suo parziale recupero;

5) le celle a carbonati fusi (MCFC) che, pur non essendo ancora in una fase di industrializzazione così avanzata come le precedenti, presentano i maggiori vantaggi, tanto da essere definite "celle di seconda generazione". Le MCFC danno luogo ai rendimenti elettrici più elevati, fino al 66%, ma sono meno costose.

La loro temperatura (650°) permette inoltre un utilizzo del cascame di calore conseguente che può essere impiegato.

Dal punto di vista ecologico queste celle presentano inoltre dei vantaggi che rendono possibile il loro utilizzo in ambiente urbano.

Stato della ricerca in Italia

L'interesse dell'Italia per le celle a combustibile è iniziato nel 1985 sotto il patrocinio dell'ENEA con l'approvazione del progetto "Volta".

È quindi stato varato un secondo programma da 50 miliardi di lire, il "Volta II", ancora in corso, ma attualmente in fase di stallo per mancanza di finanziamenti da parte del Ministero dell'Industria e per altre situazioni contingenti: tale programma avrebbe dovuto fornire un forte impulso allo sviluppo delle celle a carbonati fusi, quelle cosiddette di seconda generazione. Su tale fronte continuano ricerche di miglioramento di aspetti specifici, con mezzi propri o con piccoli finanziamenti CEE, da parte del CNR-TAE di Messina e, in misura minore di ENEA, Ansaldo e CISE.

Per quanto concerne invece le celle ad acido fosforico, che rappresentano oggi la tecnologia più matura anche se meno efficiente, sta per essere completato, e dovrebbe entrare in funzione, un impianto dimostrativo da 1,3 MW realizzato da ENEA (promotrice) e Ansaldo, presso l'AEM di Milano; per la realizzazione di questo impianto due celle da 675 kw ciascuna sono state acquistate dalla IFC (International Fuel Cell corporation) statunitense, mentre il reformer è stato acquisito dalla Haldor Topsoe danese. L'Ansaldo si è occupata dell'assemblaggio e dell'ingegnerizzazione dell'impianto. Infatti, obiettivo precipuo dell'operazione oltre a quello dimostrativo, è stato di creare in Italia una esperienza ingegneristica su impianti di questo tipo trasferibile in seguito allo sviluppo delle celle a carbonati fusi più avanzate. Tale progetto, partito nel 1988 nell'ambito del programma "Volta", ha ricevuto un contributo finanziario anche dalla CEE e costituisce il primo impianto europeo di celle ad acido fosforico di quella potenza. In Italia esistono inoltre alcuni impianti di minor potenza, sempre ad acido fosforico: alcune celle da 25 KW presso l'Enea-Casaccia e l'Acoser di Bologna acquistate dalla giapponese Fuji; un impianto da 200 kw di produzione

IFC presso il Cise; un impianto da 50 kw presso l'ENI-Ricerche, sempre della Fuji.

L'Ansaldo ha inoltre costituito una piccola società, la ONSI, per la commercializzazione in Italia ed in Europa di impianti da 200 kw della IFC.

Stato della ricerca internazionale

Leader nel settore delle celle ad acido fosforico è la IFC, una joint venture costituita dalla giapponese Toshiba e dalla statunitense Utc (United Technologies Corporation), che ha messo a catalogo impianti di potenza da 11 MW (composti da 18 stack modulari da 675 kw ciascuno, uguali ai due del programma italiano con l'AEM milanese) e sistemi completi da 200 kw in versione "package" per utenti quali alberghi ed ospedali, dove è indispensabile un mix continuo e regolare di energia elettrica. Due piccoli impianti dimostrativi uno a New York ed uno a Tokyo. La IFC possiede la tecnologia più matura con sistema di raffreddamento ad acqua.

La Westinghouse e la ERC (Energy Research Corporation) americane collaborano invece allo sviluppo della tecnologia, sempre ad acido fosforico, ma con raffreddamento ad aria; la Engelhard usa invece olio minerale come refrigerante.

I Giapponesi sono intervenuti in questo settore solo alla fine degli anni '70, ma con investimenti molto elevati nel progetto " Moonlight" ed il coinvolgimento di 5 grossi gruppi industriali: Toshiba, Hitachi, Mitsubishi Electric Co., Sanyo Electric Co.

La Technology Research Association, unione delle principali aziende giapponesi del settore, sta sviluppando un impianto da 1 MW in un unico stack, che entrerà in funzione nel 1995.

Il "Moonlight project', varato dal NEDO (New Energy Development Organization), comprende grossi sforzi anche sul fronte delle celle a carbonati fusi, con finanziamenti per più di 30 miliardi all'anno di sola fonte governativa e con il coinvolgimento di alcuni centri di ricerca industriale come Hitachi, I.H.I., Mitsubishi e Fuji: tutti sono impegnati nella progettazione e costruzione di impianti di MCFC da 100 kw e successivo scale-up verso impianti da 1 MW alimentati a metano.

Negli Stati Uniti la Molten Carbonate Power, la IFC, l'IGT (Insti-

tute of Gas Technology) e la ERC sono attualmente impegnate nel miglioramento delle tecnologie costruttive relative alle MCFC, alla ricerca di materiali più stabili alle alte temperature ed alla costruzione di prototipi da 10 a 100 kw per applicazioni stazionarie. Ottimi risultati sul fronte dello sviluppo industriale si stanno in particolare raggiungendo da parte della Molten Carbonate Power, società costituita dalla IGT e dalla Combustion Engineering.

3.2 Energia solare

Descrizione della tecnologia

Si può generare elettricità utilizzando energia solare mediante due metodi: conversione termodinamica ad alta temperatura e conversione fotovoltaica.

Per potenze superiori ai 100 kw il primo metodo si effettua tramite le centrali a torre, costituite da un parco di specchi opportunamente distribuiti al suolo che riflettono la radiazione solare su di una caldaia collocata in cima ad una torre, collegata a sua volta ad una turbina che fa girare un generatore elettrico. I costi di manutenzione e dei componenti solari di questa tipologia di impianto sono risultati essere molto elevati e quasi tutti i progetti in corso sono stati abbandonati.

Molto più interessante sul piano applicativo è il metodo di conversione fotovoltaico: esso si basa sulla capacità che hanno alcuni materiali (come il silicio o il gallio), se esposti alla luce nello spettro sia del visibile sia dell'infrarosso, di produrre una corrente elettrica. L'energia proveniente dal sole sulla terra ha una potenza superiore al kw per metro quadrato di superficie: se captata per intero una superficie quadrata di 30 metri di lato potrebbe fornire un MW di potenza, tuttavia ciò non è possibile. Infatti i rendimenti di conversione sono bassi, mediamente del 10 - 14 % sui moduli industrializzati in silicio cristallino, superiori al 20 % su alcuni prototipi da laboratorio, ma comunque non superiori al 36 % anche come massimo rendimento teorico raggiungibile. Questi modesti rendimenti di conversione rendono necessario l'impiego di ampie superfici di raccolta, con conseguenti elevati costi (in genere per la produzione di ogni MW di potenza sono necessari circa 20.000 moduli

fotovoltaici disposti su di una superficie di 2,5 ettari di terreno). Il tutto è aggravato dal fatto che l'energia solare è discontinua e occorre quindi ricorrere a sistemi di accumulo dell'energia, o a integrazioni fornite da impianti che utilizzino altre fonti energetiche.

La produzione mondiale attuale di dispositivi fotovoltaici è di circa 50 MW all'anno, concentrati soprattutto negli Stati Uniti ed in Giappone. La ricerca in ambito mondiale è attiva sia nel campo del generatore fotovoltaico vero e proprio, sia in quello della parte convenzionale degli impianti (il cosiddetto Balance of System - BOS). Per quanto riguarda il generatore fotovoltaico l'indirizzo è quello di cercare di abbattere i costi delle celle fotovoltaiche già industrializzate e di sperimentare nuovi materiali fotosensibili economici e con rendimento di conversione elevato. Se si trascurano le tecnologie specificamente orientate ad applicazioni nel settore spaziale, nel medio termine le uniche tecnologie in grado di ricoprire un ruolo di rilievo per usi energetici sono quelle già oggi a livello di produzione industriale, cioè le tecnologie del silicio cristallino (sia mono sia poli-) e, in misura inferiore, del silicio amorfo.

Attualmente comunque l'energia da fonte fotovoltaica non è, né sarà a breve termine, conveniente rispetto alle fonti energetiche convenzionali, avendo ancora un costo di circa 700 lire al kwh.

Stato della ricerca in Italia

L'ultimo Piano Energetico Nazionale ha proposto l'ambizioso obbiettivo di raggiungere i 25 MW installati di impianti fotovoltaici entro il 1995. Il principale operatore italiano è, insieme all'ENEL, l'ENEA; esso svolge azione di promozione industriale e sostegno della domanda con la costruzione di impianti fotovoltaici dimostrativi, ed attività di ricerca nel settore dei materiali innovativi (Centro di ricerca di Portici) e dei sistemi (Area sperimentale di Manfredonia).

L'industria è rappresentata dall'Italsolar (Gruppo ENI), dall'Ansaldo e dalla Helios Technology.

Attualmente risultano installati sul territorio nazionale impianti per circa 4 MW, di cui 3,2 MW consistenti in piccoli sistemi per l'alimentazione di abitazioni isolate, sistemi realizzati in maggior parte con i contributi finanziari previsti dalla legge n. 308 del 1982, mentre il resto è

costituito da impianti dimostrativi realizzati da ENEA, ENEL ed altri Enti o Autorità locali.

L'ENEL, in collaborazione con l'ENEA ed altre aziende del settore, ha avviato dal 1990 un nuovo programma quadro di ricerca, dimostrazione ed applicazione della conversione fotovoltaica che prevede investimenti per circa 78 miliardi di lire (dall '82 al '90 erano già stati investiti 15 M.di/lire per l'installazione di 110 kwp) principalmente nei seguenti settori:

- alimentazione di impianti di servizio (usi speciali) nel campo delle telecomunicazioni, ad es. per l'esercizio di ponti radio, apparati di segnalazione e misura, azionamenti a distanza;
- alimentazione di utenze isolate: già in passato con il "Progetto Case Sparse" erano stati installati impianti sperimentali e dimostrativi in fabbricati isolati del WWF, del CAI, di Parchi Nazionali, nelle isole di Ginostra e di Stromboli (30 impianti per utenti domestici privati integrati da scaldacqua solari). Oggi sono in corso di realizzazione circa 200 impianti presso utenze artigianali e turistiche (per circa 500 kw) parzialmente finanziate attraverso il Programma Comunitario VALOREN, e sono previste nuove installazioni a Ginostra, in rifugi alpini del CAI e in oasi del WWF;
- impianti fotovoltaici decentrati per il collegamento alla rete nazionale: l'obbiettivo è di sviluppare sistemi da 2 a 20 kw collegati alla rete elettrica sul lato bassa tensione, a mezzo di convertitori statici da corrente continua ad alternata;
- impianti di media taglia (fino a 100 kw) per l'alimentazione di reti di modesta estensione, eventualmente in parallelo a generatori diesel-elettrici; verranno all'uopo realizzati nelle isole Eolie due impianti da 100 KW in collaborazione con ENEA;
- impianti distribuiti per supporto alla rete di distribuzione di media e bassa tensione, con taglia da 500 a 1000 kw; si selezioneranno alcune tipologie di utenza il cui diagramma di carico potrebbe meglio coincidere con la producibilità fotovoltaica;
- impianti di taglia elevata da collegare alla rete nazionale: è in corso di realizzazione una centrale di 3,3 MWp in provincia di Salerno con lo

scopo di dimostrare la potenzialità energetica della tecnologia, la produzione prevista è di 5 milioni di kwh/anno per alimentare circa 7.500 utenti. L'impianto viene realizzato utilizzando prevalentemente moduli al silicio policristallino di produzione italiana (Helios Technology) e in parte moduli di produzione internazionale (cioè della francese Photowatt, della statunitense Solarex e della giapponese Esco-Kyocera) per effettuare un confronto tra le diverse tecnologie;

- sperimentazioni e studi su tecnologie emergenti volte al mantenimento di un presidio nel settore ed alla realizzazione di una serie di piccoli impianti sperimentali impieganti tecnologie e materiali innovativi.

Stato della ricerca internazionale

In Francia l'AFME (Agence Francaise pour la Maìtrise de l'Energie), considera l'energia fotovoltaica adatta per talune applicazioni dedicate; i suoi programmi sono anch'essi diretti verso piccoli impianti per utenze isolate e prevedono stanziamenti di circa 7-8 M.di di lire/anno; negli ultimi anni sono state già elettrificate alcune centinaia di case per pastori.

In Germania l'industria fotovoltaica ha ottimi presupposti per diventare una produttrice di celle fotovoltaiche all'avanguardia nel mondo e i suoi programmi di ricerca sono tesi soprattutto a migliorare gli aspetti economici dei sistemi fotovoltaici; poichè la sua attività di ricerca e sviluppo è molto intensa e quindi costosa, mentre i ritorni sugli investimenti fatti sono ancora molto bassi, i supporti statali a tale tipo di industria sono molto consistenti (superiori ai 100 M.di/lire all'anno).

La tedesca AEG ha messo a punto un nuovo sistema di fabbricazione dei moduli che permette di aumentare la loro superficie attiva del 7-10 % (collegando le celle in serie e sovrapponendo il bordo di quelle contigue); sta inoltre industrializzando celle innovative che, con le due tecniche proposte, raggiungono un'efficienza del 17,4%, valore mai prima raggiunto su di un modulo di produzione industriale.

Molto attiva nello studio delle applicazioni di potenza dei sistemi fotovoltaici è la RWE (Rheinisch - Westfalisches Elektrizitatswerk), con particolare riguardo al confronto tra le prestazioni dei diversi materiali e all'introduzione di nuove soluzioni ingegneristiche (es. inverter di diversa concezione e funzionamento).

Nel corso di questi ultimi anni il programma fotovoltaico degli Stati Uniti ha permesso di ottenere il miglioramento delle conoscenze sui materiali fotovoltaici e sui componenti utilizzati e ha portato nuove tecniche di laboratorio, con incremento dell'affidabilità delle celle industriali. Ad esempio la società Astropower ha sviluppato una tecnica di produzione relativamente ad una cella all'arseniuro di gallio ed alluminio che, con un substrato trasparente, può essere sovrapposta ad una cella al silicio cristallino ed ottenere un'efficienza, a livello di laboratorio, del 33% (mentre teoricamente è possibile raggiungere il 42%).

Molto importante è il Progetto PVUSA che ha la finalità di chiarire aspetti poco noti circa la progettazione e l'esercizio di centrali fotovoltaiche, in vista dell'intenzione, da parte delle grosse compagnie elettriche statunitensi, di costruire impianti fotovoltaici multimegawatt intorno agli anni '95.

La prima fase del progetto ha previsto finanziamenti per 12 M.di/lire da parte del DOE (Department of Energy) e dalla Pacific Gas and Electric Company con la partecipazione dell'EPRI (Electric Power Research Institute); è in corso una sperimentazione con 5 impianti da 20 kw realizzati con moduli innovativi e la realizzazione di una centrale da 1 MW a Davis in California.

In Giappone, attraverso il progetto denominato "Sunshine", si prevede di poter alimentare il 2-3 % dell'energia totalmente assorbita dopo il 2000 nel Paese, attraverso il fotovoltaico. Il maggior sforzo non è nella costruzione di centrali, ma nello sviluppo della tecnologia adatta per questo tipo di applicazioni; attualmente esistono ancora alcune incertezze tra il silicio amorfo e quello policristallino: la ricerca è quindi orientata a chiarire questo punto.

In Europa la CEE, nell'ambito del Programma JOULE dedicato alle energie non nucleari ed all'impiego razionale dell'energia, ha previsto contributi fino al 50% dei costi economici effettivi (100% dei costi marginali in caso di Università), anche per progetti di R & S relativi all'energia fotovoltaica.

Studi e ricerche sul tema sono comunque in corso un po' in tutti i Paesi: ad es. il Korea Advanced Institute of Science and Technology ha realizzato una cella in tellururo di cadmio, che ha il vantaggio di essere più economico degli altri materiali, con un'efficienza a livello di labo-

ratorio del 12,5 %; in Australia l'Università del South Wales ha costruito celle di silicio cristallino con due tecniche innovative ed efficienza del 23 %; in Svizzera è in costruzione una centrale da 100 kw i cui moduli sono supportati dalle barriere insonorizzanti poste ai margini di un'autostrada, e gli esempi potrebbero continuare. Una forte applicazione dei sistemi fotovoltaici si registra nei Paesi in Via di Sviluppo per fornire energia ad applicazioni di prima necessità come pompe per l'acqua, frigoriferi per vaccini, piccoli impianti di illuminazione, sistemi di telecomunicazione, recinti elettrificati per il bestiame ed altre piccole applicazioni.

3.3 Reattori nucleari a sicurezza intrinseca

Descrizione della tecnologia

Un reattore nucleare si può definire a sicurezza intrinseca quando i suoi sistemi di sicurezza siano basati su leggi di natura piuttosto che sull'intervento di dispositivi energizzati (attivi) o degli operatori umani. Di conseguenza il suo livello globale di sicurezza è ancora più elevato di quello già notevole delle centrali elettronucleari in esercizio nel Mondo Occidentale.

Due funzioni essenziali devono trovare adempimento affinché si possa parlare di sicurezza intrinseca:

a) l'interruzione della reazione a catena di fissione (spegnimento del reattore);

b) l'asportazione del calore residuo di decadimento radioattivo perchè, anche quando il reattore è ormai spento, è necessario raffreddare in quanto i prodotti di fissione continuano a sprigionare calore, anche se sempre più debolmente.

Nei reattori a sicurezza intrinseca o passiva queste due funzioni vengono garantite dalla natura e dalla struttura stessa degli impianti.

Attività di ricerca e sviluppo su reattori di nuova concezione che puntano sul miglioramento dei tre sistemi in cui è scomponibile un impianto nucleare sono in corso praticamente in tutti i Paesi impegnati in campo nucleare.

Stato della ricerca in Italia

Il nostro Piano Energetico Nazionale ha individuato come obiettivo prioritario la predisposizione di un programma di ricerca sulla fissione nucleare basato sulla valutazione di impianti ad elevata sicurezza intrinseca e passiva già allo studio in vari paesi. All'uopo è stato costituito un Comitato di indirizzo comprendente rappresentanti dell'ENEA, dell'ENEL, dell'Industria e della DISP che ha collaborato con i principali produttori di impianti nucleari a livello mondiale.

Per quanto concerne specificamente i progetti di sviluppo in corso in Italia occorre segnalare il MARS (Multiscopo Avanzato Reattore Sicuro: si tratta di un reattore modulare ad acqua il cui sviluppo è stato iniziato nel 1984 presso il dipartimento di energetica dell'Università di Roma, La Sapienza). Esso prevede l'immersione dell'intero sistema primario all'interno di una serie di contenitori tra loro interconnessi e riempiti di acqua alla stessa pressione del refrigerante primario, il che limita il pericolo di rottura del circuito primario con fuoriuscita di refrigerante.

Vi è poi la proposta del Prof. Rubbia di far partecipare anche l'Italia allo studio di un nuovo tipo di fissione nel quale sono impegnati da anni e gli Stati Uniti i "Los Alamos National Laboratory", il Giappone e in Europa lo stesso Cern. Si tratta di un reattore in cui la fissione è basata sul Torio 232 anzichè sull'Uranio 235 e 238: un acceleratore lineare di protoni (Linac) bombarda con normali neutroni i nuclei di Torio (molto abbondante in natura) trasformandoli in Uranio 233, isotopo molto meno pericoloso di quelli usati nelle attuali centrali. Tre i principali vantaggi: non vi è necessità di una massa critica (il che permette piccole centrali senza problemi di interruzione); non vi è quasi formazione del pericoloso plutonio; le scorie radioattive vengono subito bruciate dagli stessi neutroni impiegati nel processo.

Per il momento però tale processo funziona solo al calcolatore e occorre ancora passare alla sperimentazione operativa.

Stato della ricerca internazionale

Negli Stati Uniti vi sono linee di attività molto diversificate, ma raggruppabili in tre tipologie: reattori ad acqua, reattori a gas ad alta temperatura, reattori veloci modulari refrigerati al sodio; quest'ultima

linea però, basata sul reattore PRISM della General Electric è decisamente a lungo termine.

La linea a gas ad alta temperatura, caratterizzata dal reattore MHTGR (Modular High Temperature Gas-cooled Reactor) della General Atomic, è stata in passato oggetto di accordi internazionali con la Germania, tuttavia nonostante alcuni vantaggi non trova troppi consensi tra gli esercenti elettrici che preferiscono il refrigerante ad acqua.

Per quanto riguarda i reattori refrigerati ad acqua di concezione innovativa l'EPRI (organismo di ricerca consortile degli esercenti elettrici) esercita una funzione di guida sul piano operativo e ha in corso di definizione, anche con la partecipazione dell'ENEL, le specifiche di impianto e di sistema per la prossima generazione di reattori a sicurezza passiva.

L'EPRI, in accordo con il DOE (Dipartimento dell'Energia), nel settembre 1989 ha scelto tra una rosa di candidati i due progetti da sviluppare: AP600 della Westinghouse e SBWR della General Elettric. Tali progetti hanno ricevuto dal DOE finanziamenti fino ad un massimo del 50% e comunque per non più di 50 M$ per progetto; altri 30 M$ sono stati elargiti dall'EPRI.

In Gran Bretagna sia l'Ente statale di ricerca in campo nucleare (UKAEA), sia l'industria sono impegnati nello studio di reattori ad acqua di nuova concezione: in particolare UKAEA, Rolls Royce, Stone & Webster e Combustion Engineering collaborano al progetto SIR (Safe Integral Reactor), un reattore nel quale tutti i maggiori componenti del circuito primario sono sistemati in un contenitore di acciaio a pressione.

La Germania si è dimostrata particolarmente attiva sul fronte innovativo dei reattori raffreddati a gas ad alta temperatura: il prototipo THTR è stato messo fuori servizio, ma ora l'attenzione è rivolta all'HRT (High Temperature Reactor), della società HTR a partecipazione paritetica ABB-HRB e Siemens Interatom; esso presenta un elevato grado di sicurezza intrinseca grazie alla stabilità fisico-chimica che il combustibile offre alle elevate temperature, alla spontanea tendenza all'autospegnimento e alla forte capacità di ritenzione dei prodotti di fissione.

Attività sui reattori ad acqua, sia bollente, sia in pressione si avvalgono di finanziamenti dell'industria KWU.

Il Canada in passato ha sviluppato e portato a maturità commerciale una linea di reattori ad acqua pesante denominati CANDU; successivamente l'Ente Nucleare canadese AECL ha proposto la variante CANDU-3 da 300 MWe per le esigenze dei piccoli elettroproduttori e per le reti elettriche minori: su tale variante sta ora preparando una versione con sistemi ad elevato grado di sicurezza passiva.

La Francia è stata per lungo tempo restia a sviluppare reattori di nuova concezione, ma ha lentamente mutato le sue posizioni, anche sotto le spinte ambientalistiche e dopo gli accordi tra la francese Framatome e la tedesca KWU per lo sviluppo di soluzioni per il mercato estero adatte anche a paesi a modesto sviluppo industriale.

Di particolare interesse sul piano innovativo e della sicurezza intrinseca e passiva sono gli studi sull'MSR (Molten Salt Reactor), condotti in parallelo tra la francese EURIWA e la Tokay University in Giappone (ma già precedentemente studiati e sperimentati all'Oak Ridge National Laboratory in U.S.A. e tra l'Electricité de France ed il Commissariat à L'Energie); anche in Italia aziende private si sono interessate al suo studio.

3.4 Reattori veloci autofertilizzanti

Descrizione della tecnologia

I reattori a neutroni rapidi o autofertilizzanti o Breeder possono anch'essi essere ricompresi nella categoria appena trattata dei reattori nucleari a sicurezza intrinseca, nonostante la loro sperimentazione sia iniziata già più di trent'anni or sono, dando luogo a vari prototipi e a reattori "dimostrativi di potenza". Sono rilevabili alcune caratteristiche fondamentali che li contraddistinguono:

1) il loro funzionamento si basa su di un ciclo del combustibile che comporta la conversione dell'uranio naturale in plutonio che viene quindi fisso ottenendo calore, poi convertito in elettricità. In tal modo tutto l'uranio naturale viene impiegato per la produzione di energia, mentre negli altri tipi di reattori ne viene utilizzato solo lo 0,7%, corrispondente alla sua parte fissile. Si riesce così ad estrarre dall'uranio una quantità di energia molte decine di volte superiore a quella

ottenibile mediante i reattori a neutroni lenti oggi normalmente utilizzati; per di più anche l'uranio impoverito, che attualmente costituisce solo un sottoprodotto della produzione di energia nucleare, viene integralmente utilizzato. In tal modo le riserve di uranio disponibili, che fino a poco tempo fa erano stimate in alcune decine di anni, potrebbero durare per secoli rendendo i reattori a neutroni veloci una riserva annoverabile tra quelle "rinnovabili".

2) Tali reattori consentono di convertire le scorie radioattive (rappresentate dai cosiddetti elementi attivi o transuranici), che attualmente destano le maggiori preoccupazioni in quanto estinguono la loro pericolosità solamente dopo centinaia di migliaia di anni, in altre di vita molto più breve collocabili in formazioni geologiche di provata stabilità.

3) Per avviare il ciclo autofertilizzante del reattore è necessaria una carica di plutonio o di uranio arricchito dell'isotopo fissile in misura del 25%: questi si possono ad esempio ricavare dalla carica degli elementi delle testate nucleari da smantellare; dopodiché il ciclo si autoalimenta in quanto la quantità di plutonio contenuta nel combustibile impiegato è superiore a quella della prima carica.

Stato della ricerca in Italia

Trattandosi di una tecnologia il cui pieno sviluppo e perfezionamento richiede tempi molto lunghi, con problemi aggiuntivi di accettabilità legati all'uso del sodio come refrigerante e all'impiego di elementi di combustibile dove il plutonio (particolarmente pericoloso) è presente in elevate concentrazioni, le autorità italiane competenti in materia hanno preferito mantenere su tale indirizzo di ricerca soltanto un adeguato osservatorio tecnologico ed una partecipazione molto limitata.

Stato della ricerca internazionale

Negli Stati Uniti le attività relative ai reattori veloci autofertilizzanti refrigerati al sodio sono svolte dalla General Electric e finanziate dal Dipartimento dell'Energia (DOE) senza il contributo degli elettroproduttori (EPRI) in quanto si tratta di un programma di lavoro decisamente a lungo termine: non si va per ora al di là della progettazione

concettuale e della esecuzione di limitate prove in suo appoggio. La proposta della General Electric in questo settore è costituita dal reattore modulare PRISM (Power Reactor Inherently Safe Module). Il progetto prevede tre moduli della potenza di 471 MWt ciascuno; il circuito primario di ogni modulo utilizza come refrigerante sodio liquido ed è immerso in una vasca con doppia parete e bassa pressione: tutto ciò esalta le caratteristiche intrinseche di elevata conducibilità termica del refrigerante e di alta capacità termica del sistema reattore, minimizzando parallelamente possibilità di fughe del refrigerante primario.

Un prototipo di impianto autofertilizzante con raffreddamento a sodio è stato messo in funzione in Francia a Crans-Malville: il Phénix seguito poi dal Superphénix. Questo impianto dopo un periodo di chiusura, dovrebbe essere riavviato nel corso del 1994.

Intense ricerche su questo tipo di reattori sono inoltre in corso in Giappone e nella ex Unione Sovietica.

3.5 Reattori a fusione nucleare

Descrizione della tecnologia

Al contrario di quanto avviene nel caso della fissione nucleare, nella fusione la produzione di energia si realizza tramite la reazione tra due nuclei di elementi leggeri che si uniscono per formare un nucleo più pesante e liberano energia.

La reazione più promettente è quella fra deuterio e trizio, ma avendo i loro nuclei di deuterio e trizio la stessa carica elettrica, si respingono con una forza tanto più grande tanto più sono vicini; per farli quindi fondere occorre spingerli l'uno contro l'altro ad altissima velocità e ciò significa scaldarli a temperature attorno i 200 milioni di °C. Nessun materiale però resiste allo stato solido oltre poche migliaia di gradi è sorge perciò l'ulteriore problema di costruire "recipienti" in grado di trattenere il plasma, cioè lo stato della materia in cui gli elettroni si separano dai loro nuclei: tali recipienti possono essere costituiti da campi magnetici (di solito a forma di ciambella) che riflettono le particelle cariche del plasma e possono trattenerlo in uno spazio limitato; una proposta più recente è quella del confinamento inerziale, dove si tentano u-

na serie di microesplosioni di piccole quantità di deuterio e trizio (racchiuse in palline di vetro o di plastica) causate da un sistema di fasci convergenti di luci laser, o di elettroni o di ioni pesanti.

Al momento nessun reattore a fusione di potenza è operante o in costruzione e la dimostrazione commerciale della fattibilità della fusione termonucleare è prevista per la metà del prossimo secolo.

Tuttavia lo sviluppo di questa fonte energetica necessita la costruzione di apparati sperimentali, a partire da apparecchiature di ricerca di piccola taglia rispetto ad un reattore ed aumentando via via le dimensioni e la complessità di questi apparati. Questo processo graduale è cominciato negli anni '50 ed ha portato alla attuale situazione, nella quale numerosi apparati sperimentali per la fusione termonucleare sono in funzione ed in costruzione. I tre principali apparati sperimentali attualmente operanti sono:

- il reattore JET (Joint European Torus) operante a Culham (UK) a partire dal 1983. La sua chiusura è prevista per il 1996. Esso rappresenta attualmente la macchina sperimentale più avanzata e che ha ottenuto i risultati migliori. Nel novembre 1992 il JET è diventato il primo reattore ad utilizzare effettivamente il trizio (e non soltanto il deuterio) per la reazione di fusione;
- il reattore JT-60, operante in Giappone, con dimensioni ed obiettivi simili a quelli del JET;
- il reattore TFTR (Tokamac Fusion Test Reactor) operante a Princeton (USA).

Questi tre impianti hanno dimensioni confrontabili con quelle di un futuro reattore, sebbene le loro prestazioni dal punto di vista della fisica e dell'ingegneria siano ancora lontane dallo standard reattoristico.

Oltre a questi tre progetti, vi sono alcune decine di apparati sperimentali più ridotti e meno costosi atti allo studio di particolari aspetti della fisica dei plasmi.

Stato della ricerca in Italia

Un progetto italiano degno di nota nel campo della fusione nucleare è il cosiddetto IGNITOR; si tratta di un apparato sperimentale (modello tokamak, cioè a ciambella come il TFTR di Princeton) per lo stu-

dio di un plasma in condizioni di ignizione, caratterizzato dall'estrema compattezza, da un'altissima densità di plasma e da notevoli prestazioni. L'ideazione e lo sviluppo del progetto si devono soprattutto al Prof. Bruno Coppi del MIT di Boston, ora professore ordinario del Politecnico di Torino. La fase di progetto dell'IGNITOR è praticamente terminata e, qualora ne venisse iniziata immediatamente la costruzione, permetterebbe di ottenere per la prima volta l'accensione di un plasma termonucleare, entro la fine di questo secolo; tale progetto, secondo una stima dello stesso Politecnico di Torino, richiederebbe un costo di realizzazione attorno ai 200 M$. L'ENEA nei prossimi tre anni, dal '93 al '96, dedicherà alle ricerche sulla fusione nucleare 146 miliardi di lire, cioè ben il 31,5% del suo budget globale di 463 M.di/lire relativo alle ricerche in campo energetico: ciò significa che la fusione sarà la voce di investimento maggiore tra quelle del settore.

Come già prima accennato sono operanti in Italia due apparati sperimentali per lo studio di aspetti particolari della fisica dei plasmi:

- l'FTU (Frascati Tokamak Upgrade) presso l'ENEA di Frascati, in piena attività dalla metà del 1992 e impiegato in particolare per studi comparativi sui sistemi ausiliari per il riscaldamento del plasma;
- l'RFX (Reversed Field Experiment) presso l'Università di Padova, frutto di un'associazione tra ENEA ed Euratom; esso rappresenta il più grande impianto al mondo basato sul principio del "Reversed Field Pinch", una configurazione magnetica alternativa al Tokamak.

Altri due progetti nel campo della fusione sono portati avanti dal Centro ENEA del Brasimone sull'Appennino bolognese: il primo riguarda la progettazione e la realizzazione di un impianto per sperimentare sul piano termomeccanico la resistenza dei materiali che compongono i mantelli dei reattori a fusione; il secondo mira a realizzare una tecnologia per spostare a distanza questi componenti che sono resi radioattivi.

Stato della ricerca internazionale

Il Programma europeo sulla fusione nucleare è seguito dall'Euratom che, in base al Trattato di Roma del 1957, ha il compito di coordinare tutte le attività di ricerca e sviluppo in campo fusionistico condotte

nei paesi membri, attraverso contratti di associazione con gli Enti preposti di ciascun Paese (ENEA per l'Italia). Questo coordinamento comporta il finanziamento parziale sia delle spese correnti (25%), sia dei programmi di interesse prioritario (45%). Il Programma Quadro della CEE per il periodo 1990-1994 ha predisposto un impegno finanziario per la fusione nucleare controllata pari a 458 MECU. Il 45-55 % di tali finanziamenti sono a favore del Programma JET (Joint European Torus) che, come già accennato, è il maggior impianto Tokamak esistente al mondo, realizzato dalla Comunità a Culham presso Oxford in Gran Bretagna, dove opera dal 1983 e dovrebbe continuarvi sino al 1996.

Un altro reattore con dimensioni, costi ed obiettivi simili a quelli del JET è il JT-60 operante in Giappone.

L'equivalente statunitense ai progetti JET e JF-60 è costituito dal reattore TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor), operante presso il Plasma Phisic Laboratory di Princeton; si tratta di una ciambella cava di acciaio del diametro di 5 metri dove, per la prima volta nel mondo per tre decimi di secondo il plasma è riuscito a raggiungere i 200 milioni di gradi. Il costo di costruzione stimato per questo tipo di macchina è di 400 M$. Anch'essa come il JET terminerà la sua attività entro il 1996.

Nel campo delle attività di fisica continua per il momento la sperimentazione sui due Tokamak di medie dimensioni già operanti TORE SUPRA (a Cadarache, Francia) ed ASDEX Upgrade (a Garching, Germania).

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri il principale progetto è costituito dal reattore ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Si tratta del più grande progetto a livello mondiale nel settore che implicherà uno sforzo in termini di persone e di costi non sostenibile da una nazione o da un gruppo ristretto di nazioni: nel programma sono infatti coinvolti gli Stati Uniti, la Comunità Europea, il Giappone e la Russia con un costo previsto, per la sola costruzione della "macchina base", pari a tre miliardi di $, che potrebbero anche triplicarsi se si considera il costo globale del progetto.

Si tratta di un reattore sperimentale atto a dimostrare la fattibilità fisica e parte della realizzazione tecnologica della fusione termonucleare mediante confinamento magnetico. La costruzione inizierà nel 1997 e l'operazionalità della macchina è prevista per la fine del primo decen-

nio del prossimo secolo, ma bisognerà aspettare il 2040 per avere i primi impianti di serie in produzione.

3.6 Pompe di calore ad alto rendimento

Descrizione della tecnologia

La pompa di calore è una macchina termica in grado di trasferire calore da una temperatura più bassa ad una più alta. Disegnata, come schema di principio, da Lord Kelvin oltre un secolo fa (1871), può essere utilizzata per raffreddare (asportando calore da un ambiente freddo ad uno più caldo, come nel caso del frigorifero), per riscaldare ("pompando" calore da un ambiente a temperatura bassa ad un altro a temperatura più alta, cioè il caso specifico della pompa di calore) o per entrambe le funzioni (contemporaneamente o alternativamente).

L'impiego della pompa di calore a scopo di riscaldamento (climatizzazione di edifici, teleriscaldamento, processi industriali, etc.) è quello che ha attratto i maggiori interessi.

Le pompe di calore possono suddividersi in tre tipologie:

- pompe di calore a compressione;
- pompe di calore ad assorbimento utilizzanti liquidi;
- pompe di calore ad assorbimento utilizzanti gas-solido;

Il primo tipo di tecnologia (che richiede l'uso di un motore elettrico o meccanico per la fase di compressione) è, ai fini del presente lavoro, di minor interesse in quanto ha già raggiunto una fase di maturità commerciale (negli Stati Uniti si è già giunti ad una quasi totale saturazione del mercato), per di più presenta necessità di maggior manutenzione e notevoli problemi ambientali connessi all'uso di clorofluorocarburi (freons) come refrigeranti e alla sua rumorosità.

I tipi di pompe di calore attualmente più innovativi, ma che non hanno ancora raggiunto la fase commerciale, sono quelli ad assorbimento: questo assorbimento può avvenire usando dei liquidi, oppure gas-solido. In entrambi i casi, a differenza di quanto avviene nelle pompe a compressione si utilizza come energia primaria quella termica an-

ziché elettrica, in particolare gas metano o vapore, o acqua calda, o calore secondario di scarto oppure ancora energia solare.

Le pompe ad assorbimento utilizzanti liquidi sono a loro volta suddivisibili in pompe di calore ad assorbimento amplificatrici di calore ed in trasformatori di calore ad assorbimento amplificatori di temperatura.

Le pompe ad assorbimento che utilizzano gas-solido sono quelle decisamente più innovative e sono perciò le più lontane dalla fase di commercializzazione (prevista per fine secolo).

La totale assenza di parti in movimento comporta un basso inquinamento acustico (molto importante nelle applicazioni civili) ed un basso costo di manutenzione; non sono inoltre necessarie torri evaporative per il raffreddamento (come nelle pompe ad assorbimento di liquidi) in quanto il condensatore può essere raffreddato semplicemente ad aria. La macchina ad assorbimento, abbinata ad un bruciatore a metano regolamentare, può ridurre il consumo energetico per il riscaldamento di ambienti del 30-40% (cioè il 10-15% del consumo energetico nazionale), riducendo parimenti l'uso dei CFC e delle emissioni inquinanti.

Tuttavia le macchine utilizzanti processi di assorbimento, sia di liquidi sia gas-solido, presentano due difficoltà: efficienza ancora bassa dello scambio termico tra il solido assorbente e la sorgente di calore; funzionamento intermittente. La ricerca è quindi finalizzata al superamento di tali problemi, essendo già state verificate teoricamente le notevoli prestazioni termodinamiche.

Stato della ricerca in Italia

Gli studi più innovativi sulle pompe di calore ad alto rendimento, con particolare attenzione per quelle più promettenti a gas-solido, sono condotti in Italia dall'Istituto Trasformazione e Accumulo Energia del C.N.R., T.A.E. di Messina, ove è in funzione un impianto pilota della potenza di 1 kw che utilizza il processo ad assorbimento di vapor d'acqua su zeoliti; è stato inoltre progettato un altro impianto da 20 kw, che richiede però ancora di essere migliorato, specialmente per alcuni problemi relativi alla zeolite.

Molto attiva nel miglioramento delle pompe ad assorbimento di liquidi è invece l'Università di Bari.

Stato della ricerca internazionale

Sempre con riferimento alle pompe di calore gas-solido, i principali gruppi di ricerca internazionali che se ne occupano, e con cui anche l'Italia collabora, sono: in Francia il CNRS-IMP di Perpignan, il CNRS-LIMSI di Orsay, l'INP di Grenoble, l'LCL (Le Carbone Lorraine), il CECA di Parigi e, sempre a Parigi, SNEA-Elf Aquitaine e Gas de France; in Germania l'IKE di Stuttgart, il GfE di Norimberga ed il CM di Essen; in Spagna l'UPC di Barcellona; in Belgio l'UCLouvain; in Gran Bretagna l'Università di Warwick e Coventry; negli Stati Uniti la Zeopower Co. di Natick nel Massachusetts e la School of Mechanical Engineering del Georgia Institute of Technology ad Atlanta.

In Giappone si punta anche al miglioramento del sistema più tradizionale: il NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization), con un budget finanziato dallo stato di circa 80 M$, ha iniziato dal 1985 un programma per mettere a punto un nuovo sistema di pompa di calore a compressione e con accumulo termico capace quasi di raddoppiare il rendimento energetico rispetto alle corrispondenti macchine oggi in commercio: l'obiettivo è di portare il COP a valori di sei nel caso di produzione di acqua per teleriscaldamento, di otto per acqua calda con accumulo termico e di tre per calore ad alta temperatura; si stanno inoltre cercando nuovi fluidi di lavoro non pericolosi per l'ambiente come i CFC, che costituiscono attualmente uno dei maggiori problemi connessi all'uso della tecnologia a compressione. Si sono già sperimentati impianti pilota da 100 e da 1000 kw termici resi, ma la taglia che si sta mettendo a punto è quella da 30 MW, corrispondente alle esigenze del palazzo uffici medio giapponese, che ha una superficie di circa 150.000 mq.

Studi relativi alle pompe di calore ad assorbimento ad acqua ed ammoniaca sono in corso specialmente negli Stati Uniti e in Olanda, mentre in Giappone si prediligono quelle ad acqua litiobromuro, in quanto è vietato l'uso dell'ammoniaca.

3.7 Accumulatori di elettricità e superconduttori

Descrizione della tecnologia

Lo SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage) è il sistema di accumulo di energia con il più alto rendimento, fino al 95%, in

quanto è l'unico a non richiedere la conversione dell'energia elettrica in energia chimica o meccanica e quindi la ritrasformazione in energia elettrica; richiede soltanto il condizionamento della potenza con un convertitore corrente alternata/corrente continua: questo deve convertire alta tensione e bassa corrente alternata in bassa tensione e alta corrente continua e quindi le sue dimensioni devono essere notevoli.

Con lo SMES l'energia viene accumulata sotto forma di energia magnetica in quantità proporzionale all'induttanza del magnete superconduttore e al quadrato della corrente continua. La configurazione del magnete può essere a solenoide o toroidale.

Questo tipo di accumulatore presenta il grosso vantaggio di entrare in azione in un tempo molto breve: ciò lo rende adatto a stabilizzare oscillazioni nella rete di distribuzione di energia elettrica ed a proteggere sistemi non interrompibili come laminatoi di metalli, treni e in genere installazioni che debbano rimanere operative anche in caso di brevi (minori di un secondo) interruzioni nell'alimentazione di energia elettrica.

Lo SMES non produce inquinamento, però causa un intenso campo magnetico sull'ambiente circostante che può creare perturbazioni alla navigazione aerea ed avere effetti, non ancora certi ma in fase di studio, sulla salute umana.

Un altro problema deriva dal fatto che lo SMES è adatto solo per l'accumulo di grandi potenze e questo implica che nelle sue dimensioni ritenute medie (10 MWh) e grandi (10 GWh), richieda ampi spazi difficilmente disponibili in superficie in Europa ed in Giappone, quindi probabilmente le installazioni dovrebbero venire interrate: per fare un esempio i progetti USA e Giapponesi relativi ad un impianto da 5 GWh prevedono diametri per gli avvolgimenti dei solenoidi da 400 a 1.600 metri, in tunnel o in trincea. Sono inoltre richieste fondazioni, per il tunnel o per la trincea, su roccia adatta a sopportare le altissime forze elettromagnetiche.

Anche in termini di costi lo SMES, per essere competitivo con altri sistemi di accumulo o di generazione, deve essere di grandi dimensioni: almeno da 1 a 5 GWh.

È necessario tuttavia considerare i minori costi dovuti all'assenza d'inquinamento dell'aria ed al miglioramento della qualità e dell'efficienza nell'alimentazione dell'energia elettrica.

Si prevede la continuazione di operazioni di ricerca e sviluppo su impianti dimostrativi fino all'anno 2.002 e su prototipi pilota fino al 2.008, quando finalmente dovrebbe cominciare la costruzione di impianti commerciali.

Attualmente gli studi sugli SMES comportano l'utilizzo di superconduttori al Niobio Titanio; l'effetto potenziale dell'introduzione negli SMES di nuovi superconduttori ad alta temperatura, che potrebbero sostituire quelli attuali, si ritiene limitato al risparmio sull'investimento per il sistema criogenico, che potrebbe essere stimato in circa l'8%. Non è però possibile effettuare al momento un reale confronto in quanto i nuovi superconduttori ad alta temperatura, all'attuale stato di sviluppo, non sono ancora utilizzabili negli SMES.

Stato della ricerca in Italia

In Italia non vi sono ancora linee di ricerca consolidata su questa tematica; Enea ed Ansaldo stanno però collaborando con l'Enel per definire le necessità della nostra rete elettrica e quindi l'eventualità di un ingresso nel settore.

Stato della ricerca internazionale

In Svizzera la ABB ed il PSI Institute stanno sviluppando un impianto dimostrativo da 50 kwh per il livellamento del carico da installare in una stazione ferroviaria nel 1994. Il sistema dovrà sviluppare una potenza di 1,2 MW per 2,5 minuti o di 200 kw per 15 minuti.

In Germania l'Università Tecnica di Monaco sta preparando il disegno di un piccolo SMES toroidale da 3-4 kwh, relativo ad un impianto pilota per il livellamento del carico e per la diminuzione delle cadute asimmetriche di tensione da installarsi sulla rete elettrica della Baviera.

Per quanto concerne gli Stati Uniti all'inizio degli anni '80 a Tacoma, nello stato di Washington, il DOE, il BPA ed il Los Alamos National Laboratory hanno fatto funzionare un impianto dimostrativo di piccola capacità (8,3 kwh) per livellare le oscillazioni di potenza nella rete di corrente alternata in alta tensione; sono stati rilevati problemi nel sistema criogenico.

Dal 1985 all'Università del Wisconsin uno SMES da 250 kJ (< 0,1 kwh) ha operato per sei anni in linea con la rete della Madison Gas and Electricity.

La società Superconductivity Inc. di Madison nel Wisconsin sta installando impianti dimostrativi presso due potenziali clienti, la Georgia Pacific Paper Plant (lavorazione della carta) e l'Alcoa di Davenport, Iowa (produzione di alluminio).

Nei prossimi 5 anni verrà parzialmente sviluppato il progetto USA ETM (Engineering Test Model) da 21 MWh, soprattutto per l'ingegnerizzazione dei componenti di grandi impianti; inizialmente tale progetto era stato previsto per la US Strategic Defence Initiative - SDI come alimentazione di laser di grande potenza.

In Giappone sei organizzazioni stanno sperimentando SMES di piccola dimensione (< 1 kWh) per verificare con i risultati le previsioni teoriche. Uno dei sistemi in oggetto ha l'avvolgimento del superconduttore a forma toroidale per verificare l'eventuale minore effetto del campo magnetico sull'ambiente esterno, rispetto all'avvolgimento a solenoide.

4. Sistemi ad ampia diffusione: posizione competitiva dei settori produttivi e utilizzatori

4.1. Introduzione

Come già nel precedente rapporto, questa parte sarà dedicata a delineare la portata degli effetti che le nuove tecnologie possono avere sui settori produttori e utilizzatori dei frutti delle innovazioni.

Questo rapporto riguarda i sistemi ad ampia diffusione, cioè tutti i sistemi di dotazioni infrastrutturali, e, più in generale, di quei prodotti che presentano un'utilità non limitata a singole branche dell'industria, bensì diffusa a tutto il sistema economico e persino ai consumatori privati. Data l'ampiezza del campo indagato, diviene indispensabile concentrare l'attenzione sui temi più rilevanti. La trattazione verterà principalmente sulle tre aree che sono state interessate da maggiori sviluppi tecnologici: le telecomunicazioni, i trasporti e l'energia.

La natura dell'oggetto considerato impone di scostarsi almeno in parte dallo schema di analisi adottato nel precedente rapporto. Lo scopo resta quello di stabilire la posizione competitiva dell'Italia nei settori che producono beni o servizi nei campi sopra citati, ma spesso gli stru-

menti utilizzati tipicamente a questo fine, quali l'analisi della bilancia commerciale e delle quote di mercato mondiale (o di un suo sottinsieme), risultano inadeguati.

I servizi infrastrutturali, pur avendo spesso la natura di beni economici veri e propri, per i quali è possibile cioè escludere dal consumo chi non è interessato, ottenendo invece un prezzo dai consumatori, vengono in genere considerati servizi di pubblica utilità, e quindi per questo meritevoli di essere prodotti e offerti dallo stato, o almeno sottoposti a regime di regolamentazione. In tale situazione la posizione commerciale del paese, così come il sistema dei prezzi dei servizi offerti, non sono l'indicatore economico del successo delle strategie intraprese dall'impresa e della sua competitività, bensì l'esito di scelte politiche dettate da criteri non esclusivamente economici.

Anche per i settori a monte, che producono macchine e apparecchi per la produzione dei servizi di pubblica utilità, vale un discorso particolare. Pur trattandosi infatti di settori industriali in senso proprio, i cui beni non hanno caratteristiche economiche particolari per le quali essi possano distinguersi a priori dal resto dell'industria, il trattamento ad essi riservato a livello nazionale è privilegiato. L'essenzialità del servizio a valle si traduce nella strategicità del settore industriale a monte.

La scelta politica conseguente, criticabile, e anzi ampiamente criticata nell'attuale dibattito economico sulla concorrenza, è quella di proteggere le imprese nazionali dalla concorrenza estera. Lo strumento prescelto per ciò non è necessariamente quello di una politica protezionistica, peraltro attuata almeno in parte fino a poco tempo fa nel campo dei veicoli per uso privato, bensì sfruttando il potere, che all'ente pubblico deriva nella sua qualità di monopsonista (cioè di unico compratore), di privilegiare i fornitori nazionali.

L'ampio tema dell'opportunità di aprire alla concorrenza i settori in esame, e degli effetti che l'attuale o passata situazione ha avuto sulla loro struttura e competitività, verrà approfondito più avanti, nel corso dell'analisi dei singoli settori di domanda e di offerta. Esso è stato però richiamato già a partire da queste prime righe allo scopo di chiarire lo scarso contenuto informativo contenuto nei

dati riportati dalla bilancia commerciale e la necessità di riferirsi a fonti più diversificate. Purtroppo, soprattutto per quanto riguarda il settore dei servizi di pubblica utilità, i dati sono pochi, spesso di natura qualitativa, in genere poco confrontabili fra nazioni diverse. Si tenterà comunque di offrire un quadro chiaro, che vada possibilmente al di là dei soliti luoghi comuni sulla qualità dei servizi offerti dalla pubblica amministrazione, sia relativamente alla situazione attuale, sia all'evoluzione prevedibile in seguito ai mutamenti istituzionali e tecnologici.

4.2. I settori produttivi

a. Le telecomunicazioni

L'industria delle telecomunicazioni, intesa come produzione manifatturiera, riguarda la produzione di tutti gli apparati necessari al funzionamento della rete di trasmissione delle informazioni. Si possono individuare tre gruppi di prodotto, che costituiscono anche i comparti principali in cui è suddiviso il settore: il sistema utente, il sistema di connessione, che consente la trasmissione del messaggio lungo la rete (43% circa del mercato), e le centrali di commutazione (43%), che consentono di indirizzare le chiamate e di collegare le varie entità.

Per comprendere l'entità della posta in gioco sono sufficienti poche cifre. È stato stimato che nel 1990 il mercato mondiale delle telecomunicazioni rappresentava il 2% del PIL mondiale, per un valore di 320 miliardi di Dollari a prezzi 1985. Di questi il 18% (circa 60 miliardi) riguarda la produzione di apparati, mentre la parte restante è relativa ai servizi. Si stima inoltre che entro l'anno 2000 il 7% del PIL dei paesi CEE deriverà dalle attività di telecomunicazione. L'Italia in particolare dovrebbe manifestare tassi di crescita molto rapidi, soprattutto per quanto riguarda il mercato fisico, perché, come la Spagna e la Germania, le sue dotazioni infrastrutturali necessitano maggiormente di sviluppo e modernizzazione (vedi Tab. 1).

Tabella 1: Tassi medi di crescita annuale della produzione di apparecchiature per telecomunicazioni

	Produzione 1991 mld di ECU	82-86	86-91	91-97
Benelux	1.62	2,3	3,4	4,5
Germania	7.90	3,6	6,1	7,5
Spagna	3,00	3,5	13,6	11,0
Francia	5,22	1,2	1,9	7,0
Italia	4,44	4,5	9,1	7,2
Regno Unito	5,08	4,5	6,0	5,0
CEE	28,93	28,93	4,3	7,2

Fonte: ERECO, su Sole 24 Ore

Si tratta in sintesi di un mercato ampio e in rapido sviluppo che presenta opportunità enormi per gli operatori dotati di punti di forza nel governo della tecnologia e dei mercati.

Il quadro della competizione al suo interno è però notevolmente complesso per tre ordini di motivi:

- il notevole e continuo sviluppo tecnologico da cui è stato caratterizzato il settore negli ultimi due decenni rende di fatto poco rappresentativo un quadro statico del settore, difficoltoso il giudizio sulla validità delle strategie prescelte, instabili le posizioni di dominanza.
- esistono fra servizi e manifattura una serie di strettissimi rapporti strutturali, per i quali i destini dell'industria sono legati a filo doppio con le scelte politiche che riguardano la fornitura dei servizi.
- la condizione descritta al punto precedente fa sì che a livello internazionale la battaglia competitiva si giochi non solo in termini di innovazione tecnologica e di efficienza produttiva, ma anche a colpi di imposizione di standard tecnici, di regolamentazioni, di tempestività nell'adeguare le normative tecniche al mutato contesto tecnologico e competitivo.

In Italia la creazione di un'industria delle telecomunicazioni nazionale e indipendente è stata per lungo tempo un obiettivo fondamentale di politica industriale. Il monopolio nell'offerta dei servizi veniva, tra l'altro, difeso in base all'argomentazione che l'esistenza di un unico acquirente potesse favorire lo sviluppo delle imprese nazionali. In realtà, l'industria nazionale, operando in un ambito ristretto e in qualche misura "protetto", non è stata stimolata a mantenersi su livelli di internazionalizzazione (e quindi di innovazione) uguali a quelli delle correnti esterne. Inoltre la politica praticata dal gestore di diversificazione dei fornitori non ha consentito all'industria nazionale di apparati di raggiungere una dimensione operativa che le consentisse di sopravvivere agevolmente nell'attuale quadro di sempre crescente concentrazione. Questo dimostra che il sostegno allo sviluppo del settore manifatturiero non dipende tanto dal tipo di regime del settore di servizi a valle, quanto dall'insieme delle politiche industriali, e in particolare di sostegno alla ricerca. L'impresa leader nazionale, l'Italtel, del gruppo IRI, non gode attualmente di una posizione particolarmente brillante. A livello nazionale essa deve infatti spartire il mercato con le filiali di società estere, mentre la sua presenza a livello internazionale sta solo ora cominciando a svilupparsi in modo significativo, seppure con risultati notevolmente promettenti (Cina, Russia, ecc.).

Paradossalmente, in un settore che sommariamente presenta le caratteristiche favorevoli alla globalità l'Italtel appare ancora troppo legata al mercato italiano ed alla strategia dell'operatore SIP. Nel complesso si può giudicare che, per quanto riguarda i prodotti per i servizi di telecomunicazione, l'Italia si trovi ancora in una posizione di oggettiva subordinazione all'interno del mercato mondiale, come testimoniato d'altronde dai dati della bilancia dei pagamenti, che presentava per l'anno 1991 importazioni per 5.198 miliardi, esportazioni per 2.050, con un saldo negativo di 3.148 miliardi. Nell'anno precedente il saldo è stato di -2.718, si è quindi verificato un peggioramento del 15,8%.

b. I trasporti

Il settore della produzione di mezzi di trasporto risulta notevolmente differenziato al suo interno per le tipologie produttive. L'eteroge-

neità dei beni prodotti, in quanto a sistemi di produzione, tecnologie coinvolte, tipologia di cliente servito, si traduce in una diversa struttura e posizione competitiva nazionale dei diversi comparti, e rende quindi impossibile una trattazione unitaria. I dati su quote di mercato e bilancia commerciale sono contenuti rispettivamente nelle tabelle 2 e 3.

Occorre innanzitutto distinguere tra beni che vengono offerti al consumatore, e beni che vengono essenzialmente venduti ad enti pubblici che gestiscono i servizi di trasporto. Nel primo caso l'andamento settoriale dipende da elementi essenzialmente economici legati alla domanda e offerta e alla competitività dei prodotti offerti. Nel secondo caso l'andamento industriale è pesantemente influenzato da singole decisioni degli acquirenti nazionali o esteri.

Per quanto riguarda il primo gruppo di beni (autoveicoli, veicoli industriali, cicli e motocicli) l'anno 1991 è stato caratterizzato da gravi segnali negativi in tutti i comparti: peggioramento del saldo negativo nel settore degli autoveicoli e riduzione del margine positivo per i settori tradizionalmente in attivo (cicli e motocicli). La perdita di competitività dei prodotti italiani, più grave sul mercato interno che su quello estero, va imputata essenzialmente a una scarsa capacità innovativa di segmenti dimensionalmente rilevanti.

I tre comparti del settore "pubblico" vanno invece considerati separatamente. Il settore navale risente di un periodo di particolare stasi, a causa dell'incertezza sugli standard di sicurezza che saranno richiesti in particolare alle navi cisterna. Si tratta di un settore relativamente poco innovativo; quasi nessuna impresa infatti realizza attività di ricerca interna, mentre si tende ad acquisire le innovazioni dall'esterno. Le innovazioni più significative riguardano lo sviluppo dell'alta velocità, che potrebbe avere un impatto significativo non solo nello sviluppo di un segmento interno al settore di trasporti marittimi, ma soprattutto nel recupero di competitività di questi ultimi rispetto ad altri tipi di trasporto.

Fino ad oggi infatti il trasporto via mare poteva puntare solo su vantaggi dal lato dei costi, ma risultava sicuramente il mezzo più lento fra quelli disponibili. È interessante notare come le imprese più attive nell'investire sull'alta velocità siano state le piccole società private che

gestiscono i trasporti locali, malgrado l'entità dell'investimento richiesto.

L'industria aero-spaziale sta attraversando una fase di notevole sconvolgimento; la secca riduzione delle spese per la difesa, che interessa tutti i principali paesi, non si è solo tradotta in una riduzione delle commesse, che costituiscono comunque un fattore non passeggero bensì permanente, ma più in generale nel cambiamento del quadro di riferimento della domanda. In ogni caso, in termini congiunturali si è immediatamente avuto come effetto un saldo commerciale per la prima volta negativo.

La maggior debolezza dell'industria aeronautica italiana è il suo orientamento prevalente verso il mercato militare per il quale non è possibile avanzare alcuna previsione di ripresa. Il nuovo assetto politico mondiale (per di più non ancora stabilito) non consente di formulare ipotesi concrete sulle specifiche minacce militari che si dovranno affrontare, e quindi sui mezzi necessari. Quindi, malgrado le imprese italiane partecipino a molti tra i più importanti programmi internazionali, e possano contare su prodotti interessanti, si avverte nell'aria una grave minaccia di crisi. Il progetto Eurofighter, cui partecipa Alenia, è in ritardo per problemi finanziari e per incertezze politiche; inoltre è stato proposto un accordo fra Italia e USA per l'acquisto in leasing da parte dell'Aeronautica Italiana di caccia americani, acquisto che costituisce una minaccia per la sopravvivenza del programma Eurofighter e dell'intera industria aeronautica italiana.

La situazione dell'industria del materiale rotabile è interessante sia per la particolarità della struttura settoriale, sia per la rilevanza dei processi innovativi in atto, riguardanti l'alta velocità. Fra l'Ente delle Ferrovie dello Stato e i fornitori esiste un rapporto anomalo in quanto, pur essendo l'unico cliente, esso non si trova in una posizione di forza reale, a causa di interferenze politiche e del carattere assistito del settore industriale. In questa situazione le FS non sono state in grado né di promuovere uno sviluppo dell'innovazione, né di assicurarsi che l'innovazione, eventualmente anche sviluppata al di fuori dell'industria nazionale, si traducesse in costi competitivi. Un esempio di questo è dato da uno dei canali di maggiore sviluppo nel campo: quello dell'innovazione di potenza.

La tecnologia originale era giapponese. L'internalizzazione da parte dei produttori nazionali ha generato macchine costose e poco competitive.

Il quadro non è comunque completamente negativo. Le imprese nazionali si sono in passato specializzate in singoli comparti produttivi, come dimostrato dall'andamento negli anni passati quasi parallelo di importazioni ed esportazioni, investendo notevolmente in ricerca e sviluppo. Il treno ad assetto variabile (Pendolino) è stato sviluppato autonomamente da un'impresa privata (la FIAT). Ancora una volta il sistema di gestione degli acquisti (numero limitato di pezzi acquistati, in condizioni non di concorrenza) da parte delle Ferrovie dello Stato si è tradotto in costi unitari elevatissimi. Ciò non toglie che il prodotto abbia incontrato un buon gradimento all'estero. In generale però il metodo di finanziare la ricerca pagando prezzi maggiorati sui prodotti acquistati non costituisce uno strumento selettivo della qualità, e non favorisce quindi il contenimento dei costi di produzione e, più in generale, lo sviluppo di un'autonoma capacità di competere sui mercati internazionali.

4.3. I settori utilizzatori

Il livello e la qualità dei servizi di pubblica utilità offerti hanno effetti per definizione molto diffusi a livello sia sociale sia economico. Gli effetti sull'ambiente economico sono leggibili sia a livello micro sulle singole unità produttive, sia a livello macro, come effetto aggregato su variabili quali inflazione, occupazione, reddito.

In particolare il costo dei servizi influisce sulla competitività di costo delle imprese utilizzatrici e ne influenza le scelte tecnologiche. La qualità dei servizi ha effetti in numerose direzioni: ancora una volta sui costi, in quanto, in caso di qualità insoddisfacente, obbliga l'impresa ad autoprodurre o a rifornirsi di servizi aggiuntivi; sulla qualità dei prodotti offerti dall'impresa, limita il numero di prodotti realizzabili e il mercato raggiungibile. In generale una qualità insoddisfacente dei servizi si traduce nell'utilizzo subottimale dei fattori produttivi.

Sebbene siano riconoscibili significativi progressi in numerosi campi dei servizi pubblici in Italia, con miglioramenti della produttività

superiori all'andamento nella CEE o nell'insieme dei paesi industrializzati (per esempio telecomunicazioni, trasporto aereo), il divario esistente fra la situazione nazionale e gli standard esteri è ancora notevole, e penalizza gravemente la competitività degli operatori economici, in particolare di quelli medio piccoli, che non sono in grado di dotarsi autonomamente di strutture alternative o integrative per ovviare alle carenze pubbliche.

a. I servizi di telecomunicazione

I servizi costituiscono l'attività più importante del settore delle telecomunicazioni (80% del fatturato complessivo). Il rivoluzionario processo in atto di passaggio da una situazione di monopolio a una di concorrenza è stato innescato proprio dal progresso tecnologico che ha caratterizzato l'offerta di apparati. Le condizione operative si stanno modificando in tre punti principali: il passaggio da un mercato di operatori nazionale a uno internazionale, l'evoluzione da un'attività di trasporto di informazioni verso dei servizi complessi ad alto valore aggiunto, l'integrazione continua della gamma dei servizi offerti con prodotti sempre più differenziati e personalizzabili. Le strategie delle imprese di servizi dovranno sempre più porre al centro la domanda, anche potenziale, seguendo pienamente una logica di mercato. In questa situazione l'efficienza del gestore è indispensabile per affrontare la concorrenza internazionale, prezzo e qualità saranno le armi con cui si combatterà.

Parte del ritardo accumulato nel settore delle telecomunicazioni è dovuto al fatto che si è avviato più tardi il processo di privatizzazione e di apertura alla concorrenza, che in altri paesi è invece ormai consolidato. Sebbene i risultati non siano stati uniformemente positivi in tutte le nazioni[1], sicuramente l'uscita dal regime di monopolio costituisce un passo inevitabile per avviare il processo di rinnovamento.

1. Le difformità sono dovute al fatto che gli effetti virtuosi della competizione su prezzi e innovazione non si innescano automaticamente. La privatizzazione non è un elemento sufficiente se non si accompagna alla creazione, spontanea o indotta dalle politiche industriali, di un mercato di concorrenza.

b. I servizi di trasporto

Ancora una volta, come già nella parte dedicata all'offerta di mezzi di trasporto, un'analisi unitaria della situazione dei servizi di comunicazione fisica risulta estremamente difficoltoso, per l'eterogeneità dell'insieme considerato.

Vanno infatti considerate le reti infrastrutturali (stradali, autostradali, ferroviarie, ecc., con i relativi nodi, quali stazioni, porti e aeroporti), e l'efficienza nella gestione dei vari servizi di trasporto (ferroviario, marittimo, aereo, urbano), che a loro volta possono essere distinti in servizi passeggeri e servizi merci.

Vale in generale l'osservazione sull'insufficienza della rete infrastrutturale, che si assesta in genere su livelli inferiori rispetto alla media CEE. Sussiste l'eccezione delle autostrade, che però risultano penalizzate dalla gestione dei caselli, che causano spesso appesantimenti al traffico. La rete ferroviaria presenta numerosi rami di scarso interesse, mentre i rami principali sono da lungo tempo saturi.

Analoga situazione negativa vale per gli snodi della rete: i porti italiani hanno da tempo perso competitività e quindi volumi di traffico; fra gli aeroporti italiani solo quello di Fiumicino può garantire un'efficiente servizio di smistamento fra traffico internazionale e nazionale, mentre a Milano l'anomala situazione della ripartizione del traffico fra Malpensa (intercontinentale) e Linate (internazionale e nazionale) costituisce un vincolo strutturale ineliminabile. Il servizio di trasporto aereo è inoltre penalizzato dall'insufficienza dei collegamenti fra gli aeroporti e i rispettivi bacini di utenza, e dall'inefficienza di molte società di gestione degli aeroporti.

Per quanto riguarda i trasporti ferroviari, le caratteristiche qualitative dell'offerta sono generalmente scarse: velocità basse, scarso rispetto per gli orari, stazioni non confortevoli, pulizia poco curata, inesistente modularità con altri tipi di trasporto.

Tale quadro negativo pare avviarsi verso un miglioramento come dimostrato anche da qualche azione concreta. In ogni caso l'intervento più radicale e di ampia portata, quello relativo all'alta velocità, diverrà operativo non prima del 2000, e consentirà standard appena comparabili con quelli delle altre nazioni.

4.4. La situazione energetica del paese

Infine un breve accenno alla situazione in campo energetico; breve perché la gravità del deficit energetico italiano è evidente e noto a tutti. Pare comunque utile un'indicazione quantitativa, al fine di poter valutare l'elevatissimo impatto economico che possono avere innovazioni, anche apparentemente marginali, nel campo del risparmio o della produzione di energia.

Nel 1992 il deficit è ammontato a più di ventimila miliardi di lire, dopo aver subito un'impennata fino a 22.000 miliardi nel 1991. La contrazione non è evidentemente ascrivibile a un contenimento dei consumi, bensì all'andamento dei prezzi delle materie prime. I dati sui consumi energetici sono contenuti nelle tabelle 4, 5 e 6. Anche in termini relativi la dipendenza dall'estero continua ad aumentare. In molti altri paesi la percentuale di energia importata rispetto a quella prodotta internamente si è ridotta; nel periodo compreso fra il 1973 e il 1990 la dipendenza dall'estero si è annullata in Francia (all'inizio del periodo era del 46%), in Germania è passata dal 29% al 10%, persino in Giappone, paese che condivide con l'Italia una particolare povertà di risorse energetiche, la percentuale si è notevolmente ridotta, passando dall'80% al 65%. In Italia la dipendenza dall'estero al contrario è passata dal 67% all'82%.

Dettagliando maggiormente le problematiche che l'Italia dovrà fronteggiare in campo energetico, si evidenziano quattro temi:

- le politiche energetiche nazionali andranno inserite nel contesto generale imposto dall'integrazione europea;
- non si potranno più ignorare le relazioni che legano la produzione e l'utilizzo dell'energia con le problematiche ambientali ;
- come negli altri settori di servizio, il settore energetico dovrà sempre più aprirsi alla concorrenza, abbandonando il regime di quasi monopolio di stato;
- dovrà essere ampliato l'impegno verso nuove fonti di energia.

Per quanto riguarda il primo punto l'Italia non potrà che trarre vantaggio dal processo in corso di unificazione europea, in particolare

dal passaggio da un'ottica di indipendenza energetica nazionale a quello di integrazione europea. Sicuramente l'uniformazione dei sistemi normativi imporrà però anche dei vincoli di azione, che saranno particolarmente rilevanti in campo ambientale, qualora l'Italia non arrivi prima a predisporre una propria normativa interna adeguata.

Per quanto riguarda gli ultimi due punti citati, essi hanno avuto ampio rilievo all'interno delle ultime leggi di attuazione del Piano Energetico Nazionale, le leggi 9 e 10 del Gennaio 1992. La Legge n. 9 riguarda principalmente le centrali idroelettriche e gli elettrodotti, gli idrocarburi e la geotermia, e gli autoproduttori. La legge n. 10 riguarda invece l'utilizzo razionale dell'energia, il risparmio energetico e le fonti rinnovabili.

Nel campo dell'energia idroelettrica è previsto un incremento della potenza pari a 2.600 Megawatt, ottenuti con un volume di investimenti di 10.000 miliardi, pari a un ottavo del totale degli investimenti previsti per il decennio '70-'80.

Questo incremento consentirebbe un passaggio dello sfruttamento del potenziale idroelettrico nazionale dal 70% all'80%, valore previsto dal PEN. Nel 1990 l'incremento di energia elettrica prodotta da fonti idrologiche è stato del 16,2%, ma già nei primi dieci mesi del 1991 si è avuto un incremento del 21%.

Per quanto riguarda l'apertura alla concorrenza, la legge n. 9 prevede la possibilità di autoproduzione senza vincoli minimi di utilizzo. I produttori hanno la facoltà di immettere in rete l'eccedenza di energia prodotta a dei prezzi stabiliti periodicamente dal CIP.

È anche prevista la possibilità di passaggi di energia fra più imprese aderenti a consorzi e categorie, e di stipulare convenzioni per il vettoriamento. Non è invece consentita la vendita dell'energia prodotta a terzi.

La legge n. 10 presenta il problema delle nuove fonti di energia e del risparmio energetico in un'ottica interessante. Il risparmio e il recupero di energia vengono infatti assimilati completamente, come concetto e come tipo di trattamento, alle fonti di energia rinnovabili.

Rivolte al consumatore finale sono previste numerose iniziative, che interessano il risparmio energetico degli edifici, la presenza di un

marchio energetico sui prodotti consumatori di energia, i controlli d. efficienza degli autoveicoli, oltre che, più in generale una campagna informativa sul risparmio energetico per indurre una maggiore coscienza del valore dell'energia.

Non sono comunque prevedibili, cambiamenti rivoluzionari (nei mezzi e nei risultati) delle strategie energetiche nazionali a meno di un ripensamento sul nucleare. L'avanzato processo di smantellamento degli impianti impedirebbe un'inversione immediata di tendenza.

Nel medio periodo non resta che favorire il potenziamento di altre fonti energetiche, alternative agli idrocarburi che, oltre agli evidenti problemi di deficit valutario, causano anche gravi conseguenze ambientali.

Le fonti rinnovabili non sono attualmente in grado di sostituire in quantità anche minime le fonti tradizionali, malgrado gli interessanti sviluppi relativi all'utilizzo delle biomasse. Le nuove tecnologie, per esempio il processo di gassificazione, potrebbero rendere nuovamente interessante, da un punto di vista sia economico sia ambientale, il carbone.

L'uso razionale delle fonti energetiche, tramite risparmi presso gli utilizzatori, ma soprattutto presso i produttori, costituisce oggi una delle fonti più interessanti e praticabili in Italia.

A puro titolo esemplificativo, si può eseguire un esercizio, rozzo ma efficace, per quantificare il risparmio ottenibile con una delle tecniche presentate in questo lavoro, quella delle celle a combustibile. Esse consentono un rendimento anche doppio rispetto ai sistemi di generazione tradizionali di energia termoelettrica.

Ipotizzando un inserimento graduale della nuova tecnologia, applicata alla metà degli impianti esistenti, essa consentirebbe un risparmio pari al 7% del nostro deficit energetico (la stima è ottenuta applicando il risparmio possibile ai dati sui consumi di energia per produrre elettricità, contenuti nella tabella 4).

Tabella 2: Quote di mercato dell'Italia - % di importazioni dall'Italia sul totale delle importazioni dell'area

Settori	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Autoveicoli e motori									
Paesi OCSE	5,8	5,3	5,4	5,4	5,0	4,5	4,9	5,2	5,4
Stati Uniti	1,9	1,3	0,8	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
CEE	8,6	7,8	8,1	8,3	8,3	7,9	8,6	8,9	9,0
Area AEC(*)	8,9	8,9	9,2	9,6	9,3	8,7	9,2	9,3	9,9
Paesi di recente ades. alla CEE	9,9	6,7	6,2	7,4	,0	8,9	11,7	12,2	12,6
Altri mezzi di trasporto									
Paesi OCSE	3,5	3,8	5,6	3,7	3,9	3,5	3,7	3,1	3,2
Stati Uniti	3,4	4,1	3,2	4,0	3,9	2,8	2,6	1,9	2,0
CEE	3,8	4,0	6,6	3,9	4,1	3,8	4,2	3,6	3,4
Area AEC(*)	4,9	3,7	6,8	3,6	4,2	4,2	5,0	5,0	5,2
Paesi di recente ades. alla CEE	4,2	5,4	7,4	4,5	3,3	4,3	2,3	2,3	4,1

(*) I paesi AEC sono: Germania, Francia, Belgio, Olanda, Danimarca e Irlanda; i paesi di recente adesione sono Spagna, Portogallo e Grecia

Fonte: Elaborazioni Centro Studi Confindustria su dati Volimex

Tabella 3: Importazioni ed esportazioni di mezzi di trasporto

Gruppi merceologici	1990			1991			1991-CEE		
	Importazioni	Esportazioni	Saldo	Importazioni	Esportazioni	Saldo	Importazioni	Esportazioni	Saldo
Velocitpedi e loro parti	277	629	352	301	620	319	63	435	372
Motocicili e loro parti	440	676	236	545	666	121	222	463	241
Autoveicoli	17.847	10.034	-7.813	19.295	10.271	-9.024	18.369	8.021	-10.348
Trattori	593	1.224	631	489	1.247	758	460	817	357
Parti di autoveicoli	4.456	6.788	2.332	4.682	7.051	2.369	4.078	4.414	336
Veicoli ferroviari e loro parti	82	152	70	152	182	30	109	87	-22
Aeromobili e loro parti	3.365	3.940	575	4.298	3.825	-473	1.626	1.696	70
Natanti e loro parti	842	708	-134	948	782	-166	376	327	-49
Totale mezzi di trasporto	27.902	24.151	-3.751	30.710	24.644	-6.066	25.303	16.260	-9.043

Dati in miliardi di lire correnti

Fonte: ISTAT, Statistica del Commercio Estero

Tabella 4: Bilancio dell'Energia in Italia (milioni di tep)

	1990						1991					
Disp. e impegni	Solidi	Gas	Petrolio	Fonti rinn.	En. elettrica	Totale	Solidi	Gas	Petrolio	Fonti rinn.	En. elettrica	Totale
Produzione	1,3	14,0	4,7	0,3	8,2	28,5	1,3	14,1	4,3	0,3	10,4	30,4
Importazioni	14,1	25,4	109,4	-	7,6	156,5	14,0	27,6	105,8	-	7,6	155,0
Esportazioni	0,2	-	19,4	-	0,2	19,8	0,1	-	-2,5	-	-	-2,2
Var. Scorte	-0,6	0,3	2,2	-	-	1,9	0,1	0,2	-2,5	-	-	-2,2
Totale disponibile per il consumo interno	15,8	39,1	92,5	0,3	15,6	163,3	15,1	41,5	91,7	0,3	17,9	166,5
Trasformazione in energia elettrica	8,2	8,1	21,9	-	38,2	76,4	7,4	7,5	22,2	-	37,1	74,2
Consumi e perdite del settore energetico	1,5	0,4	6,2	0,1	35,3	43,5	1,5	0,7	5,5	0,1	36,1	43,9
Tot. impieghi finali di cui:	6,1	30,6	64,4	0,2	18,5	119,8	6,2	33,3	64,0	0,2	18,9	122,6
- industria	5,1	13,0	8,8	0,1	9,5	36,5	5,1	13,1	7,8	0,1	9,5	35,6
- Trasporti	-	0,2	33,7	-	0,5	34,4	-	0,2	34,7	-	0,6	35,5
- Usi civili	0,8	15,7	10,1	0,1	8,1	34,8	0,9	18,2	10,1	0,1	8,4	37,7
- Agricoltura e pesca	-	-	2,7	-	0,4	3,1	-	0,1	2,5	-	0,4	3,0
- Usi non energetici	0,2	1,7	6,4	-	-	8,3	0,2	1,7	6,3	-	-	8,2
- Bunkeraggi	-	-	2,7	-	-	2,7	-	-	2,6	-	-	2,6

Fonte: Elaborazioni ENI-Stuecen su Bilancio Energetico Nazionale - Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato

Tabella 5: Domanda energetica primaria in Italia (milioni di tep)

	1992	1995			2000			2005	
	Consuntivo	PREV.90	PREV.92	PREV.93	PREV.90	PREV.92	PREV.93	PREV.90	PREV.92
Combustibili solidi	13,6	15,1	14,2	14	23,7	15,9	14,9	18,9	162,2
Gas naturale	41,2	37,5	50,7	47,4	50	62,2	60,6	69,1	66,4
Energia el. primaria	18,1	17,4	20,7	18	21	19,2	18,2	19,7	18,6
Petrolio	94	94,7	89,5	93,1	92	89,1	91,1	88,9	91,9
Fonti rinnovabili	0,3	0,3	0,5	0,3	1	0,5	0,6	1	0,9
Totale	167,2	165	175	172,8	187,7	186,9	185,4	197,6	194
Variazione%annua	0,3	2	1,5	1,8	1,1	1,3	1,4	1,1	0,9

Stime:

Fonte: Unione Petrolifera su dati Confindustria, ENI, ENEL, SNAM e FIAT

Tabella 6: Importazioni ed esportazioni per raggruppamenti Nace - Periodo gennaio-dicembre 1991/1992

Valori in miliardi di lire

SETTORI	IMPORTAZIONI			ESPORTAZIONI			SALDO	
	1991	1992	VAR.%	1991	1992	VAR.%	1991	1992
Agricoltura e pesca	15.956	14.828	-7,1	6.006	5.790	-3,6	-9950	-9038
Energia	26.894	24.807	-7.8	4.718	4.704	-0,3	-22176	-20103
Minerali ferrosi e non	19.466	19.624	0,8	8.960	9.087	1,4	-10506	-10537
Prodotti non metallici	4.391	4.498	2,4	8.665	9.147	5,6	42.74	4649
Chimica	27.487	29.085	5,8	15.622	17.351	11,1	-11865	-11734
Metalmeccanica	51.623	52.703	2,1	71,997	75.168	4,4	20374	22465
Mezzi di trasporto	28.803	32.551	13	22.141	21.873	-1,2	-6662	-10678
Alimentari e tabacchi	18.002	18.799	4,4	9.056	10.418	15,0	-8946	-8381
Tessile - Abbigliamento	14.550	15.747	8,2	36.952	38.597	4,5	22402	22850
Altri prodotti	18.576	19.466	4,8	25.624	27.282	6,5	7048	7826
TOTALE	225.748	232.108	2,8	209.741	21.427	4,6	-16007	-12681

5. Effetti delle innovazioni nelle telecomunicazioni sull'organizzazione del lavoro

5.1. I produttori di telecomunicazioni in Italia

Il settore delle telecomunicazioni italiane ha subìto, nel corso degli anni '80, un deciso processo di ristrutturazione determinato in larga parte da un progresso tecnologico intrinsecamente labour saving che ha colpito soprattutto le aziende produttrici e in misura minore le società di gestione.

Stimolo e obiettivo del cambiamento occorso è stato una nuova dinamica della competitività interna ed internazionale che ha imposto ritmi e politiche aziendali impensabili nella situazione protetta degli anni '70.

Dal lato dell'occupazione osserviamo che:

- nonostante la favorevole dinamica della domanda e degli investimenti, gli effetti della ristrutturazione hanno comportato un sensibile ridimensionamento degli organici verificatisi in tutte le aziende produttrici di apparecchiature per le telecomunicazioni. Ciò si deve in particolare al passaggio dalla commutazione elettromeccanica a quella elettronica. Prima di questo mutamento il comparto della commutazione occupava più del 50% dell'occupazione ed erano necessarie più di 15.000 ore di lavoro in officina rispetto alle 1.000 richieste dalla tecnica attuale. Queste poche cifre e la mancanza di un intervento programmatorio spiegano ampiamente i motivi che hanno condotto negli anni 80 alla profonda ristrutturazione del settore.

  Il ridimensionamento ha intaccato prevalentemente la forza lavoro più debole, vale a dire quella operaia con bassa qualifica e basso titolo di studio. Invece, sono in parte cresciuti i laureati e i diplomati, gli addetti alla R&S e la componente impiegatizia.

- Nelle società di gestione, invece, la moderata crescita occupazionale dell'ultimo ventennio sembra oramai essersi assestata su un livello stabile, previsto anche per i prossimi anni. Alla relativa stabilità del risultato occupazionale non corrisponde una pari stabilità delle com-

ponenti interne. Anche per quanto riguarda i gestori di telecomunicazioni si assiste ad un rimescolamento di mansioni, qualifiche, con conseguente riduzione dei posti di lavoro poco qualificati e elevata introduzione di laureati e diplomati.

Alcune ripercussioni tecnologiche possono ancora interessare l'installazione e la manutenzione. Il minor ingombro delle centrali, il minor fabbisogno di collegamenti terrestri, la maggior capacità di cavi e centrali grazie alle tecniche numeriche e alle fibre ottiche, sono tutti fattori che consentono di prevedere una progressiva riduzione e semplificazione delle operazioni per l'installazione delle reti. Per quanto riguarda la manutenzione la maggior affidabilità dei nuovi ritrovati tecnologici dovrebbe ridurre le cause di malfunzionamento. Infatti in uno studio sugli effetti delle nuove tecnologie nelle telecomunicazioni inglesi è stato calcolato che gli interventi manutentivi espressi in ore/uomo per linea commutata si passa da 0,45 delle centrali elettromeccaniche, a 0,22 delle semielettroniche, a 0,1 delle digitali.
Per altri versi i miglioramenti tecnologi permettono di mettere in contatto un numero maggiore di utenti e necessità di servizi. Da questo lato si potranno avere aumenti occupazionali per l'installazione e manutenzione dei nuovi servizi.

- Infine, si assiste ad una crescita occupazionale nei nuovi settori specializzati nell'offrire servizi largamente utilizzatori di telecomunicazioni. In questo campo il progressivo sviluppo dei nuovi servizi di comunicazione e dei Vas (Valued advanced service) sembra infatti promettere nuovi orizzonti di assorbimento occupazionale (le stime indicano una crescita del 10% annuo). Si tratta anzi di un comparto fondamentale di quelle "Information Technologies" che Freeman e la sua scuola ritengono essere la linfa vitale del nuovo ciclo di Kondratiev. Tuttavia, per le loro ridotte dimensioni e per la loro recente formazione, allo stato attuale, tali subsettori non sono in grado di compensare le perdite avvenute soprattutto nel primo comparto. In questo quadro, emerge con ancora maggiore chiarezza la responsabilità della politica economica nel favorire il definitivo decollo di questi nuovi servizi e nel contribuire alla formazione di una rete di trasmissioni adeguata.

5.2. Gli utilizzatori di telecomunicazioni

Una delle principali caratteristiche delle tecnologie relative alle telecomunicazioni è la pervasività per cui si può giustamente ritenere che tutti i settori economici in qualche misura possono essere coinvolti.

Le modalità di impiego delle telecomunicazioni nelle attività lavorative riguardano essenzialmente due aspetti: da un lato la necessità di ricercare dati e dall'altro di trasferire o ricevere informazioni da enti esterni.

- La possibilità di essere contattati rapidamente e in modo sufficientemente sicuro da tutto il mondo ha spinto molte istituzioni a mettere a disposizione del pubblico i propri archivi interni o ha indotto alcune società a raccogliere in modo generalizzato notizie su determinati argomenti. In entrambi i casi sono state costituite le cosiddette "banche dati" che, a fronte del pagamento di un canone annuale, possono essere consultate da chiunque. Rientrano nel primo caso, la Comunità Europea, le Camere di Commercio, l'INPS, la Seat, alcune testate giornalistiche, ecc.. Nel secondo ambito rientrano, soprattutto all'estero, le società specializzate nella raccolta a fini commerciali di informazioni bibliografiche e documentalistiche concernenti settori differenziati come: medicina, chimica, economia, marketing, informatica, assicurazioni, letteratura, storia, arte e altri ancora.

- Per quanto riguarda le ripercussioni sul lavoro in linea di massima si può ritenere che tali servizi sono solo in minima parte sostitutivi delle precedenti mansioni, mentre nella maggior parte dei casi possono costituire delle nuove occasioni di lavoro e di profili professionali. Tuttavia, è da sottolineare il fatto che le imprese hanno solo minimamente utilizzato e ricercato tali informazioni. Uno dei principali problemi che hanno ostacolato la diffusione di questi nuovi servizi è sicuramente il linguaggio di consultazione che normalmente differisce da banca dati a banca dati. Ciò comporta per l'operatore addetto alle ricerche di dover imparare le diverse modalità di consultazione e ne rallenta, di conseguenza, l'apprendimento e la facilità d'uso.

- Per quanto riguarda la necessità di trasferire informazioni se dal lato operativo la gestione è molto semplificata in quanto implica sempli-

cemente di richiamare delle procedure standard, dal lato organizzativo rende possibile nuove modalità lavorative. Nel loro insieme sono tutte funzioni che vengono in parte a sostituire delle mansioni già svolte, ma nello stesso tempo possono amplificare le attività interne alle imprese.

- Il trasferimento di informazioni verso l'esterno interessa in primo luogo il lavoro d'ufficio. La posta elettronica, per esempio, sta riscontrando un rapido successo anche se la mancanza di uno standard internazionale obbliga l'apprendimento di più programmi informatici.

- Un altro aspetto riguarda la possibilità di inviare ordini o controllare la propria situazione presso determinati fornitori. È questo il caso del *remote banking*, vale a dire l'instaurazione di un collegamento telematico tra la banca e il cliente, con la possibilità per quest'ultimo di effettuare, attraverso terminali interattivi, operazioni bancarie direttamente dal proprio posto di lavoro o abitazione. Nell'ambito di tali servizi viene messo a disposizione delle imprese un complesso di informazioni sullo stato dei rapporti intrattenuti con la banca o con un gruppo di banche che partecipano all'offerta del servizio. Nella realtà italiana, dove persino aziende di piccole dimensioni sono solite intrattenere rapporti con più banche, il remote banking assume una valenza di indubbia importanza.

- Per quanto concerne l'organizzazione del lavoro l'aspetto più interessante delle possibili applicazioni delle innovazioni telematiche riguarda senza dubbio il lavoro a distanza o detto in altri termini il telelavoro. Esistono, soprattutto in Gran Bretagna, numerose esperienze in tal senso e addirittura in una recente ricerca è stato affermato che il 65% degli impiegati giapponesi potrebbe nel giro di pochi anni lavorare lontano dalla sede lavorativa.

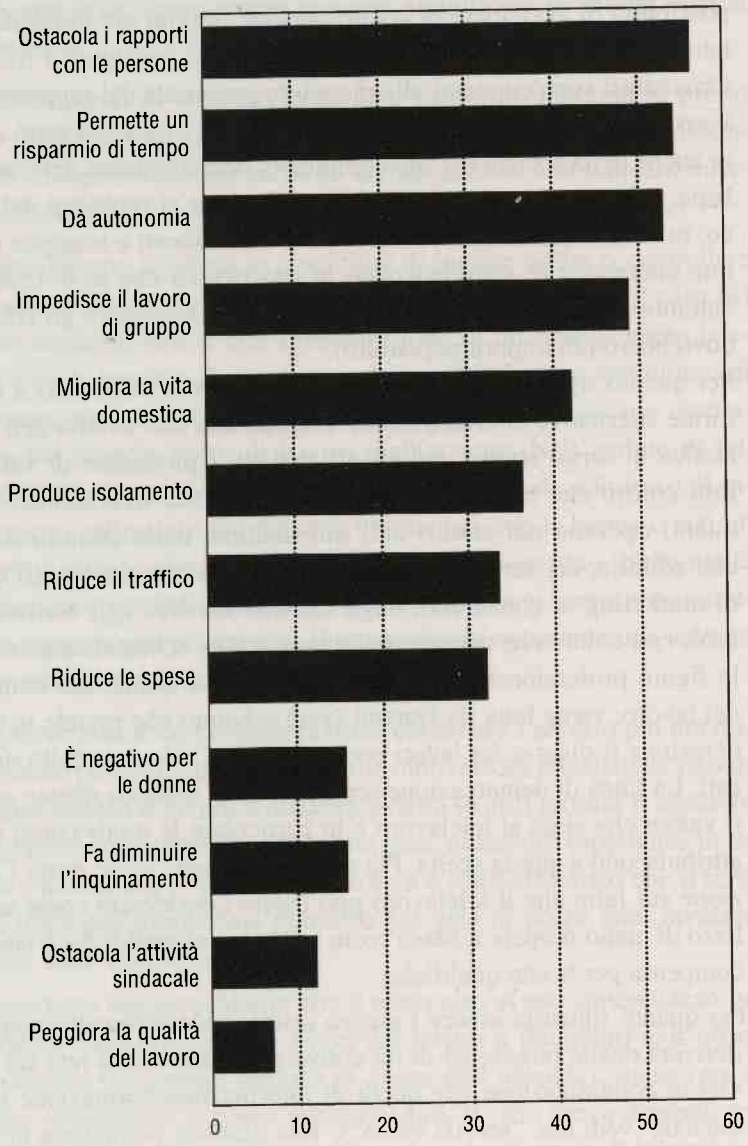
  Innanzi tutto bisogna chiarire che il telelavoro si può concretizzare in situazioni molto diverse. Si passa dal lavoro a domicilio agli uffici via satellite (decentrati rispetto al cuore dell'azienda), dalle vere e proprie teleimprese ai centri multisocietari. Il tutto senza dimenticare il cosiddetto lavoro mobile eseguito presso la clientela. Il telelavoro, per sua natura, comporta inevitabilmente una trasformazione della

struttura organizzativa al fine di recuperare flessibilità e ridurre i costi di gestione (strutture, salari, assenteismo, turnover). Per i singoli lavoratori fra i vantaggi (vedi tabella) vi sono flessibilità, autonomia, riduzione dei costi di spostamento, soluzione dei problemi familiari e possibilità di avvicinare al lavoro persone fino ad ora impedite (portatori di handicap e madri con pesanti impegni familiari). I rischi per i lavoratori sono connessi alla maggiore precarietà del rapporto di lavoro e all'isolamento dalle strutture aziendali. I vantaggi sono a favore anche della società nel suo complesso: decongestione delle aree urbane, ricomposizione delle famiglie, soluzione ai problemi del traffico, minore inquinamento, minor spesa nei trasporti e maggior risparmio energetico (è stato calcolato in una ricerca che se il 15% degli automobilisti americani si trasformasse in telelavoratore gli USA non dovrebbero più importare petrolio).

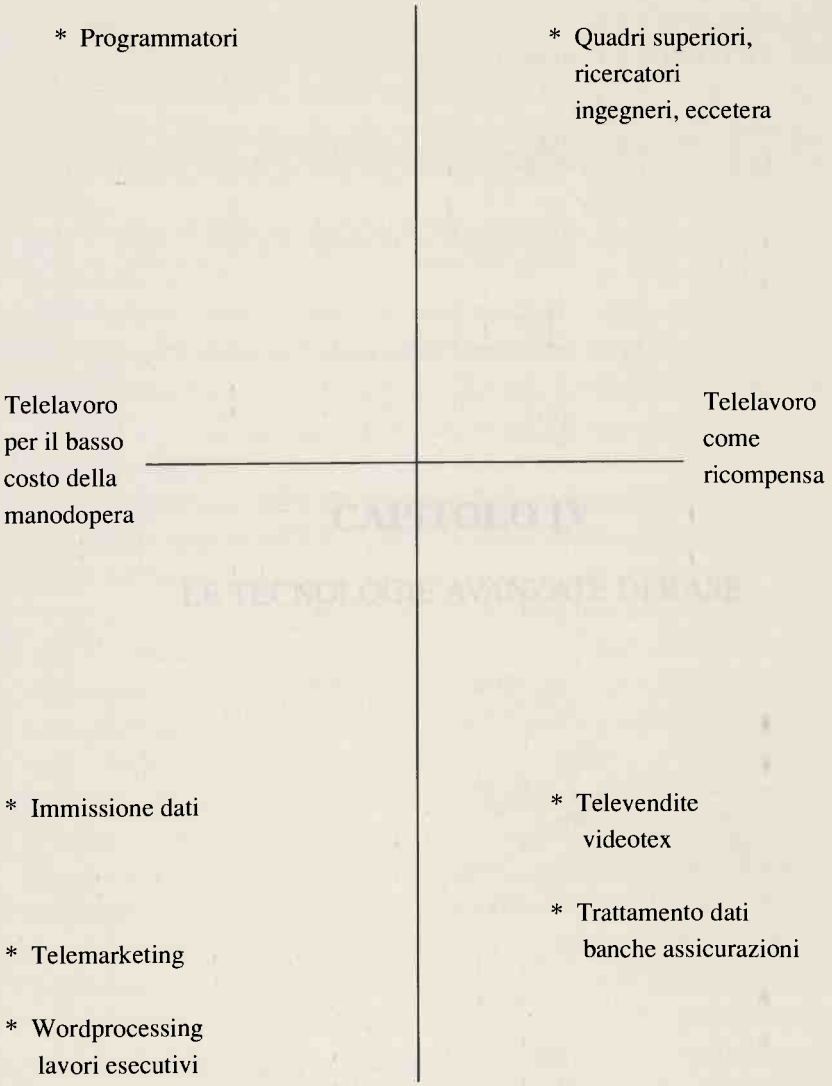
Per quanto riguarda i profili professionali, sono interessati a queste forme alternative di lavoro coloro che operano nell'ambito dell'informatica in senso stretto, quindi gli analisti, i produttori di software, tutti coloro che trattano ed elaborano dati. Ma sicuramente anche quanti operano nei settori dell'informatica, della comunicazione, dell'editoria, dei servizi con alto contenuto informativo: dagli esperti di marketing ai consulenti, dagli *opinion leaders* agli scrittori, dai *brokers* a coloro che operano nel turismo. Una schematizzazione delle figure professionali, a seconda del livello e quindi del contenuto del lavoro, viene fatta da Durand (vedi schema) che prende in considerazione il divario fra lavori poco qualificati e lavori molto qualificati. La linea di demarcazione sembra essere, secondo questo autore, il valore che si dà al telelavoro e in particolare le motivazioni che si attribuiscono a questa scelta. Più specificatamente viene posta l'attenzione sul fatto che il telelavoro può essere considerato come un utilizzo di mano d'opera a basso costo per le basse qualifiche o come ricompensa per le alte qualifiche.

- Per quanto riguarda invece l'utenza residenziale, l'impatto maggiore deriverà dealle possibilità di far convergere sulla stessa rete sia i servizi di comunicazione che quelli di informazione/formazione multimediale (vedi tab. "servizi video"). Tale riunione permetterà in particolare di rendere questi ultimi più personalizzati ed interattivi.

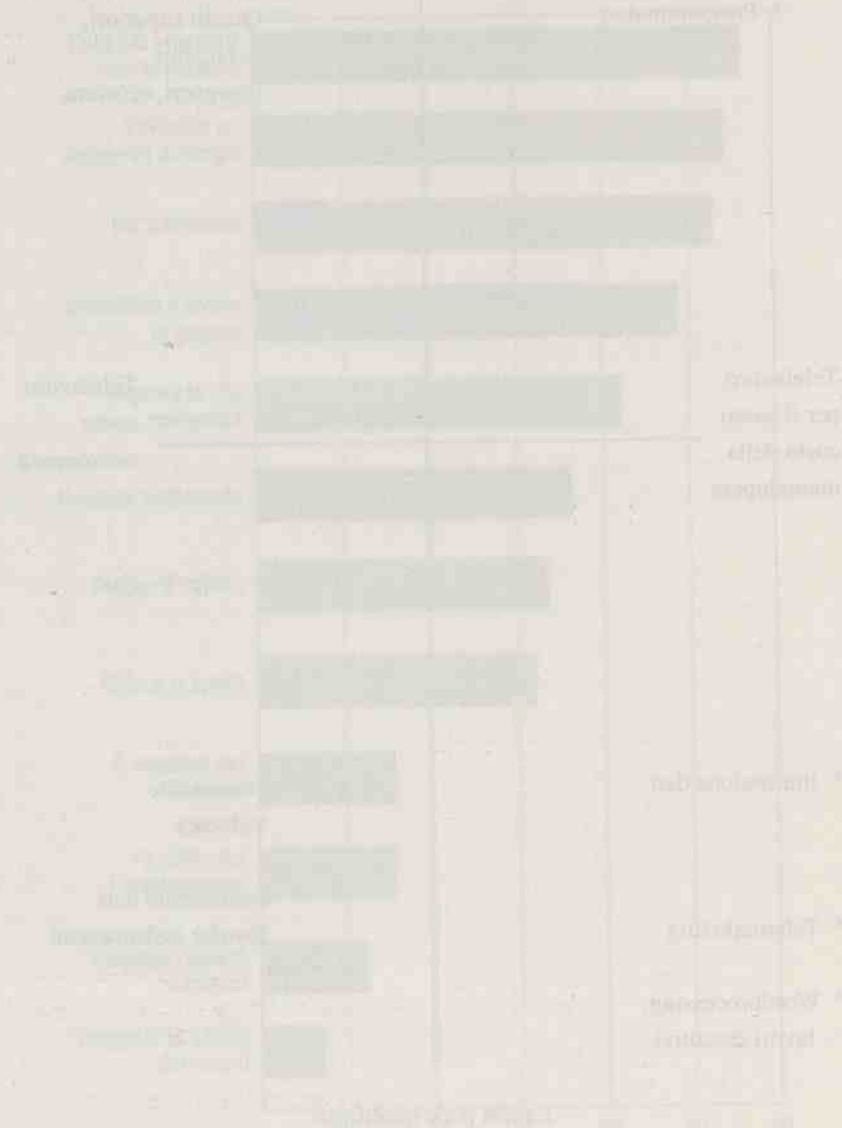
LE CARATTERISTICHE DEL TELELAVORO
(Numero di risposte positive sul totale dei questionari validi)



IL TELELAVORO
Lavori altamente qualificati



Lavori poco qualificati



CAPITOLO IV

LE TECNOLOGIE AVANZATE DI BASE

Introduzione

L'analisi della situazione della ricerca nel campo delle tecnologie di base rappresenta certamente un compito difficile per due ordini di motivi. Da un lato queste tecnologie costituiscono un insieme molto più ampio e ricco di interconnessioni di altri gruppi di tecnologie esaminati nei precedenti rapporti. Dall'altro lato la rapidità con cui va evolvendosi il livello delle conoscenze scientifiche e tecnologiche ha ormai raggiunto un'intensità inimmaginabile fino a poco tempo fa.

La rilevanza di tali tecnologie è del resto indubbia in quanto è ormai accettato che posizioni di leadership in queste aree tecnologiche consentono già ora il controllo dell'economia mondiale. In più queste tecnologie sono in grado di sviluppare applicazioni tali da costituire dei veri e propri salti tecnologici rispetto ai paradigmi attuali con conseguenze profonde sui mercati e sulle abitudini dei consumatori. Si pensi, a titolo puramente esemplificativo, alla possibilità di passare in campo informatico dalla fase analogica a quella colloquiale, alla lievitazione magnetica e alle sue applicazioni nei trasporti, all'utilizzo di materiali nuovi con prestazioni assolutamente eccezionali rispetto ai materiali tradizionali.

In particolare è importante sottolineare come l'evoluzione delle tecnologie di base sposti sempre più l'attenzione, da un lato verso le fasi a monte di progettazione e dall'altro verso processi di trasformazione e lavorazione completamente innovativi. Si tratta anche in questo caso di un aspetto avente una forte incidenza sulla competitività industriale dei diversi sistemi paese e delle singole unità produttive. Infatti a fronte

di investimenti materiali e immateriali a volte decisamente elevati, si ottengono riduzioni di costo che sembrano essere assai più consistenti di quelle ottenibili dalla semplice razionalizzazione dei processi produttivi attuali.

Le tecnologie di base rappresentano quindi il terreno su cui più ardua, ma anche più decisiva, si presenta la sfida tra le tre grandi aree della triade: Europa, Stati Uniti e Sud Est asiatico.

In tale contesto tre appaiono essere gli elementi più importanti dal punto di vista delle politiche industriali e scientifiche:

- la scelta della strategia di fondo. Volendo sintetizzare e in qualche modo estremizzare le posizioni, si tratta del delicatissimo problema di decidere se accettare la sfida tecnologica ed economica su posizioni fondamentalmente liberiste di concorrenza aperta o se adottare politiche più o meno apertamente protezionistiche.

- Il raggiungimento di volumi produttivi sufficienti per poter competere sui costi. È questo un punto centrale soprattutto per l'Europa che sconta in questa fase il difficile processo di unificazione del mercato, inteso non tanto in modo formale, quanto come capacità sostanziale di attivare sinergie fra i paesi europei. È ormai indubbio infatti che sia le soglie finanziarie, sia soprattutto la quantità e qualità delle risorse umane per competere in questo campo superano abbondantemente le capacità delle singole nazioni.

- Individuazioni delle posizioni di forza, potenziamento tramite l'innovazione tecnologica di tali settori già forti, individuazione delle applicazioni di nicchia in campi applicativi contigui ai settori forti.

I. I nuovi materiali

1.1. Materiali strutturali

A. Materiali ceramici e relativi compositi

Descrizione della tecnologia

I materiali ceramici sono noti all'uomo da molti secoli, ma negli ultimi anni gli sviluppi nelle tecniche di produzione e sintesi hanno

permesso la realizzazione di materiali avanzati, derivati da polveri non metalliche, inorganiche, di forma e volume regolari e costanti. Attraverso trattamenti a temperature molto elevate e talvolta sottoposte ad altissime pressioni le polveri formano strutture molto dense e di grande durezza che con un peso relativamente basso offrono capacità di grande resistenza meccanica, alle alte temperature e alla corrosione.

Queste caratteristiche aprono la strada ad un ampio ventaglio di applicazioni (specialmente nella propulsione), ma finora la diffusione dei ceramici è stata relativamente limitata a causa di vari problemi relativi alla loro fragilità ed affidabilità. A questo fine la ricerca si è indirizzata in particolare verso il rinforzo della matrice strutturale ceramica con fibre, film sottili o particelle super-resistenti con la realizzazione di compositi a matrice ceramica (CMC). Un'altra alternativa è rappresentata dall'impiego dei materiali ceramici come rivestimento di componenti realizzati in altri materiali: in tal modo si riesce ad esaltare le caratteristiche positive dei ceramici (resistenza, durezza, ecc.) senza dover subire ad esempio i rischi di rottura delle strutture ceramiche monolitiche. Attualmente l'impiego di questi rivestimenti, realizzati con tecniche di deposizione in fase vapore (CVD e PVD), si estende dall'industria aerospaziale (componenti di turbine) agli utensili da taglio per metalli e prodotti lapidei.

È interesse primario per qualunque attività industriale aumentare la resa dei processi produttivi e questa per i componenti ceramici è molto bassa; ciò è dovuto ai difetti indotti nei componenti durante le lavorazioni, che portano inevitabilmente ad un aumento degli scarti (peraltro spesso non recuperabili ome invece avviene ad es. nell'industria metallurgica). Per risolvere il problema si sono sviluppate tecniche cosiddette "near net shape", tramite le quali si possono realizzare i componenti finiti riducendo il numero delle lavorazioni intermedie. Una delle tecniche più promettenti è la pressatura isostatica a caldo (HIP) che sottopone le polveri all'azione contemporanea della pressione e del calore. Su questa linea si muovono anche le metodologie di lavorazione termoplastica il cui obiettivo è di arrivare alla iniezione in stampi di polveri ceramiche portate ad alte temperature.

Stato della ricerca internazionale

La leadership mondiale in questo settore appartiene senza dubbio agli Stati Uniti, la cui attività di ricerca è stata trainata essenzialmente dai bisogni dell'industria aerospaziale. Nel campo delle applicazioni commerciali tuttavia il Giappone è riuscito in pochi anni ad imporsi in vari settori sia come fornitore (anche dell'industria americana) di polveri ad alta purezza e di fibre di rinforzo, sia come produttore di componenti per i motori auto, di contenitori per dispositivi microelettronici e di altri prodotti come cuscinetti e parti soggette a forte usura. È questo il risultato di un programma di ricerca sulle tecnologie di base lanciato dal Miti nel 1981 che si è tradotto tuttavia in uno sforzo comune da parte di imprese appartenenti a diversi settori al fine di migliorare le tecnologie e il loro utilizzo.

In Europa attività di ricerca sono presenti in tutti i paesi; in Francia la ricerca è rivolta in particolare alle applicazioni aeronautiche e spaziali (Aereo spaziale Hermes con il coinvolgimento di Aerospatiale, Sep, Cnes, Onera, Cnrs), ma non manca l'interesse da parte dell'industria automobilistica. La Svezia ha puntato molto sulle tecniche di produzione HIP, mentre il gruppo Sandvik è stato tra i primi a introdurre utensili di taglio rivestiti. In Germania i materiali ceramici sono oggetto di uno dei programmi di ricerca sui materiali finanziati dal Ministero della Ricerca (BMFT) e l'industria tedesca detiene alcune posizioni di leadership mondiale (es. Esk è il principale produttore di carburo di silicio).

In ogni caso merita sottolineare che il settore dei ceramici ha suscitato l'interesse di molte imprese industriali per le quali però generalmente i ceramici costituiscono una piccola frazione della loro attività, spesso neppure esplicitata nelle relazioni e nei bilanci.

A livello Europeo esistono alcuni progetti relativi all'industria meccanica legati a nuove soluzioni ceramiche per i motori; ad esempio il progetto EU 558 (MOSAIC) promosso dalla francese Renault con la partecipazione delle italiane Enichem Polimeri e Montedison (dotato di 51,16 MECU). Altri due progetti invece studiano l'uso della wolleistonite per realizzare un'ampia gamma di materiali, tra cui i compositi in fibra di vetro.

Stato della ricerca in Italia

Dal luglio 1989 è operativo il Progetto Finalizzato Cnr "Materiali Speciali per Tecnologie Avanzate" dotato di un budget di 85 miliardi di lire su 5 anni. Uno dei sottoprogetti è interamente dedicato ai materiali ceramici ed ha visto il coinvolgimento di tutti gli istituti universitari e del Cnr impegnati in questo settore, nonché di alcune grandi imprese interessate alla produzione o all'utilizzo (Alenia, Centro Ricerche Fiat) di questi materiali.

Accanto al P.F. è stato lanciato nel 1990 il Programma Nazionale Materiali Innovativi Avanzati gestito dal Ministero della Ricerca al cui interno sono stati previsti 25,5 miliardi di lire per lo sviluppo di materiali ceramici e compositi per tecnologie energetiche e meccaniche, oltre a circa 12 miliardi per la ricerca di rivestimenti ceramici e metallici. Tra i compiti del Piano Nazionale vi è anche il coordinamento delle varie attività presenti in questo settore molte delle quali in ambito universitario fanno capo al Consorzio Interuniversitario di Fisica della Materia. Nuove attività sono nate negli ultimi anni, sia all'interno dei vari Consorzi Città-Ricerche promossi dall'Iri, sia per iniziative locali come il Centro di Brindisi.

Attualmente, in vista della chiusura del P.F. Materiali Speciali del CNR, è stata presentata ed approvata dal MURST la prefattibilità del secondo Progetto Finalizzato Materiali Speciali ed è alla nomina la commissione di Fattibilità da parte del CNR; nel prossimo progetto i materiali ceramici trovano la loro collocazione nell'Area scientifico-culturale dei materiali strutturali nel Settore: "materiali ceramici e metallici; relativi compositi e rivestimenti" in una tematica interamente dedicata ("materiali ceramici monolitici e compositi"), in parte in altre tematiche di questo settore, nonché in altre attività previste nell'Area scientifico-culturale dedicata interamente ai biomateriali.

La struttura prevista è infatti per Aree di intervento, cioè Aree scientifico-culturali da cui dipende lo sviluppo della funzione richiesta dal materiale; in ciascuna Area sono individuati poi i Settori, identificabili con i Sottoprogetti del primo P.F., raggruppanti le varie tipologie di materiali ed infine le tematiche che raccolgono metodologie di intervento omogenee. In questa struttura corrono i cosiddetti Progetti Obiettivo volti alla acquisizione di *know-how* in grado di soddisfare la richie-

sta di funzione proveniente tipicamente dal mondo industriale (Consiglio degli Utenti).

B. Materiali metallici e relativi compositi

1. LEGHE AMORFE

Descrizione della tecnologia

Le leghe metalliche amorfe sono quelle in cui i singoli atomi si distribuiscono in modo casuale invece di organizzarsi in una struttura cristallina. Le leghe amorfe presentano in genere proprietà magnetiche, elettriche, meccaniche e chimiche diverse e sovente migliori, di quelle di analoghe leghe cristalline prodotte con tecniche metallurgiche tradizionali.

I materiali metallici amorfi hanno trovato applicazioni nelle leghe a prestazioni migliorate, particolarmente adatte nei settori magnetico, elettrico, dei superconduttori, della resistenza alla corrosione, delle strutture ad alta resistenza meccanica, delle leghe per brasatura.

Le leghe amorfe possono assumere molteplici configurazioni a seconda dei loro componenti, dei metodi seguiti per la loro preparazione e delle loro caratteristiche; possiamo individuare alcune "famiglie" principali particolarmente promettenti per le possibilità di sviluppo e di applicazione:

a) Leghe amorfe da solidificazione rapida

La tecnologia della solidificazione rapida è diventata, negli ultimi trenta anni, una delle più promettenti per la preparazione di materiali metallici amorfi nell'ambito delle ricerche relative alla metallurgia fisica.

La solidificazione rapida è la miglior tecnologia per produrre le leghe amorfe poichè gli atomi rimangono bloccati nelle posizioni che avevano nella fase liquida prima che le forze interagenti fra di essi abbiano il tempo di ordinarli secondo un reticolo cristallino.

Gli impianti utilizzati per questa tecnologia sono costituiti da un cilindro metallico in rapida rotazione sul quale la lega fusa viene eietta-

ta; con questo sistema si ottiene una velocità di raffreddamento tra 100.000 ed 1 milione di gradi al secondo.

Con tempi così brevi, la formazione dell'ordine cristallino nella fase solida viene impedita e si ottiene uno strato disordinato o amorfo simile a quello della fase liquida.

Anche materiali cristallini come leghe di alluminio, superleghe, acciai da utensili, quando prodotti per solidificazione rapida hanno dimostrato avere prestazioni migliori rispetto ai prodotti convenzionali, particolarmente nella combinazione delle proprietà meccaniche.

Stato della ricerca

Sin dal 1976 la General Electric Co., la Allied Signal Inc., l'Electric Power Research Institute, tutti negli Stati Uniti, lavorano per migliorare gli impianti di manifattura e dimostrare le migliori prestazioni dei materiali amorfi.

Un settore molto interessato alle applicazioni dei materiali amorfi è quello dei motori a reazione e delle turbine, poichè la loro efficenza è funzione della temperatura operativa.

In Italia non esistono ricerche significative in questo settore.

b) Leghe amorfe di metalli leggeri

Negli ultimi anni sono stati fatti molti lavori sulla amorfizzazione di leghe base alluminio e base magnesio per ottenere materiali metallici ad alta resistenza specifica con buona duttilità. Nastri amorfi sono prodotti per raffreddamento rapido ottenendo la formazione di vetri metallici di Alluminio-Samario (AlSm), Alluminio-Terbio (Al-Tb), Al- e altri lantanidi.

L'aggiunta di metalli quali Ferro, Cobalto, Nickel e Rame, aumenta la stabilità termica delle leghe amorfe tipo AlluminioYttrio-Nickel (Al-Y-Ni) e Magnesio-Cerio-Nickel (Mg-Ce-Ni), che presentano anche una buona resistenza alla corrosione, molto maggiore (perdite di peso cento volte inferiori) a quella delle leghe tradizionali base alluminio e base magnesio.

Le polveri amorfe sono prodotte per atomizzazione, e dopo estrusione si ottengono strutture di alta resistenza meccanica.

Anche la durezza ad alta temperatura è molto più grande (tre volte) di quella della corrispondente lega tradizionale.

La caratteristica più importante di questi materiali è la loro alta resistenza in applicazioni strutturali a media temperatura.

Stato della ricerca

Società ed enti Giapponesi sono impegnati nello sviluppo di questi materiali, in particolare la Tohoku University.

Non esistono in Italia ricerche significative in questo settore.

c) Intermetallici nanostrutturali: alluminiuri di titanio

I materiali nanostrutturati, con la dimensione del grano minore di 100 nm, stanno ricevendo una attenzione crescente in questi ultimi anni per le loro accresciute proprietà fisiche e meccaniche rispetto ai materiali con più tradizionale dimensione del grano, cioè maggiore di 1000 nm.

In particolare si prevede che gli intermetallici nanostrutturati potranno raggiungere una duttilità a temperatura ambiente considerevolmente migliorata, grazie alla accresciuta diffusività dei grani, e le ricerche sono concentrate proprio verso questo particolare aspetto.

Infatti gli Alluminiuri di Titanio (sia Ti3Al che TiAl) sono materiali strutturali potenzialmente molto utili per la loro bassa densità, alti moduli e resistenza specifica, buona resistenza alla ossidazione ed alla corrosione. Tuttavia le loro basse duttilità e tenacità alla frattura, specialmente a temperatura ambiente, ne hanno limitato l'uso fino ad oggi.

Stato della ricerca

Attualmente questi materiali sono in preparazione e prova presso il laboratorio del Dr. Froes, University of Idaho, USA.

La Crucible Materials Corp. in USA è impegnata nella fabbricazione di materiale di questo tipo da applicare ai componenti severamente sollecitati nei veicoli aerospaziali.

In Italia non esistono ricerche significative in questo settore.

d) Materiali a gradiente funzionale (FGM)

Questi materiali sono dei metallo-ceramici avanzati con un gradiente di composizione che varia dal lato metallo al lato ceramica. Sono stati sviluppati per ottenere una diminuzione delle sollecitazioni termi-

che nelle condizioni di riscaldamento aerodinamico e nelle camere di combustione dei motori.

L'obiettivo è l'ottenimento di un FGM con la funzione di sopportare temperature di 2000°K generate dai gas ad alta temperatura dal lato della ceramica, con una differenza di 1000°K sul lato del metallo, mantenuto invece continuamente raffreddato.

Piccoli campioni per prove sono stati fabbricati mediante processi di deposizione combinata di vapori, laminazione di strati sottili, deposizione con plasma a bassa pressione, e sintesi autopropagante ad alta temperatura.

Stato della ricerca

Presso la Science and Technology Agency of Japan sono in corso prove per la valutazione delle prestazioni degli FMG come barriera al calore, per osservarne le proprietà alla fatica termica e la resistenza agli sbalzi termici.

In Italia non esistono ricerche significative in questo settore.

f) Metalli granulari e leghe

Nella famiglia dei materiali artificialmente strutturati di cui le leghe amorfe sono le più conosciute, recentemente sono stati introdotti i solidi granulari.

Con i granuli ultrafini dei metalli comuni mescolati con isolanti si ottengono i materiali nanocompositi con caratteristiche migliorate rispetto ai compositi convenzionali, in particolare relativamente alle proprietà magnetiche, alle temperature di transizione superconduttiva, alle durezze, alle resistenze a corrosione ed abrasione.

La stabilità di questi solidi granulari è assicurata dalla proprietà dei metalli, generalmente cristallini, di essere immiscibili con gli isolanti che sono amorfi.

Recentemente sono state prodotte leghe granulari di Ferro-Nickel, Ferro-Boro, Ferro-Rame, che aumentano ulteriormente le prestazioni aldilà di quelle dei granuli dei metalli elementari. Prove con leghe di maggiore importanza tecnologica sono attualmente in corso. Le applicazioni di questi materiali sono nei campi dei mezzi di registrazione magnetica, resistori a strato sottile, rivestimenti resistenti agli ambienti più aggressivi, termometria e sensori.

Stato della ricerca

Lo sviluppo di un programma molto importante riguardante metalli granulari in matrice metallica è in corso in USA presso la Exxon Research and Engineering, e la J. Hopkins University.

In Italia non risultano ricerche significative in questo settore.

II. LEGHE PER ASSORBIMENTO DI IDROGENO: Idruri Metallici

Descrizione della tecnologia

Il numero di atomi di idrogeno per unità di volume in molti idruri metallici è più grande di quello dell'idrogeno liquido, e in qualche caso è più grande anche di quello dell'idrogeno solido.

Per questa alta densità di idrogeno, gli idruri metalli sono adatti per essere usati per l'accumulo di idrogeno e come elettrodi per batterie. Altri usi per gli Idruri Metallici sono quelli che sfruttano la esotermicità della loro reazione di formazione e la dissociazione spontanea dell'idruro sottoposto a riscaldamento; di conseguenza si dimostrano adatti per le pompe di calore e come sensori ed attivatori per temperatura.

Infine sono usati nella preparazione di polveri di metalli di transizione e loro leghe, e nella purificazione e separazione isotopica dell'idrogeno.

Stato della ricerca

Recentemente la Daimler-Benz in Germania ha completato le prove, durate tre anni, di un parco macchine alimentate ad idrogeno, ed ha utilizzato leghe di idruri metallici come serbatoio. Nella prima parte delle prove ha usato la lega Ferro-Titanio, e nella seconda una lega contenente Titanio-Zirconio-Vanadio-FerroCromo-Manga.

Lo scorso anno la Varta in Germania ha iniziato la vendita di piccole batterie Nickel/Idruri Metallici fino a 2.2 Ah di capacità e 1,2 Volt nominali. Varta produce su licenza di Ovonic Battery Co. USA che ha sviluppato la lega Vi-Ti-Zr-Ni.

Gli altri fabbricanti di batterie che stanno ufficialmente sviluppando questi sistemi sono: Gates e USABC USA, Hitachi e Matsushita Giappone, e due società Koreane. È probabile che molte altre società

nel mondo vi stiano lavorando in segreto con l'obiettivo di mettere a punto una batteria adatta ai veicoli elettrici.

Ricerche sono in corso anche presso la Gates Inc., il Brookhaven National Lab., la University of Vermont e la Texas A&M University in USA, il girio e la Sanyo in Giappone.

III. COMPOSITI METALLICI AD ALTE PRESTAZIONI

Descrizione della tecnologia

Per le richieste di materiali con prestazioni sempre crescenti da parte di molti settori produttivi, i materiali monolitici sono stati spinti ai loro limiti. Nello sforzo per aumentare queste prestazioni uno dei filoni in corso di sviluppo è quello dei compositi a matrice metallica (CMM) nei quali due materiali fondamentalmente dissimili con proprietà fisiche e meccaniche differenti, vengono combinati per ottenere un prodotto le cui proprietà finali sono superiori a quelle dei singoli costituenti.

Metalli con buone duttilità e resistenza meccanica vengono combinati con fibre che hanno bassa duttilità, alte resistenza e rigidità, e bassa densità. Con combinazioni di questo tipo si ottengono prestazioni sostanzialmente migliori per la rigidità che risulta abbinata alla riduzione del peso.

Un esempio significativo di questo metallo di matrice è il titanio, che per sé ha già una combinazione unica di alta resistenza specifica (rapporto fra la resistenza alla trazione e la densità) sia a temperatura ambiente che moderatamente elevate, ed una eccellente resistenza alla corrosione in generale. Combinando il titanio con fibre base boro o base carburo di silicio si ottengono prodotti laminati bidimensionali con le più alte prestazioni strutturali.

Recentemente è stato preparato un composito con matrice Alluminio e 2% di Litio con intreccio trimensionale di fibra policristallina di alfa allumina: esso è attualmente in prova presso l'American Society for Testing and Materials. Questi prodotti dovrebbero avere migliori proprietà termoelastiche e capacità di resistenza alla fatica in temperatura.

La massima stabilità dimensionale in temperatura è stata ottenuta combinando magnesio e fibre di grafite, utilizzando il coefficiente di di-

latazione termica della grafite che è negativo nell'intervallo di temperatura di interesse.

Anche i compositi metallo-metallo del tipo titanio-alluminio hanno dimostrato prestazioni eccellenti.

Stato della ricerca

Ricerche su compositi a matrice metallica resistenti all'usura sono in corso presso la Toshiba in Giappone.

Sempre in Giappone la Nippon Steel produce compositi metallo-metallo del tipo titanio-alluminio per applicazioni non aerospaziali. Ricerche fondamentali sul comportamento meccanico dei compositi ad alta prestazione sono in corso presso la University of California in USA.

Rivestimenti metallici resistenti alla corrosione ad alta temperatura sono invece in corso di sviluppo presso Onera in Francia.

C. Materiali polimerici e relativi compositi

Descrizione della tecnologia

Il settore dei polimeri è nato alla fine degli anni '40 con il lancio da parte della Du Pont del nylon, ma è solo con gli anni '60 che si aprono nuovi spazi per usi industriali (aerospazio e elettronica) attraverso la ricerca di polimeri resistenti alle alte temperature. Attualmente accanto ai materiali ormai affermati (poliamidi, poliesteri, policarbonati, ecc.) la ricerca è indirizzata su materiali strutturali ad alte prestazioni (specie sotto l'aspetto termico) caratterizzati tuttavia da mercati limitati e prezzi elevati. Al fine di migliorare le prestazioni meccaniche sono da tempo in produzione materiali compositi (PMC) impiegati sia in applicazioni militari (aerospaziale), sia in applicazioni civili (costruzioni, sport, tempo libero, trasporti su strada, settore medico e bio-medico).

Le tecnologie più mature sono quelle che impiegano matrici termoindurenti, mentre la situazione è assai più differenziata all'interno dei plastici rinforzati con matrici termoplastiche dove per le applicazioni più avanzate vi sono ancora buone possibilità di sviluppo. A livello di prototipi e di studi di fattibilità si collocano invece le tecnologie basate sull'impiego di resine (termoindurenti o termoplastiche) per appli-

cazioni ad alta temperatura. La frontiera tecnologica è ora rappresentata dai materiali rinforzati con fibre lunghe di vetro (PBT) o di carbonio (PEEK).

Le tecnologie di produzione sono oggi molto differenziate a seconda degli utilizzi finali: si va dallo stampaggio tradizionale allo stampaggio di preimpregnati a scorrimento (SMC), da vari tipi di formatura (a iniezione di resina, per centrifugazione) ai processi in continuo (pultrusione). Generale è la tendenza verso processi di tipo net shape in grado di eliminare il maggior numero possibile di lavorazioni. Queste sono oggi sia di tipo tradizionale con utensile, sia di tipo non convenzionale. Molti studi sono relativi a questo secondo tipo che comprende getto d'acqua, laser, teste ad ultrasuoni.

Un'area di grande interesse è rappresentata dagli adesivi strutturali per le giunzioni oggi realizzate essenzialmente con incollaggi e collegamenti meccanici (chiodature). In questo campo esistono tuttavia ancora dei problemi dovuti all'incertezza sul comportamento dei diversi elementi. Infine una parte consistente dei programmi di ricerca oggi condotti a livello internazionale riguarda i trattamenti superficiali, specie le tecniche di deposizione al plasma che presentano risultati ancora contrastanti.

Stato della ricerca internazionale

Stati Uniti e Giappone sono i due paesi leader in questo settore. Le società (Du Pont in primo luogo) e le università americane sono fortemente indirizzate alle applicazioni di punta per il settore militare e quello spaziale, mentre in Giappone l'attenzione è essenzialmente rivolta al mercato civile. Questa tendenza è stata riaffermata ancora recentemente dal governo USA con l'Advanced Materials and Processing Programm (AMPP) per il quale sono stati stanziati nel solo 1993 ben 1,8 miliardi di dollari. Di questi 202 milioni sono destinati ai materiali compositi, di cui 86,1 assegnati al Ministero della Difesa (DoD) e 69,9 alla NASA.

In Francia il programma Puma volto a favorire la ricerca e la diffusione di nuovi materiali nelle PMI, è stato utilizzato soprattutto nel settore dei polimerici (40 %).

A livello Europeo sono da sottolineare i progetti Eureka tra i quali figurano due "progetti ombrello", Euro Jurf EU 800 e Euro Band EU

801, che si occupano rispettivamente delle tecnologie di trattamento delle superfici e delle tecnologie degli adesivi e dell'incollaggio dei materiali. Altri due progetti sono ancora nella fase di identificazione del progetto definitivo e vi partecipano dieci stati membri tra cui anche l'Italia (attraverso il P.F. MSTA e l' Università di Roma di Tor Vergata). Le risorse per questa fase (93-95) sono assai modeste , pari a 0,30 MECU per progetto.

Un altro progetto Eureka EU 748 (ADPOFI) dotato di 6 MECU è stato lanciato nel 1992 dalla danese DAMAKLON e dal gruppo finlandese MESTE; esso riguarda lo sviluppo di nuove qualità di fibre polimeriche destinate al mercato dei non tessuti.

Un progetto per la produzione di lamine di plastica (tecnoplastica rinforzata con fibre di vetro) da utilizzare nell'esterno delle automobili è EU 953, dotato di 1,25 MECU, per il periodo che va da gennaio 1993 a maggio 1995.

Altri progetti (EU 945 e EU 913) sperimentano l'utilizzo di fibre aramidiche in sostituzione delle fibre di vetro, soprattutto per applicazioni in campo navale (scafi di catamarani) o in sostituzione dell'acciaio, per esempio nei copertoni dei camion. Tali progetti guidati da aziende olandesi hanno una dotazione di 3,5 MECU.

Stato della ricerca in Italia

La ricerca nel settore dei materiali polimerici e dei relativi compositi è svolta in Italia presso vari istituti di ricerca universitari e Cnr, nonché presso imprese sia chimiche come ENI (Eniricerche, Temav e Ist. Donegani), Montedison (Csi), Snia, Pieralisi, DSM, Campec, sia appartenenti a settori utilizzatori (Agusta, Alenia, Fiat). La Ferruzzi sta portando su scala industriale l'utilizzo di un nuovo materiale "high lass" (la base propillenica speciale può contenere sino al 60% di fibre di vetro). Esso può competere con tutte le plastiche ad uso ingegneristico (nylon, abs, policarbonato). Il vantaggio di "high lass" è l'economicità la riciclabibilità completa la leggerezza e la resistenza chimica.

Il P.F. "Chimica Fine" ha dedicato un sottoprogetto alla tecnologia dei polimeri con un budget di circa 13 miliardi di lire nel periodo 1989-92.

Nell'ambito del Progetto Finalizzato Materiali Speciali per Tecno-

logie Avanzate sono stati finanziati vari progetti riguardanti i materiali polimerici ed i relativi compositi. Il secondo sottoprogetto ha visto il CRF come Unità Operativa coordinatrice di una serie di attività volte alla realizzazione di un veicolo elettrico di nuova concezione avente i materiali compositi come elementi strutturali della scocca e del telaio, attività alle quali hanno partecipato altre realtà industriali di piccole e medie dimensioni (ad es. la Sistema Compositi - gruppo Fiat - la Logos Compositi) oltre ad Unità Operative dell'Università e del CNR. Altre attività hanno riguardato potenziali applicazioni nel campo aeronautico ed elettronico con l'impegno di alcune Unità Operative Industriali come l'Alenia, la Tencara (gruppo Ferruzzi) la Taema, l'Istituto Guido Donegani, la Sintea, l'Ismes, la SIR (gruppo Ferruzzi) e di molte Unità Operative Universitarie e CNR.

Per contro all'interno del Piano Nazionale del MURST gli stanziamenti destinati ai materiali polimerici all'interno dell'area hanno raggiunto i 45 miliardi di lire.

Il problema della riciclabilità dei materiali compositi è anche presente nella prefattibilità del Progetto Finalizzato Materiali Speciali II del CNR nell'Area scientifico-culturale dedicata ai materiali strutturali, Settore "polimerici e relativi compositi", in tutte le tematiche proposte.

1.2. Materiali e processi per applicazioni elettriche, elettroniche ed ottiche

Descrizione della tecnologia

A) Materiali elettrici

L'industria elettronica è stata per molto tempo una forte utilizzatrice di materiali metallici e ceramici. Con l'avvento della plastica il loro ruolo tuttavia è andato diminuendo soprattutto grazie alle buone caratteristiche isolanti dei materiali polimerici. Oggi si è consolidato l'uso di tecnopolimeri termoplastici anche rinforzati per far fronte alle variegate esigenze che vanno dalla resistenza alle correnti striscianti alla stabilità dimensionale alle alte temperature.

Un'altra esigenza dell'industria elettrotecnica che ha trainato la ricerca dei materiali è la resistenza al fuoco. Questo ha portato alla realizzazione di materiali autoestinguenti, ad esempio polimeri con additivi antifiamma esenti da alogeni in modo da impedire la formazione di fumi tossici.

Una nuova frontiera tecnologica è invece rappresentata dai polimeri elettroconduttori sviluppati in primo luogo per la realizzazione di schermature elettro-magnetiche. Recentemente negli Stati Uniti con opportuni "drogaggi" questi materiali sono stati impiegati per trasformare direttamente energia elettrica in energia meccanica. Questo apre la porta alla realizzazione di attuatori microscopici utilizzabili per varie applicazioni sia in campo industriale, sia in campo medico.

Le esigenze del trasporto di elettricità senza dispersioni hanno spinto la ricerca sull'uso di materiali superconduttori da impiegare nei cavi elettrici ad alta tensione su lunghe distanze. Nel campo del trasporto dell'energia, è attualmente allo studio l'impiego di leghe amorfe magnetiche specie per i nuclei dei trasformatori di distribuzione. Tali leghe hanno già ritrovato applicazione in tutti i campi in cui venivano impiegati materiali cristallini magnetici.

B) Materiali elettronici

La tecnologia microelettronica si è sviluppata, come è noto, grazie ai materiali semiconduttori fra i quali il più usato è sicuramente il silicio amorfo (mono e policristallino). Questa preminenza nel corso degli anni è stata tuttavia intaccata dall'emergere dell'arseniuro di gallio (GaAs) soprattutto per alcune applicazioni che richiedono velocità elevate e bassa potenza. Queste caratteristiche unite alla sua resistenza alle radiazioni nucleari lo hanno imposto in molte applicazioni militari e spaziali.

Altre evoluzioni sono attese a livello di materiali di interconnessione e *packaging*, quei materiali cioè che consentono al wafer di silicio di operare. La tendenza attuale ad usare dispositivi CMOS con strutture al di sotto di 0,5 micron imporrà l'utilizzo di nuovi materiali metallici, ceramici e polimerici. Fra questi ultimi sono usati soprattutto tecnopolimeri resistenti alle alte temperature (come il PPS), resine epossidiche in cui sono inglobati i chip e gomme siliconiche.

Una forte attività di ricerca è condotta anche sui materiali ceramici i cui alti costi tuttavia tendono a ridurne considerevolmente l'impiego. I risultati sono tuttavia spesso di alto livello come nel caso dei ceramici superconduttori che consentono la realizzazione di sensori Squid e di altri componenti passivi.

Questi avanzamenti sono resi possibili dal miglioramento delle tecnologie di processo in particolare per quanto concerne il deposito di film sottili in fase vapore (VPD,CVD) o la più recente sol-gel, la crescita epitassiale, la litografia. Per molte di queste tecnologie si assiste anche ad una sorta di concorrenza interna come nel caso della litografia in cui accanto alla litografia ottica (via via migliorata) sono ormai utilizzate altre tecniche di litografia: quella a fasci di elettroni e a quella a raggi x.

C) Materiali fotonici

Per materiali fotonici si intendono quei materiali in grado di generare, discriminare o trasmettere fasci di luce coerente. Dall'iniziale impiego nel settore delle telecomunicazioni questi materiali si sono estesi ad applicazioni diverse nell'informatica, nell'elettronica di consumo, nell'automazione. La generazione di luce coerente è attuata da dispositivi laser basati su materiali semiconduttori (gallio, indio) e loro composti.

Per il processo inverso di trasformazione di segnali luminosi in impulsi elettrici sono impiegati ancora l'arseniuro di gallio, ma anche seleniuro di piombo, telluriuro di cadmio-mercurio. Il loro impiego è ormai estremamente diffuso in un numero rilevante di apparati di uso quotidiano quali stampanti termiche, lettori di codici a barre, fotocopiatrici, videocamere. Per le applicazioni più sofisticate sono allo studio altri materiali come il siliciuro di platino e l'arseniuro di gallio-indio.

Più recente è l'utilizzo in campo ottico di compositi in cui dei cristalli liquidi sono dispersi all'interno di una matrice polimerica.

Le principali linee di ricerca riguardano l'ottimizzazione delle prestazioni dei dispositivi discreti, l'integrazione di fusioni ottiche ed elettroniche su un solo substrato, lo sviluppo di nuovi dispositivi fotonici (non lineari, bistabili di memoria).

Stato della ricerca internazionale

Nel campo dei materiali elettronici e optoelettronici gli Stati Uniti mantengono un esiguo vantaggio tecnologico su Europa e Giappone solo in alcuni segmenti come quello delle fibre ottiche in cui è leader il gruppo CORNING. In altri (es. arseniuro di gallio) vi è una situazione di sostanziale parità, ma la crescente penetrazione giapponese in molti mercati finali (elettronica di consumo, informatica) rappresenta una forte ipoteca sul futuro sviluppo delle nuove tecnologie a causa della nota capacità giapponese di attivare la collaborazione di tutti i componenti del sistema industriale e scientifico nazionale. Ad esempio per i vetri innovativi è stata costituita un'apposita associazione che raggruppa imprese produttrici ed utilizzatrici, istituti universitari e di ricerca, mentre da alcuni anni è in attività l'Optoelectronics Joint Research Laboratory cofinanziato da industria e governo con il compito di integrare le tecnologie elettroniche e fotoniche.

Strategie di questo tipo sono seguite anche da altri paesi del sud-est asiatico come Corea del Sud e Taiwan. Quest'ultimo sulla spinta di un progetto di ricerca sui circuiti ULSI (280 milioni di dollari) è arrivato ad acquisire la tecnologia produttiva dei wafer di silicio a livello submicronico (0,5 micron).

Negli Stati Uniti uno dei più importanti programmi è condotto con finanziamento dell'ARPA (Advanced Research Project Agency) da un consorzio di 5 imprese industriali, quattro università e un laboratorio nazionale (Sandia). Guidato da Texas Instruments e Hughes, il consorzio ha come obiettivo il miglioramento delle tecniche di epitassia a fasci molecolari (MBE). L'ARPA finanzia anche un programma di ricerche sui materiali superconduttori, mentre altri progetti sull'impiego dei superconduttori in campo elettronico sono finanziati direttamente dalle singole forze armate (US Navy e USAF) con il coinvolgimento di vari laboratori (University of Wisconsin, MIT, Sandia National Laboratories).

Nel campo dei nuovi materiali semiconduttori (polimerici, ceramici, membrane e film di diamante) sono attivi sia imprese industriali (ad es. Ibm), sia università (University of California) e centri pubblici (Lincoln Laboratory).

In Germania il gruppo Siemens ha raggiunto risultati notevoli nel migliorare la velocità dei dispositivi in silicio attraverso l'uso di una tecnica di sviluppo epitessiale selettivo (SEG).

Nel campo del risparmio di elettricità con l'utilizzo di cavi superconduttori gli Stati Uniti hanno un programma di ricerca con un budget di 300 milioni di dollari (2/3 a carico del governo). Più modesti, intorno ai 120 milioni di dollari, gli investimenti giapponesi e quelli europei. Questi ultimi tuttavia sono dispersi tra progetti nazionali e progetti comunitari cui partecipano le maggiori imprese del settore: Gec, Bicc, Abb, Alcatel Cable, Pirelli Cavi e Siemens. I materiali magnetici amorfi sono già disponibili sul mercato sotto forma di nastro sottile. I maggiori produttori sono la Allied Signal (USA) e la Vacuumschmelze (Germania).

A livello Comunitario si segnalano alcuni progetti Eureka.

- EU 977 (EUROPOLIMERS) prevede la progettazione di un impianto di produzione di schede stampate con collegamenti elettronici tra i lati, realizzati con inchiostri conduttori in amianto. Iniziato a gennaio 1992, con fine prevista per dicembre 1993, ha una dotazione di 1,73 MECU ed è guidato dalla EUROCIR spagnola con la collaborazione della francese MATRA COMMUNICATIONS.
- EU 868 prevede lo sviluppo di una fibra ottica polimerica da utilizzare all'interno di un modulatore per applicazioni nelle comunicazioni ottiche; al progetto partecipano la francese FLAMEL TECHNOLOGIES, British Telecom e il suo omologo francese. Ha una dotazione 4,1 MECU.
- EU 763 si occupa dello sviluppo di materiali e processi per la produzione di componenti elettroniche complesse. Ha un periodo di durata che va dal 01/07/92 al 01/01/95; dotazione di 0,91 MECU e vi partecipano imprese danesi, islandesi, norvegesi.
- EU 747 inerente ai materiali per magneti permanenti ad alta energia, con durata di 36 mesi, una dotazione di 1,3 MECU, vede la partecipazione di imprese inglesi e tedesche.

Infine nel campo dei superconduttori un progetto di ricerca Brite-Eureka a cui partecipano il centro di ricerca londinese Hirst della General Electric, l'Alcatel Cable, Pirelli Cavi, Siemens, Bicc e Abb, è giunto alla scoperta di un superconduttore ad alta temperatura adatto ad appli-

cazioni a larga scala nel settore dei cavi, in grado di condurre elettricità per centinaia di miglia senza dispersione.

All'interno di RACE infine sono stati finanziati vari progetti sui dispositivi optoelettronici integrati anche con l'utilizzo di laser MQW (Multi-Quantum Well).

Stato della ricerca in Italia

Nel nostro paese la ricerca in questo settore ha avuto un forte impulso dal P.F. "Materiali e dispositivi per l'elettronica allo stato solido" (MADESS) che ha consentito non solo di attivare la collaborazione fra le poche imprese italiane operanti in questo campo e la ricerca pubblica, ma anche di dotare questi istituti di quelle apparecchiature (per litografia, impiantazione ionica, diagnostica) senza le quali la ricerca diventa un esercizio teorico di scarso impatto sul sistema industriale. Il MADESS nel periodo 1986-90 ha finanziato progetti di ricerca e formazione per 124 miliardi di lire.

Attualmente non esiste un programma specifico di ricerca, ma molte unità operative che partecipavano al MADESS, sono attive nel P.F. "Materiali speciali per tecnologie avanzate" che ha un sottoprogetto dedicato ai materiali con proprietà elettriche, elettroniche e magnetiche (17 miliardi di lire) o nel Programma Nazionale che ha al suo interno un'area Materiali Elettromagnetici (75 miliardi di lire) e un'area Materiali Superconduttori (22 miliardi).

In campo universitario la ricerca è coordinata da due consorzi, INFM e INCM, che raggruppano istituti e gruppi di ricerca operanti in varie sedi universitarie, molte delle quali al sud.

L'area dei materiali superconduttori è oggetto di due progetti all'interno del P.F. "Tecnologie Superconduttive Criogeniche" con una dotazione di 23 miliardi di lire nel periodo 1989-92. In questo campo sono attivi l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e alcune aziende private come Pirelli Cavi ed Europa Metalli impegnate nei cavi superconduttori in progetti di ricerca europei ed americani e Ansaldo attiva nella produzione di cavità risonanti per acceleratori di particelle.

I materiali ottici non lineari sono stati oggetto di studio di un sottoprogetto all'interno del P.F. "Telecomuicazioni" che ha stanziato nel periodo 1989-92 poco meno di 3 miliardi di lire.

Infine lo CSELT sperimenta la possibilità di comunicare o utilizzare nella progettazione di componenti industriali la teoria dell'ottica quantistica; in particolare ha sviluppato fibre ottiche attive, vale a dire in grado di autoamplificare il segnale grazie all'aggiunta, nella composizione delle fibre, di piccole quantità di "terre rare" in particolare l'erbio. Nella produzione di fibre ottiche è attiva la F.O.S. (Pirelli Cavi e Sirti) su licenza CORNING, mentre la stessa Pirelli Cavi è presente direttamente in questo settore con uno stabilimento in Inghilterra che utilizza una licenza giapponese (SUMITOMO).

In Italia vari gruppi si sono interessati ai materiali magnetici amorfi: IENGF (Istituto elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris), Università di Torino, Bologna, Ferrara, Napoli, Padova, Parma, Cagliari e Sassari, ENEA. Si è in genere focalizzata l'attenzione su aspetti scientifici di base, quali: processi di magnetizzazione, meccanismi di perdita, caratteristiche strutturali, fenomeni di rilassamento, proprietà magnetiche, elettriche, meccaniche, chimiche.

Invece, la problematica dei risparmi energetici conseguenti all'utilizzo di materiali amorfi come nuclei dei trasformatori, non è stata forse seguita con la necessaria attenzione.

Recentemente, tuttavia, nell'ambito di un programma ENEA, è stata progettata e realizzata la costruzione del primo prototipo industriale di trasformatore a nucleo amorfo. Questo progetto ha coinvolto soggetti diversi tra cui l'Enea, quale promotore e supervisore, la Getra, industria leader italiana nel settore della produzione di trasformatori e l'IENGF (gruppo del Prof. Soardo), quale ente di certificazione.

1.3. Biomateriali

Descrizione della tecnologia

Gli sviluppi più interessanti all'interno delle scienze mediche sono oggi dovuti all'elettronica e ai nuovi materiali. Le tecnologie di impianto si sono infatti avvalse di materiali nuovi in grado di consentire la realizzazione di dispositivi piccolissimi (ad es. i peacemaker cardiaci) e di garantire la biocompatibilità. Le principali aree applicative sono:

- protesi dell'anca con la sperimentazione di polimeri (UHMWPE) rinforzati con fibre di carbonio, ceramici a base di allumina, resine fenoliche rinforzate con fibre di carbonio;
- ricostruzione cranio-facciale con sperimentazione di rivestimenti ceramici (calciofosfati) su inserti metallici e non;
- protesi dentarie con ceramici a base di allumina;
- lenti intraoculari e sostituti vitrei realizzati con vari materiali polimerici (PMMA, termoplastici, oli siliconati, idrogel, liquidi di perfluorocarbone);
- protesi cardio-vascolari, bypass cardio-polmonari, cateteri angiografici, apparati per emodialisi, in cui i problemi di compatibilità impongono la ricerca di nuovi polimeri, o la modificazione chimica, fisica o biologica di materiali polimerici già esistenti.

Stato della ricerca internazionale

La leadership in questo campo è detenuta dall'industria americana, ma la ricerca è molto sviluppata anche in Giappone, come ricaduta degli sforzi nei nuovi materiali, e in Germania in cui è presente una forte industria di apparecchiature biomedicali.

Stato della ricerca in Italia

Nel nostro paese le linee di ricerca più importanti riguardano i materiali ceramici per le protesi dell'anca (in cui sono impegnati la Temav, l'Enea e alcuni istituti universitari) che sono state oggetto di progetti finanziati dal P.F. MSTA. Nel campo dei materiali per apparecchiature e protesi cardiologiche e cardiovascolari l'Italia ha una buona posizione internazionale grazie all'attività svolta dalla Sorin Biomedica di Saluggia.

I biomateriali costituiscono all'interno del Programma Nazionale un'area a sé stante che ha ricevuto finanziamenti per 110 miliardi di lire. Nella prefattibilità del Progetto Finalizzato Materiali Speciali II del CNR, già approvata dal MURST, vedono la loro collocazione nella terza Area scientifico-culturale interamente dedicata ad essi.

2. Informatica e elettronica

2.1. Microelettronica

Descrizione della tecnologia

La tecnologia micro-elettronica è caratterizzata da un continuo processo di riduzione dimensionale dei componenti e da un contemporaneo aumento delle prestazioni operative.

Nel campo delle memorie l'evoluzione è caratterizzata dall'ingresso sul mercato delle memorie flash che stanno erodendo gli spazi dei dischi magnetici i quali peraltro sono oggetto di continue evoluzioni come quella relativa alla loro messa in rete (Raid). Le memorie Dram sono per contro in difficoltà a fronte dell'incremento di velocità dei processori: oggi sono disponibili sul mercato processori che lavorano a 66 MHz che richiederebbero Dram in grado di operare a 15 nanosecondi, ma si stanno diffondendo microprocessori da 64 bit e 200 MHz di frequenza, mentre già sembra possibile arrivare a 400 MHz. Questo comporta tre conseguenze: estensione dell'utilizzo dell'arseniuro di gallio come materiale di base; un'evoluzione delle tecnologie riguardanti le memorie (ad esempio memorie cache o le Eprom con dispositivi Sgc); la realizzazione di architetture più intelligenti.

Per la fine del decennio è prevista una ulteriore riduzione della geometria dei disegni dei circuiti da 0,5 micron a 0,2 micron e il numero di transistori integrati salirà a 10 milioni. Tutto questo sarà reso possibile dal miglioramento delle tecniche di litografia a raggi X e dall'uso di magneti superconduttori. All'inizio del nuovo secolo si arriverà anche alla realizzazione di un transistor su un singolo elettrone con una capacità di un terabit.

Nel campo dei circuiti analogici si sono aperte due nuove filiere rappresentate da Hemt (transistori a effetto di campo e alta mobilità degli elettroni) e Hbt (transistori bipolari a eterogiunzione).

Stato della ricerca internazionale

Gli Stati Uniti dopo anni di tentennamenti sotto i colpi della concorrenza giapponese, hanno ripreso recentemente il controllo del mercato dei componenti microelettronici. A fronte delle applicazioni a bas-

so costo unitario dei produttori giapponesi, l'industria americana si avvalse dei risultati della ricerca militare e spaziale: il programma Mimic, Micro-wave/Millimeter-wave Integrated Circuits (500 milioni di dollari di budget nel periodo 1988-95) ha consentito alle imprese statunitensi (Texas, Rockwell, Hewlett-Packard, TRW, Raytheon, Varian, Motorola) di mantenere una posizione di eccellenza nelle tecnologie basate sull'arseniuro di gallio (Mesfet, Hemt, Hbt, Pbt) e di entrare nei mercati civili quando questi si sono rivelati remunerativi, come nel caso dei telefoni cellulari.

Negli Stati Uniti molti sforzi sono stati finalizzati a migliorare le tecnologie produttive, individuate come uno dei punti deboli nel confronto con Giappone ed Europa. Alcune iniziative tuttavia come il consorzio Sematech finanziato dall'Arpa con 100 milioni di dollari all'anno non hanno dato i risultati sperati: nel giro di due anni delle 142 società aderenti, 4 sono uscite dal mercato e ben 43 sono state acquisite da gruppi giapponesi.

In Giappone il settore è dominato da alcuni grandi gruppi elettronici come Fujitsu, Nec, Toshiba, Mitsubishi, Sony.

In Europa oltre ad alcuni progetti nell'ambito di Esprit, la microelettronica è stata al centro delle attività di Eureka. Al suo interno è stato lanciato nel 1986 un progetto decennale denominato Jessi, guidato da Philips, Siemens, SGS-Thomson, con una previsione di investimento pari ad oltre 3.800 milioni di Ecu. Obiettivo del progetto è di rilanciare l'industria europea oggi schiacciata dalla concorrenza giapponese. Nella prima fase di attività sono stati raggiunti alcuni importanti successi come la produzione di Dram e Eprom a 16 Mbit e le tecnologie di processo CMOS a 0,7 micron.

All'interno Jessi il progetto ADEQUAT, partito nel giugno 1992, punta alla tecnologia da 0,25 micron che rappresenta un pre-requisito per la realizzazione dei futuri chip. Oltre all'area "Tecnologia" che assorbe oltre il 40 % delle risorse, all'interno di Jessi vi sono altre tre aree: "Applicazioni" finalizzata agli strumenti Cad, specie per la realizzazione di circuiti Asic; "Apparecchiature e materiali" volta a sviluppare le tecnologie di base e di produzione; "ricerca fondamentale" indirizzata su progetti a lungo termine, ma comunque interessanti per lo sviluppo industriale.

Oltre a Jessi, Eureka ha finanziato anche un gruppo di progetti minori (12) riguardanti i circuiti Asic, le memorie Eprom, l'utilizzo dell'arseniuro di gallio e tecnologie di processo.

Sempre a livello europeo Thomson, Philips, Siemens, Gec Marconi, Daimler Benz, Alcatel Telettra e il Fraunhofer Institut hanno creato un consorzio sul tipo di Jessi per uniformare i loro metodi di progettazione e fabbricazione dei circuiti in arseniuro di gallio.

Purtroppo la gran parte delle iniziative europee si scontrano con la debolezza dell'industria: i risultati della ricerca si concretizzano in prototipi che raramente passano alla produzione di serie come avviene negli Stati Uniti e in Giappone.

Stato della ricerca in Italia

Nel corso degli anni '80, il MURST ha finanziato un Programma Nazionale di ricerca e formazione "Microelettronica", cui ha fatto seguito nel 1988 un secondo, dotato di un budget di 62 miliardi di lire.

Inoltre il Cnr ha attivato il P.F. MADESS che ha coinvolto nel periodo 1987-92, una trentina di imprese e centri privati oltre a numerosi istituti del Cnr ed universitari con un finanziamento complessivo di 113 miliardi. La parte più consistente dei fondi (43,5 miliardi) è andata al sottoprogetto microstrutture a VLSI cha ha portato tra l'altro alla realizzazione da parte di SGS-Thomson di memorie Eprom da 4 Mbit.

2.2. Optoelettronica

Descrizione della tecnologia

I dispositivi optoelettronici consentono come è noto la trasformazione di segnali elettrici in ottici e viceversa. Il loro sviluppo è partito negli anni '60 con la realizzazione dei laser a semiconduttore, ma il successo è arrivato solo con la realizzazione delle fibre ottiche attraverso la produzione di materiali ad elevatissima purezza e che consentono perdite di potenza molto limitate. Attualmente è in piena crescita la diffusione di fibre ottiche sia alle brevi che alle lunghe distanze. Pertanto si rendono necessari laser operanti a velocità e potenza elevate, nonché adeguati dispositivi di rivelazione e trasmissione del segnale. Poiché

l'obiettivo delle ricerche in corso è la realizzazione di dispositivi ottici integrati, si assiste al coinvolgimento di équipe multidisciplinari operanti su campi diversi. La stessa tecnologia di produzione dei dispositivi in niobato di litio e in vetro richiede la soluzione di problemi scientifici non indifferenti nel campo della deposizione sottovuoto, della litografia ad alta risoluzione, del drogaggio, dello scambio ionico. Altri problemi riguardano la realizzazione di analizzatori di spettro con trasduttori, lenti, multiplatori e divisori di fascio.

Una delle aree di ricerca più promettenti è rappresentata dall'integrazione di circuiti optoelettronici ed elettronici digitali in un solo chip. La creazione di circuiti optoelettronici integrati (OEIC) permetterà di impiantare su un singolo sub-strato interi ricevitori, trasmettitori, gruppi laser ed altri assemblaggi.

Stato della ricerca internazionale

La leadership tecnologica in questo campo è ormai in mani giapponesi che controllano i due terzi del mercato dei dispositivi optoelettronici basati su semiconduttori (laser a diodi, LED, fotodiodi, CCD, celle solari, accoppiatori ottici). Questo successo è largamente dovuto al ruolo giocato dall'industria giapponese di elettronica di consumo, ma da queste applicazioni originarie le imprese nipponiche sono state abili nel trasferire il loro know-how anche ad altri settori come le telecomunicazioni e l'informatica. In quest'ultima area molte ricerche in Giappone sono coordinate dall'Optical Computer Group con finanziamenti del Miti, ma vi è stato il tentativo di coinvolgere molte imprese ed istituzioni americane ed europee nel progetto per il computer di sesta generazione la cui tecnologia di calcolo sarà su base ottica.

Gli Stati Uniti mantengono sempre un ruolo importante in questo settore. La ricerca è concentrata in poche aziende, per lo più gruppi operanti nelle tecnologie per la difesa, e in alcuni istituti come i Sandia National Laboratories e il Center for Compound Semiconductor Microelectronics dell'Università dell'Illinois. I finanziamenti sono forniti per lo più dal Ministero della difesa (DoD) e dalla National Science Foundation.

Nel campo dei componenti ottici da integrare in altri dispositivi digitali e nelle CPU sono attivi negli USA Radiant Technologies, l'O-

ptoelectronic Computing Center dell'Università del Colorado e il Center for Telecommunications Research della Columbia University.

In Gran Bretagna è operativo il Joint Optoelectronic Research Scheme.

Le imprese europee hanno buone posizioni nel campo dei laser a semiconduttore, delle celle solari e dei dispositivi di commutazione ottica e calcolo. Le loro attività sono coordinate tramite vari programmi quali RACE, Esprit, HCM.

Stato della ricerca in Italia

Un forte impulso alla ricerca in questo campo è venuto a partire dagli anni '80 dal CNR che ha finanziato i P.F. "Laser di potenza", "Tecnologie elettro-ottiche" "Telecomunicazioni" e MADESS. Quest'ultimo ha destinato alla optronica poco più di 13 miliardi nel periodo 1986-90.

L'attività di ricerca in Italia è concentrata nel Cnr (IROE di Firenze, MASPEC di Parma, ISS di Roma) e in molti istituti universitari del Mezzogiorno (Napoli, Bari e Palermo). In campo industriale l'interesse è limitato alle imprese operanti nelle telecomunicazioni (Italtel e gruppo Alcatel), nei cavi in fibra ottica (FOS del gruppo Pirelli) e nelle applicazioni militari e spaziali (Alenia, Galileo). Ad esse vanno aggiunti alcuni importanti centri privati come CSELT, CRF, CISE e F.U.B..

È stato presentato nel 1991 uno studio di prefattibilità relativo ad un Progetto Finalizzato "Fotonica" che potrebbe fungere da catalizzatore e moltiplicatore delle esperienze esistenti. I tre sottoprogetti proposti riguardano la commutazione ottica, la trasmissione e i calcoli ottici.

2.3. Informatica

Descrizione della tecnologia

Nel campo dell'hardware informatico la frontiera tecnologica più recente è rappresentata dai calcolatori ad elevato parallelismo e dai calcolatori neuronali.

Rispetto ai supercalcolatori, le CPU parallele (MPP) si avvalgono dell'uso di centinaia, a volte di migliaia, di microprocessori che lavora-

no in parallelo trattando ciascuno una frazione delle informazioni complessive. La difficoltà consiste nel sincronizzare il trattamento dei dati e gestire gli scambi di informazioni tra i diversi processori. Benché nati a metà degli anni '80, il loro utilizzo è stato a lungo confinato negli istituti di ricerca fino al recente apparire sul mercato delle nuove generazioni di processori a basso prezzo e di programmi per la gestione delle interconnessioni. In tal modo con un prezzo che è una frazione di un grande calcolatore, queste macchine grazie alla capacità di effettuare 1.000 miliardi di operazioni elementari al secondo consentono la consultazione di banche dati molto grandi in tempi ridottissimi. Questo ha aperto ai calcolatori massivamente paralleli un vasto mercato rappresentato da imprese industriali e di servizi.

La realizzazione di reti neuronali, benché fattibile con le normali CPU, necessita di calcolatori particolari basati su processori in grado di assicurare velocità superiori di alcune migliaia di volte rispetto a quelle consentite dalle macchine ora sul mercato. Questo ha portato alla realizzazione di processori paralleli con capacità operative particolarmente spinte.

Stato della ricerca internazionale

Nel campo delle nuove CPU gli Stati Uniti mantengono una solida leadership. Per quanto riguarda i supercalcolatori nonostante gli sforzi giapponesi il mercato mondiale è dominato da un'impresa americana (Cray Research) che copre una quota del 65 %. Per i MPP l'offerta è maggiormente frazionata con la presenza di imprese non solo americane, ma anche inglesi e francesi, tutte comunque di piccole dimensioni (ad eccezione di Intel). Il successo di queste macchine sta tuttavia attirando i grandi gruppi come Ibm, Dec, Ncr con varie strategie che vanno dalla produzione di propri modelli all'acquisizione di imprese esistenti o alla stipulazione di accordi commerciali e tecnologici.

Per quanto concerne infine i calcolatori neuronali le ricerche sono concentrate essenzialmente negli Stati Uniti e in Giappone anche se sono stati annunciati processori neuronali da parte della Siemens e della Korea Telecom.

In Europa, nell'ambito di Esprit, la Cee ha finanziato con 13,5 miliardi di lire (50 %) un progetto specifico (Galatea Neuronal Compu-

ting) cui partecipano società elettroniche europee (Siemens, Philips, Thomson-Csf), americane (Aid Corp.) e vari istituti universitari. Data la limitatezza dei fondi tuttavia la ricerca è orientata sostanzialmente agli aspetti software.

Stato della ricerca in Italia

La progettazione di macchine parallele è uno degli obiettivi più importanti sia del Programma nazionale per l'Informatica del MURST, sia del P.F. "Sistemi informatici e Calcolo Parallelo" che vi dedica il 12% circa del proprio budget (circa 7 miliardi di lire).

Nel campo dei supercalcolatori l'INFN ha realizzato l'Ape 100, capace di 100 miliardi di operazioni al secondo. Questa macchina è ora in fase di industrializzazione da parte di Alenia.

2.4. Software

Descrizione della tecnologia

Il software è caratterizzato da una crescente complessità che se da un lato facilita il lavoro di macchine e uomini, dall'altro ne aumenta la vulnerabilità. Le tendenze evolutive sono trainate in primo luogo dagli avanzamenti nelle prestazioni dei processori. Così a fronte dell'ingresso dei calcolatori ad elevato parallelismo si sono sviluppate le tecniche di calcolo parallelo come MIMD (flusso di istruzioni e dati multipli), SIMD (istruzioni singole e dati multipli), VLIW (istruzioni super-lunghe), matrici sistoliche, coprocessori paralleli, ipercubi.

Nell'area dei database la ricerca segue due filoni principali rappresentati dalla realizzazione di DBMS basati su sistemi estensibili e sulla programmzione ad oggetti e dall'integrazione tra DBMS e intelligenza artificiale.

In linea più generale sono in forte crescita le attività volte alla programmazione a oggetti (OOP, Object Oriented Programming) che permette di trattare entità diverse (applicazioni, basi dati, servizi) come oggetti singoli con proprie specifiche funzionalità e di metterle in connessione tra di loro e di farle interagire senza conoscere la struttura interna di ogni oggetto.

L'altra area di grande sviluppo è rappresentata dal riconoscimento del linguaggio naturale e della voce e dall'integrazione di suoni e immagini. Questo apre la strada ad una serie molto ampia di applicazioni soprattutto nell'area dei servizi telefonici. Infine non va dimenticato che molti sforzi di ricerca sono diretti alla realizzazione di sistemi di immagini virtuali in cui è possibile simulare esperienze che altrimenti l'uomo non potrebbe sperimentare per limiti naturali, spaziali o temporali.

Stato della ricerca internazionale

Nel campo delle tecniche di calcolo parallelo le capacità giapponesi sono ancora inferiori a quelle americane, ma notevoli sono gli sforzi in questa direzione. Come in altri settori la principale differenza tra i due paesi è data dal forte sbilanciamento della ricerca americana verso le esigenze militari. L'ARPA ad esempio finanzia vari progetti nel campo del linguaggio naturale e delle reti neuronali.

Gli sforzi giapponesi si caratterizzano invece, per una maggiore unitarietà di intenti tra imprese private e governo e per un deciso orientamento alle applicazioni civili di massa. In questo senso il progetto nipponico per il calcolatore di quinta generazione è stato trasformato nel Real World Computing Program con il compito di arrivare alla realizzazione di calcolatori in grado di trattare le informazioni del "mondo reale", cioè suoni, immagini, voce. Dotato di un budget di circa 50 milioni di dollari, il progetto è guidato dall'Electrotechnical Laboratory ed è aperto alla collaborazione di università ed imprese americane ed europee.

In Europa i progetti esistenti sono di portata più limitata: la Cee ha finanziato nel periodo 1983-90 un progetto (Eurotra) nel campo della comprensione del linguaggio naturale che ha portato alla realizzazione di una macchina in grado di tradurre le 9 lingue della Comunità sulla base di un vocabolario di 20.000 parole per lingua. Recentemente la Cee ha finanziato con 22,5 milioni di Ecu la prosecuzione del progetto. All'interno di Esprit il progetto SUNDIAL (1988-93) porterà alla realizzazione di due applicazioni di riconoscimento e comprensione della voce e gestione del dialogo via telefono: informazione e prenotazione voli per inglesi e francesi e informazioni sugli orari ferroviari per italiani e tedeschi.

Stato della ricerca in Italia

Nel 1989 è stato attivato il P.F. "Sistemi informatici e Calcolo Parallelo" che ha sviluppato tra le linee di ricerca le architetture parallele, le reti neuronali, i sistemi evoluti per basi dati ed oggetti, la progettazione del software. Tra i risultati vanno ricordati una serie di prototipi, molti dei quali realizzati con la partecipazione industriale. Anche il Programma Nazionale per l'Informatica dedica molta attenzione al software, in particolare alla programmazione ad oggetti (area 2) e alla progettazione (area 3).

Nel campo del riconoscimento della voce IBM Italia ha realizzato una macchina in grado di trascrivere frasi dettate in un linguaggio naturale in lingua italiana. Attualmente questo riconoscimento è in uso in una decina di ospedali italiani, per la dettatura di referti radiologici, ma è stato sperimentato anche in campo assicurativo per la traduzione di manuali tecnici. Sempre IBM ha lanciato il progetto "Cartuja 93" con la creazione di un laboratorio finalizzato allo studio delle tecnologie relative al linguaggio (trattamento della voce, traduzione automatica, comprensione del linguaggio naturale). Anche CSELT opera in quest'area per le applicazioni vocali collegate al telefono. È con Saritel, l'unico partner italiano all'interno del progetto ESPRIT SUNDIAL.

3. Posizione economica e competitività tecnologica in Italia

Contrariamente allo schema seguito nei precedenti rapporti, in cui venivano descritti sia i settori produttori di nuove tecnologie, sia i settori a cui esse erano destinate, nella presente relazione si limiterà l'attenzione ai settori in cui le tecnologie di base vengono sviluppate. Questo perché, per definizione queste ultime non sono ancora indirizzate ad un impiego preciso, ma sono suscettibili di applicazione in numerosi settori, industriali e non.

I principali campi dell'innovazione che sono stati approfonditi in questo rapporto sono i nuovi materiali, la microelettronica e l'informatica. I settori produttivi interessati da questa classe di innovazioni, la chimica, l'elettronica e il settore dei servizi software, sono dunque degli ampi aggregati di attività che includono segmenti di prodotto molto differenziati, sia per mercati serviti, sia, e soprattutto dal nostro punto di vista, per livello tecnologico.

Tabella 1: Il settore chimico in Italia

	1980				1991				1992			
	Fatturato	Exporto	Import	Saldo	Fatturato	Export	Import	Saldo	Fatturato	Export	Import	Saldo
Chimica primaria	10515	2546	3933	-1387	17610	6573	10648	-4075	16295	6566	10585	-4019
Fibre	1600	573	591	-18	3000	1761	1834	-73	2600	1726	1824	-98
Chimica secondaria	9074	1226	2414	-1188	26190	4389	9069	-4680	27425	5117	9839	-4722
Farmaceutica	3337	685	736	-51	16650	2829	4855	-2026	17780	3964	5904	-1940
Totale Chimica	24526	5030	7674	-2644	63450	15552	26406	-10854	64100	17373	28152	-10779

Dati in miliardi di lire correnti

Fonte: ISTAT e Federchimica

Tabella 2: Spese per la ricerca e sviluppo nel settore chimico nei principali paesi - Anno 1991 - Milioni di $

	Italia	Francia	Germania	Regno Unito	USA	Giappone
Spesa del sett. chimico	1.706	3.988	6.717	3.415*	13.325	9.786*
Spesa totale	15.846	29.070	42.036*	21.754*	154.000	83.232*
Quota della ricerca chimica sulla ricerca totale	10.77	13.72	15,68*	15,70*	8.65	11,76*
Spese di ricerca su fatturato chimica	3.39	6.03	6.73	6,74*	4.62	6,06*
Spesa di ricerca totali su PIL	1.38	2.44	2,81*	2,24*	2.78	2,83*

*: Anno 1990

Fonte: Elaborazioni FEDRCHIMICA su dati ISTAT, OCSE, UIC, VCI, CIA, NSF, JCIA

Tabella 3: Domande di Brevetto Europeo nel settore chimico depositate nel 1991

	Italia	Francia	Germania	Regno Unito	USA	Giappone	Altri	Totale
Numero brevetti	2.036	4.537	10.467	2.902	14.919	12.272	8.849	55.982
Quota brevetti	3.64	8.10	18.70	5.18	26.65	21.92	15.81	100.00
Quota produzione	6.11	7.65	11.90	6.08	32.24	19.50	16.52	100.00*

*: Paesi OCSE

Fonte: FEDRCHIMICA su dati E.P.O.

Tabella 4: Industria Siderurgica

	1990				1991			
	Produzione	Importazioni	Esportazioni	Saldo	Produzione	Importazioni	Esportazioni	Saldo
SIDERURGIA	34498	7668	6773	-895	37789	6757	6479	-278
Ferroleghe	390	400	92	-308	210	280	45	-235
miliardi di Lire correnti								
FERROLEGHE	239	351	63	-288	204	380	50	-330
Leghe al silicio e silicio metallico	67	85	8	-77	28	89	3	-86
Leghe al manganese	117	130	18	-112	128	158	33	-125
Leghe al cromo	53	103	24	-79	47	102	4	-98
Altre ferroleghe	2	33	13	-20	1	31	10	-21

Migliaia di tonnellate
Fonte: Confindustria

Tabella 5: Bilancia commerciale del settore informatico

	1990			1991			1992		
	Import	Export	Saldo	Import	Export	Saldo	Import	Export	Saldo
A) PRODOTTI PER L'UFFICIO									
Macchine per scrivere	69.479	112.628	43.149	64.641	77.042	12.401	61.655	61.039	-616
Macchine calcolatrici	94.292	84.768	-9.524	110.686	92.694	-17.992	79.539	89.655	10.116
Registratori di cassa	27.352	7.714	-19.638	16.864	98.397	81.533	23.539	95.793	72.254
Fotocopiatrici	476.359	178.929	-297.430	481.304	202.511	-278.793	504.609	166.064	-338.545
Altre macchine per l'ufficio	135.260	43.619	-91.641	159.453	40.412	-119.041	159.821	48.926	-110.895
Parti	264.808	114.040	-150.768	307.196	107.152	-200.044	304.138	128.845	-175.293
TOTALE	1.067.500	541.698	-525.852	1.140.144	618.208	-521.936	1.133.301	590.322	-542.979
B) INFORMATICA									
Macchine per elaborazione dati	4.266.952	2.652.935	-1.614.017	4.418.577	2.418.439	-2.000.138	4.359.945	2.531.555	-1.828.390
Parti	1.615.478	2.128.729	513.251	1.917.860	2.304.146	386.286	2.171.338	1.914.562	-256.776
TOTALE	5.882.460	4.781.664	-1.100.766	6.336.437	4.722.585	-1.613.852	6.531.283	4.446.117	-2.085.166

Fonte: Osservatorio SMAU sull'information technology

Tabella 6: Industria elettronica (miliardi di lire)

	1990				1991			
	Produzione	Import	Export	Saldo	Produzione	Import	Export	Saldo
Apparecchi e sistemi di misura regolazione e controllo	3.129.1	1.278.8	550.3	-728.5	3.324.0	1.306.0	552.2	-753.8
Apparecchi e sistemi di elettronica professionale	17.708.3	7.975.6	6.395.6	-1.580.0	17.051.5	8.221.4	5.946.6	-2.274.8
Componenti elettronici attivi e passivi	2.719.0	2.850.0	1.757.0	-1.093.0	2.585.0	2.690.0	1.785.0	-905.0
Apparecchi elettronici di consumo	1.536.0	2.753.0	648.0	-2.105.0	1.478.0	2.600.0	624.0	-1.976.0
TOTALE	25.092.4	14.857.4	9.350.9	-5.506.5	24.438.5	14.817.4	8.908.1	-5.909.3

*

Fonte: Anie

Pur avendo presente questa eterogeneità, pare comunque importante una descrizione della situazione globale dei settori, in quanto questi potrebbero ricevere stimoli notevoli di rilancio generale dallo sviluppo dei comparti più innovativi. Il tentativo sarà comunque quello di abbandonare il livello aggregato, per descrivere le situazioni particolari non appena i dati lo consentano.

3.1 La chimica

Non occorre essere degli esperti del settore per conoscere la difficile situazione competitiva dell'industria chimica italiana. L'Italia risulta largamente non autosufficiente sia per quanto riguarda la produzione chimica, sia per quanto riguarda la maggior parte degli input necessari.

Nella tabella 1 sono riportati i principali dati di sintesi sul settore chimico e sui principali comparti che lo compongono. È innanzi tutto possibile notare che in tutti gli anni e per tutti i settori si registra un saldo negativo della bilancia commerciale. In particolare mentre fatturato ed esportazioni hanno realizzato incrementi sostanzialmente paralleli, le importazioni si sono sviluppate con tassi di incremento superiori, causando un progressivo peggioramento del saldo. L'Italia detiene una quota del 4% dell'export chimico mondiale, piazzandosi al nono posto nella classifica dei paesi maggiori esportatori. La sua posizione sale però al quarto posto nella classifica in base alle importazioni che rappresentano il 6,5% del totale mondiale. Il risultato è che l'Italia è l'unico dei grandi paesi industrializzati a presentare una bilancia commerciale negativa nel settore chimico.

Solo nell'ultimo anno, dopo un ventennio di ininterrotti peggioramenti si è potuta registrare una riduzione del deficit. Il chimico è stato infatti il settore, unitamente all'alimentare, che ha presentato il maggior incremento nelle esportazioni. Tutti gli altri settori hanno invece perso quote del commercio mondiale. Questo dato positivo va però ridimensionato. Un apporto significativo all'incremento delle esportazioni è venuto infatti dal settore farmaceutico, ed è imputabile in parte alle politiche di specializzazione produttiva delle multinazionali. Tale politica alimenta quindi i flussi non solo in uscita, ma anche in entrata, risultando

in un limitato effetto netto sul saldo. Gli altri settori che hanno maggiormente contribuito al rilancio delle esportazioni sono il gruppo dei prodotti di consumo e l'ausiliaristica.

Analizzando più in dettaglio la composizione del settore chimico si scopre che solo tre comparti presentano un saldo positivo: pitture e vernici, smalti inorganici e detergenti, mentre il settore degli inchiostri industriali si presenta in sostanziale pareggio. I quattro settori rappresentano però solo poco più del 10% del fatturato totale e il 5% delle esportazioni.

In generale all'interno della chimica hanno realizzato le prestazioni migliori i comparti relativi alla chimica fine e alle specialità, che sono in genere campo di azione di imprese di dimensioni relativamente più ridotte specializzate in determinate competenze. A livello internazionale, l'andamento di crisi che interessa l'economia generale ha evidenziato lo stato di sovracapacità produttiva del settore. Le conseguenze sono un'incremento di competizione, una riduzione dei prezzi, e l'impossibilità di puntare sulla realizzazione di economie di scala per rilanciare la competitività. Conseguentemente appare più necessario che mai potenziare il ruolo delle produzioni specializzate e ad alto contenuto tecnologico.

A fronte di tale esigenza la realtà non è incoraggiante; il settore chimico italiano mostra una situazione di ridotta competitività sul piano scientifico e tecnologico. Il confronto internazionale evidenzia infatti, malgrado il notevole miglioramento realizzato negli ultimi anni, un livello inferiore degli indicatori che descrivono sia le risorse dedicate alla ricerca, sia i suoi risultati, misurati dai brevetti.

I dati sono riportati nelle tabelle 2 e 3, rispettivamente per la spesa di ricerca e sviluppo e per il numero di brevetti.

L'impegno italiano nel campo della ricerca chimica appare inferiore a quello degli altri paesi, sia in termini assoluti, sia in termini relativi. In termini assoluti la spesa italiana per la ricerca e sviluppo risulta 1/8 di quella statunitense, 1/6 di quella giapponese, meno della metà di quella francese. Persino il Regno Unito, che ha una quota di produzione analoga a quella dell'Italia, spende per la ricerca il doppio del nostro paese. La chimica risulta essere un settore ad alta intensità di ricerca, come testimoniato dal divario esistente fra il rapporto ricerca su fattura-

to espresso a livello settoriale e globale. Per l'Italia però entrambi gli indicatori assumono livelli decisamente inferiori a quelli relativi agli altri paesi; in particolare l'intensità di ricerca nel settore chimico è in tutti i paesi, ad esclusione degli USA, doppia rispetto a quella italiana. Ancora, si può notare come anche la percentuale di spesa per ricerca nel settore chimico sulla spesa totale nazionale è inferiore in Italia, benché il totale di riferimento sia notevolmente sottodimensionato rispetto agli standard degli altri paesi industrializzati.

L'Industria Chimica deve cioè trasformarsi, per quanto riguarda il comparto dei nuovi materiali in un produttore ad ampio spettro: come tipico settore trasversale, dovrebbe, oltre ai tecnopolimeri, diversificare i propri interessi anche nei biomateriali, nei materiali per l'elettronica, nei ceramici e nelle leghe speciali (come i materiali amorfi) come già sta avvenendo nel resto del mondo, sfruttando i mercati offerti ad esempio dai settori industriali come le telecomunicazioni, l'elettronica oggi serviti esclusivamente dall'estero. Mantenendo unito il comparto dei nuovi materiali e forte la cooperazione con gli utilizzatori sarà anche possibile contribuire in maniera cruciale al loro sviluppo sfruttando le ricadute derivanti da applicazioni in campo differenti.

Analogamente, anche a livello di brevetti si riscontra una notevole debolezza della chimica italiana, che detiene una quota ridottissima sul totale delle domande presentate all'E.P.O. La sua percentuale è infatti la minore di tutti i grandi paesi industrializzati, ed è pari a quella relativa all'Olanda. Inoltre la sua quota sui brevetti è notevolmente inferiore al proprio peso in termini produttivi.

Appare in sintesi evidente che un rilancio della chimica italiana, che non risulta favorita in termini di input produttivi e che parte da una situazione di relativa debolezza, deve puntare essenzialmente sull'incremento del contenuto tecnologico delle produzioni, tramite un ingente impegno nella ricerca sui nuovi materiali, oltre che sull'attenzione a svolgere uno sforzo progettuale congiunto con i produttori dei settori utilizzatori.

Passiamo ora a un'analisi più dettagliata dei produttori di nuovi materiali. A livello aggregato, pur in presenza di dati molto dettagliati come quelli forniti da Federchimica, non è possibile individuare un'area particolare cui fare riferimento, in quanto i nuovi materiali si riparti-

scono fra più segmenti della chimica; inoltre già all'interno dei singoli gruppi di materiali (principalmente i materiali ceramici, i semiconduttori, i superconduttori, le nuove leghe metalliche e i materiali polimerici) vi sono stadi di sviluppo e livelli tecnologici notevolmente diversi.

Per quanto riguarda i nuovi materiali polimerici, Federchimica valuta che vi siano una decina di imprese italiane attive nel settore, cui fanno capo circa 12.000 addetti, più un'altra decina di imprese attive nel campo della produzione di macchinari per la lavorazione dei tecnopolimeri. L'industria italiana pare godere di una buona posizione competitiva, sia per qualità dei prodotti, sia per ampiezza di gamma offerta, nel campo dei tecnopolimeri. Il settore degli adesivi ad alte prestazioni è invece coperto da imprese molto specializzate, ma in numero molto ristretto rispetto alla diffusione esistente in altri paesi. Nel campo delle resine termoindurenti l'offerta è limitata ad alcuni tipi, e necessita ancora del miglioramento degli standard produttivi per ottenere le certificazioni necessarie per utilizzazioni evolute (es: aerospazio). Nel campo dei superpolimeri la presenza italiana è rappresentata soprattutto dall'attività delle multinazionali. Vi sono infine numerosi campi, con applicazioni promettenti, per i quali l'industria italiana risulta ancora dipendente dall'estero: le fibre di rinforzo, i preimpregnati destinati ad impieghi evoluti, le matrici termoplastiche ad alte prestazioni termiche e meccaniche.

In sintesi si può affermare che l'Italia presenta una posizione consolidata nei materiali destinati ad ampio consumo, ma risulta invece arretrata nei segmenti caratterizzati da maggior evoluzione tecnologica, che presentano per di più margini di utile e saggi di sviluppo maggiori.

Il progresso tecnologico ha portato notevoli innovazioni anche nel campo dei materiali strutturali, quali metalli, ceramiche, cementi, fornendo a questi materiali di uso tradizionale nuove prestazioni e quindi nuove possibilità di utilizzo e di diffusione dei mercati.

Per quanto riguarda i materiali ceramici strutturali, la lunga tradizione italiana nel campo dei ceramici tradizionali non ha favorito la nascita di una diffusa competenza nel campo di quelli avanzati. I ceramici avanzati sono infatti oggetto di ricerca da parte di istituti pubblici e di grandi imprese, ma per il momento l'industria italiana è in grado di produrre solo alcuni componenti in allumina, mentre per i componenti più

sofisticati c'è un'assoluta dipendenza dall'estero. In ogni caso anche il mercato di sbocco in Italia pare per ora piuttosto ristretto e insufficiente da solo a giustificare la nascita di un'industria locale.

Per quanto concerne i materiali metallici si rimanda all'apposita sezione dedicata all'industria siderurgica.

Infine, la posizione competitiva italiana nei calcestruzzi avanzati non pare molto sviluppata. Mentre infatti l'Italia risulta uno dei paesi più evoluti dal punto di vista del consumo, presentando livelli di consumo procapite molto alti, la struttura industriale frammentata, e la competizione fra operatori basata essenzialmente sul prezzo, non hanno favorito una mentalità orientata all'innovazione di prodotto.

3.2 La siderurgia

Malgrado il rallentamento dell'economia in atto, la siderurgia italiana non sembra aver risentito pesantemente della crisi, in quanto il rallentamento nella produzione di acciaio è stata compensata dall'accresciuta attività nel campo dei semilavorati. Il saldo commerciale è negativo, ma in riduzione rispetto agli anni precedenti. Sicuramente però a livello aziendale si è risentito pesantemente della crisi in atto, in quanto alla pressione dei costi produttivi si è contrapposta una leggera diminuzione dei prezzi, causando la riduzione dei margini di profitto.

Ancora più critica è la situazione dei produttori di leghe ferrose, quelli di maggiore interesse, in quanto comprendono i segmenti più avanzati. In questo comparto le quantità prodotte sono in diminuzione, il saldo commerciale è pesantemente negativo, ma soprattutto le imprese italiane, che pagano un alto costo dell'energia elettrica e che devono importare la materia prima, si trovano spiazzate rispetto a concorrenti esteri più favoriti, che risultano comunque anch'essi in crisi.

Analizzando più in dettaglio i segmenti produttori di nuovi materiali metallici, occorre distinguere fra acciai e leghe di nuova concezione, leghe di alluminio, e lamierini metallici innovativi. Le leghe speciali, destinate principalmente alle turbine e ai motori aeronautici, che vengono consumate dall'industria italiana sono tutte di provenienza straniera. Esistono invece capacità produttive nel campo delle leghe di tita-

nio, seppur carenti rispetto alle esigenze di un consumo che è allineato rispetto a quello degli altri paesi industrializzati. Vi sono infine una ventina di imprese che operano nel campo della sinterizzazione e della lavorazione delle polveri. L'Italia ha invece una buona posizione nel campo delle leghe di alluminio. Essa risulta essere un attore importante sia come produttore sia come consumatore. Possiede inoltre una lunga esperienza di ricerca e sviluppo. Il passaggio dalle produzioni tradizionali a quelle più evolute e ai semilavorati è stata favorita dal fatto che la produzione di alluminio primario è scarsamente competitiva per l'alto costo dell'energia elettrica in Italia.

3.3 L'informatica

Nel campo informatico l'Europa presenta un quadro generale di debolezza, che condivide con la maggior parte dei settori dell'elettronica. La produzione interna è in grado di soddisfare solo i due terzi della domanda ed è realizzata per la maggior parte (60%) da imprese controllate da multinazionali americane. La quota di mercato europeo relativa all'impresa leader mondiale, l'IBM, supera da sola il valore aggregato delle quote delle prime quattro imprese europee, rispettivamente la Siemens, la Bull, l'Olivetti e la Philips. Tale situazione si traduce in un peso notevole sulla bilancia commerciale, che ha realizzato nel 1989 un deficit di 15,3 miliardi di ECU, ed è aggravata dal fatto che le imprese sono costrette anche ad acquistare fuori dall'Europa una serie di componenti essenziali. La competitività delle industrie elettronica ed informatica è quindi strettamente interconnessa, non solo per questioni di dipendenza commerciale, ma anche perché il mancato controllo della tecnologia a monte limita le possibilità decisionali e strategiche delle imprese informatiche.

L'Italia non fa eccezione a questa tendenza, anche se il quadro non è ovviamente uniforme per tutti i gruppi di prodotti. Nella tabella 5 sono riportati i dati su importazioni ed esportazioni nel campo dell'informatica.

È possibile distinguere fra prodotti per l'ufficio, prodotti hardware e servizi software. È necessario studiare i singoli comparti separata-

mente in quanto i dati aggregati disponibili comprendono in genere aree di prodotti che sono stati considerati in sede separata, quali gli apparati di telecomunicazione, o l'intero comparto elettronico.

Il settore delle macchine per ufficio è forse quello in cui l'Italia mantiene una posizione (relativamente) migliore, se non altro per il valore più contenuto del deficit e per la presenza di alcune voci positive. Trattandosi di un gruppo di beni eterogenei, esistono numerosi scostamenti interni. Il saldo commerciale registra un deficit di circa 500 miliardi, pari a quasi un quarto di quello relativo all'informatica hardware. La maggior dipendenza dall'estero si registra nel settore delle fotocopiatrici, che presenta per tutti i tipi di prodotti e in tutti gli anni un pesante saldo negativo. Altra voce negativa è rappresentata dalle "altre macchine per ufficio", anche se all'interno di questa categoria residuale è possibile individuare alcuni prodotti di uso molto specializzato (per esempio le macchine per indirizzi), in cui l'Italia ha un saldo positivo.

Nel triennio considerato sono osservabili alcune inversioni di tendenza, primo fra tutti quella relativa alle macchine da scrivere. A fronte di una sostanziale tenuta delle importazioni infatti, si è evidenziata una forte riduzione dell'export, che ha generato, per la prima volta dopo numerosi anni, un saldo negativo della bilancia dei pagamenti. Al contrario il segmento delle macchine calcolatrici segnala per la prima volta un saldo positivo, dovuto in questo caso soprattutto alla riduzione delle importazioni.

Sempre positivo infine risulta il settore dei registratori di cassa, mentre l'andamento delle parti segue, come logico, quello dei beni cui si riferiscono.

Per quanto riguarda il settore hardware l'Italia condivide con gli altri paesi Europei una forte dipendenza dall'estero. Il mercato dell'informatica, comprendente i prodotti hardware veri e propri e gli accessori, è stato stimato per il 1992 nell'Osservatorio SMAU sulle tecnologie informatiche pari a 2.985 miliardi di Lire. Il deficit commerciale per lo stesso anno costituiva il 70% di tale mercato.

Contrariamente al settore hardware, le imprese produttrici di software e le società di servizi informatici costituiscono un diffuso, e quindi relativamente più forte, tessuto produttivo.

Nella Comunità Europea esistono 13.000 società di servizi e ingegneria informatica, competitive soprattutto nel campo dell'integrazione dei sistemi e dei prodotti software personalizzati.

In Italia si valuta una consistenza di 5.000 aziende di software e servizi informatici, con un fatturato di 10.000 miliardi e 60.000 addetti (rappresentato in prevalenza da personale altamente qualificato). Il valore aggiunto rappresenta in media il 60%, percentuale che sale all'80% nel caso del software. Alla notevole consistenza numerica si contrappone però una struttura interna fonte di notevoli preoccupazioni, soprattutto in vista del mercato unico europeo. Il maggior punto di debolezza è costituito proprio dalla frammentazione, che consente di affermarsi su scala locale, ma non di competere in uno scenario globale. Nel 1990 solo il 3% delle imprese aveva un fatturato superiore ai dieci miliardi, mentre il 72,2% fatturava meno di un miliardo. La struttura è di fatto ancora quella di un'impresa artigianale, mentre oltre Atlantico si va affermando il modello di un'impresa con schemi di produzione industriali, basati su cicli produttivi ingegneristici. Nelle piccole imprese l'orientamento prevalente dell'organizzazione è al breve periodo, e quindi inadeguato a impostare strategie di specializzazione produttiva in mercati che richiedano un back ground di conoscenze teoriche e applicative e competenze specifiche.

La maggioranza delle imprese italiane è quindi spinta dall'unificazione del mercato europeo verso una specializzazione locale, ma è tagliata fuori dal mercato grande e complesso dei sistemi informativi a valenza internazionale, destinati alla grande impresa europea. Solo un'impresa italiana, la Finsiel (5.930 dipendenti e 994 miliardi di software nel 1990) ha le dimensioni per competere nel gruppo dei leader dei servizi informatici europei, in cui invece sono presenti numerose rappresentanti francesi.

3.4. L'elettronica

Ancora una volta, come nel caso dell'informatica, è l'intera industria europea che mostra una grave debolezza nel campo dell'elettronica, sia per quanto riguarda le componenti (semiconduttori, chips e microchips), sia per quanto riguarda l'elettronica di consumo. Il principale concorrente è costituito dal Giappone. Esso contribuisce al 45% della produzione mondiale di semiconduttori, rispetto al 36,5% degli USA e al 10,5% dell'Europa (contro un consumo pari al 25% del mercato mondiale). Nel campo dell'elettronica di grande consumo la supremazia è ancora più evidente: in Giappone viene realizzato il 55% della produ-

zione mondiale, contro il 20% dell'Europa, il 27% della quale oltretutto è da imputarsi ad imprese a controllo giapponese.

Il recupero di competitività risulta particolarmente difficile a causa della lunga recessione che ha interessato gran parte dei settori dell'elettronica e dell'elettromeccanica. Va infatti tenuto conto che questi settori, a causa della natura di beni di investimento o di beni di consumo durevole dei prodotti offerti, accentuano i cicli congiunturali, essendo particolarmente sensibili alle condizioni dell'economia generale. I dati relativi all'Italia sono contenuti nella tabella 6. Si può notare come tutte le voci presentino saldi commerciali negativi; in particolare, la maggior dipendenza dall'estero si registra nel campo dell'elettronica di consumo. In questo settore infatti la produzione interna copre solo il 43% del consumo apparente. La percentuale più elevata di copertura si registra nel settore dei sistemi di elettronica professionale, che comprendono l'informatica, ma tale cifra è dovuta, oltre che alla presenza dell'Olivetti, anche al fatto che numerose imprese multinazionali hanno impianti produttivi in Italia.

Nel campo della microelettronica va segnalato il caso della SGS-Thomson, joint venture italo-francese avviata nel 1987, attiva nel campo dei semiconduttori. Dopo alcuni anni di ristrutturazione, durante i quali l'impresa è comunque riuscita a recuperare quote di mercato malgrado l'andamento di crisi del settore, essa è riuscita a recuperare una gestione in attivo, offrendo prodotti competitivi in termini di costo e tecnologia. L'impresa risulta oggi la seconda impresa europea (undicesima mondiale) nel campo dei semiconduttori, e la prima europea per i microprocessori. In particolare essa è leader mondiale nel campo dei circuiti integrati di potenza intelligente (una tecnologia nata in Italia alla fine degli anni '60), con una quota del 24% nel 1992. È infine attiva nelle memorie Eprom (memorie programmabili permanentemente). Ma il primato più interessante di questa impresa, guidata da un manager italiano, è la capacità di stringere rapporti di collaborazione con altri partner europei, ma persino con i "nemici" giapponesi (Mitsubishi, Sanyo). Un esempio è dato dalla collaborazione con la Philips per la realizzazione di particolari circuiti integrati. Si tratta di un caso particolarmente interessante in quanto è la prima volta che la collaborazione non si limita allo scambio di esperienze maturate nei rispettivi laboratori. È probabile che la via intrapresa dalla SGS, sia la migliore per poter recuperare un ruolo all'industria microelettronica europea, nonché all'intero comparto elettronico.

4. Ripercussioni sul lavoro delle tecnologie informatiche[1]

Affermare che le Tecnologie dell'informazione sono essenziali per poter sviluppare e ottenere un vantaggio competitivo rispetto alla concorrenza è oramai accettato ampiamente. Sono ormai rarissimi i casi in cui le apparecchiature hardware non sono state introdotte nella vita lavorativa. Questo vale sia per la grande impresa, sia per la piccola impresa fornitrice di servizi con scarso valore aggiunto. Una delle principali e dibattute caratteristiche attribuite alle Tecnologie dell'informazione è, quindi, la capacità di pervadere orizzontalmente l'insieme delle attività economiche. Non potendo approfondire tutte le peculiarità dei diversi settori economici, si provvederà in questo rapporto a delineare a livello generale la situazione attuale e ci si soffermerà in particolare solo su un comparto economico. A tal fine, la scelta è ricaduta sul settore bancario in quanto il comparto del credito risulta essere il maggior utilizzatore di Tecnologie dell'informazione e sta attualmente attraversando una fase di profonda ristrutturazione.

4.1. Dall'automazione d'ufficio all'informatizzazione dell'ufficio

L'esperienza maturata in molti contesti lavorativi ha evidenziato che i vantaggi ottenibili dalle Tecnologie dell'informazione siano tanto più elevati quanto più quest'ultime non solo sono rese disponibili nelle versioni più recenti, ma quanto più vengono utilizzate in modo efficace. Molte ricerche hanno infatti dimostrato che le aspettative sui risultati ottenibili dall'impiego dell'informatica in azienda vengono spesso deluse perchè le opportunità offerte non vengono sfruttate a dovere o rimangono largamente sottoutilizzate.

---

1. In questo rapporto ci soffermeremo principalmente sulle conseguenze dell'introduzione dell'informatica nell'ufficio. Per quanto riguarda l'industria, il tema è stato trattato nel rapporto sulle tecnologie di supporto alla produzione.

Secondo Bakos e Treacy[2] i fattori principali che conducono a tale situazione possono essere così elencati:

- scarsa competenza del management sulle potenzialità e sull'uso delle Tecnologie dell'informazione;
- scarsa collaborazione e comunicazione fra gli enti responsabili all'introduzione e i settori utilizzatori delle Tecnologie dell'informazione;
- ridotta disponibilità, se non addirittura manifesta resistenza, di entrambi i gruppi a cambiare atteggiamento;
- limitato approfondimento e sviluppo delle applicazioni offerte dalle Tecnologie dell'informazione e assenza di strumenti in grado di misurare i benefici ottenuti.

Da questi quattro e sintetici punti si può facilmente evincere che le risorse umane ricoprono un ruolo fondamentale, se non addirittura il più importante, nello sfruttamento delle Tecnologie dell'informazione quale vantaggio competitivo. Occorre, perciò, non solo disporre delle Tecnologie dell'informazione, ma anche progettare e costruire le condizioni perchè le risorse umane possano trarre da esse il massimo delle opportunità. Il perseguimento di questo risultato richiede, tuttavia, che vengano cambiati in modo sostanziale sia il modo di concepire, analizzare e progettare il lavoro umano, sia la struttura organizzativa.

È importante sottolineare questo aspetto perchè ultimamente e in modo sporadico l'introduzione delle Tecnologie dell'informazione è cominciata ad essere vista non solo come un fattore meramente tecnico. Infatti, le nuove macchine, fino a non molti anni fa, venivano acquistate essenzialmente per l'ammodernamento delle apparecchiature. L'approccio lavorativo era il medesimo, vale a dire di sudditanza. Le stesse ricerche socio-economiche realizzate negli anni passati si soffermavano principalmente sulle ripercussioni delle nuove tecnologie sulla salute, lo stress, la fatica degli utilizzatori, e in misura molto minore sulle potenzialità inespresse dei nuovi mezzi produttivi.

---

2. J.Y. Bakos e M.E. Treacy, Information technology and corporate strategy: a research perspective, in "Mis quarterly" vol. 13, n. 3, 1989.

Lo sviluppo delle tecnologie in generale era considerato come una variabile indipendente senza alcuna interdipendenza con le caratteristiche organizzative di una azienda. Ciò ha comportato che le Tecnologie dell'Informazione venissero introdotte secondo il consolidato schema funzionalistico con i consueti posti di lavoro predefiniti nei minimi particolari e tesi a favorire la superspecializzazione delle mansioni. In altri termini, le Tecnologie dell'Informazione sono state impiegate primariamente per l'automatizzazione delle fasi produttive al fine di razionalizzare ed eseguire le medesime operazioni in modo più celere[3], anche perchè, soprattutto agli inizi, il tempo macchina era di gran lunga più costoso di quello umano. Ciascuna interazione umana con il computer seguiva un copione predefinito: gli utenti non avevano necessità di scegliere rapidamente tra azioni alternative; le interazioni uomo-macchina erano orientate a elaborare dati, non a comunicare informazioni.

Cerchiamo di identificare, a questo punto, quali siano le trasformazioni che i sistemi informatici, basati sull'automatizzazione delle procedure, hanno comportato sulle risorse umane:

- in primo luogo è stata riscontrata una forte resistenza che solo nel tempo è venuta in parte meno. Il fenomeno ha interessato sia il cambiamento di mansioni, sia lo spiazzamento di attività lavorative e la conseguente difficoltà a ricollocare le forze di lavoro espulse. La questione è, rispetto a quest'ultimo punto, molto controversa tra chi sostiene il forte impatto occupazionale e chi ritiene, invece, che nel tempo avvenga una compensazione tra vecchie e nuove professionalità.

- In secondo luogo si assiste ad un radicale cambiamento dell'ambiente fisico del lavoro che comporta la formulazione di nuove tutele a favore del lavoratore: affaticamento della vista, ergonomia del posto di lavoro[4], ripercussioni sul sistema nervoso, velocizzazione delle operazioni e ansia da attesa.

---

3. Come si può facilmente intuire è questa la ripresentazione dei modelli efficientisti di tradizione tayloristica.
4. Ultimamente si sente sempre più parlare di ergonomia anche del software, vale a dire l'interazione tra gli uomini e i programmi applicativi. È questa la causa che ha favorito la diffusione in ambito aziendale dei pacchetti per personal computer a discapito dei programmi standard per elaboratori centrali.

- In terzo luogo è necessario un cambiamento delle abilità richieste con obsolescenza delle attività manuali a favore di quelle percettive. È questa la ragione principale del sempre più crescente bisogno di addestramento e corsi di formazione che sta caratterizzando attualmente i percorsi professionali.

- Infine, dato che le persone non resistono tanto al cambiamento quanto a subire il cambiamento deciso da altri senza che vengano spiegate le ragioni, ci sono stati dei mutamenti nello stile di gestione delle risorse umane. Hanno perciò trovato largo spazio i metodi partecipativi nella introduzione e implementazione della automazione d'ufficio (i cosiddetti gruppi di lavoro). E sono risultati particolarmente efficaci i manager che privilegiano i rapporti umani e che sono dotati di grande sensibilità e attenzione a promuovere le condizioni che portano il personale a sviluppare motivazioni e atteggiamenti positivi verso il cambiamento[5].

Rispetto all'automazione in ambito industriale, l'informatizzazione degli uffici ha avuto un impatto minore sull'organizzazione. Ricordiamo, per inciso, che nelle imprese industriali, ad esempio, l'introduzione del CAD (Disegno assistito dal computer) ha comportato una radicale trasformazione ed in particolare l'applicazione delle tecniche di simultaneous engineering per la progettazione congiunta di un nuovo prodotto e dei sistemi organizzativi a matrice.

Nel settore dei servizi le trasformazioni organizzative hanno interessato soprattutto i comportamenti individuali o di gruppo, concentrandosi sulla selezione del personale e tendendo sempre più a privilegiare criteri nella disponibilità e nell'attitudine ad usare le nuove tecnologie.

È questo il punto sul quale la filosofia tradizionale dell'automazione entra in crisi perchè non permette di intravedere nelle Tecnologie dell'Informazione la possibilità di generare nuovi prodotti e servizi, cambiare le finalità e gli obiettivi dell'impresa. Gli scopi dell'informatica d'ufficio sono completamenti diversi e per renderli chiari è sufficiente un esempio.

---

5. A. Failla e S. Bagnara, Manager e professional nell'automazione d'ufficio, in "Studi Organizzativi", 3/4, 1989.

Nella visione tradizionale l'impiego delle posta elettronica è vista essenzialmente come uno strumento per accelerare l'esecuzione di un'attività e al limite per ridurre i supporti cartacei e gli spazi di archiviazione di quest'ultimi. Nell'informatizzazione d'ufficio la posta elettronica è si un mezzo per facilitare la comunicazione, ma anche uno strumento per risolvere più celermente i problemi e prendere decisioni[6].

L'attenzione non va posta sulle capacità umane di esecuzione di sequenze di azioni e di valutazione sulla base di informazioni più o meno standard. Queste operazioni vengono sempre più condotte in modo esaustivo dai processi. Il modello dell'utente deve dar conto soprattutto delle abilità cognitive di generazione di alternative, di negoziazione degli interessi e di interpretazione dei valori e degli scopi della organizzazione.

Tale mutamento concettuale interessa, come abbiamo visto finora, non solo l'utente informatico, ma soprattutto il produttore di informatica. Infatti, il profilo professionale dell'analista informatico, così come è venuto delineandosi negli ultimi vent'anni, è oggi superato proprio perchè le applicazioni realizzate con il suo concorso hanno profondamente cambiato le imprese. Servono ora figure diverse: da un lato, marcatamente informatiche, esperte di software, strettamente legate al continuo divenire della tecnologia informatica; dall'altro, più vicine ai processi aziendali, alle procedure organizzative, ai prodotti, alle regole che l'azienda si dà.

Questo ruolo di sintesi dell'innovazione dei processi in azienda è stato finora svolto in parte dagli informatici, in parte dagli utenti, in entrambi i casi però in maniera frammentaria e non dedicata: il compito prioritario degli informatici infatti è quello di erogare un servizio, risolvendo problemi tecnici, mentre quello degli utenti è la sopravvivenza delle procedure attuali.

È maturo quindi il momento per riconoscere all'interno delle aziende italiane un'individualità specifica al ruolo di progettista di processi, dal quale dipenderà in maniera significativa l'attitudine delle imprese verso il rinnovamento.

---

6. T.W. Malone, Computer support for organizations: toward an organizational science, in J.M. Carroll (Ed.), Interfacing thought: cognitive aspects of human computer interaction, Canbridge, Mass., MIT Press, 1987.

Con il termine di progettisti di processi ci si riferisce a figure composite, con competenze applicative e informatiche, e caratterizzate dalle seguenti professionalità: conoscenza di dettaglio delle procedure di una determinata area applicativa; conoscenza non superficiale delle possibilità offerte dalle tecnologie informatiche (su sistemi centrali, elaboratori personali e su altri strumenti); capacità di dialogo sia con gli informatici, sia con le altre linee di utenza; attitudine al lavoro <cooperativo> piuttosto che gerarchico;

- capacità di immaginazione, ripensamento e rinnovamento senza condizionamenti dei processi esistenti, oltre che capacità di analisi di dettaglio delle procedure attuali;
- conoscenza, capacità di approfondimento e di contatto con società esterne, giacché una parte importante dei risultati deriva da innovazioni di flussi esterni all'azienda, integrati successivamente con le procedure interne.

La missione critica dei progettisti di processi è comunque quella di essere gli interlocutori naturali degli informatici, consulenti sui problemi di manutenzione, attori nei progetti di rinnovamento.

4.2. Nuove professioni e occasioni di lavoro in ambito informatico

Molti sono convinti che l'informatica abbia sostituito l'uomo nei lavori più ripetitivi, ma anche che abbia aperto nuove possibilità di mansioni più creative e di maggiore responsabilità.

Secondo le più recenti indagini sulle future opportunità di lavoro emerge che saranno soprattutto le capacità tecniche ad essere maggiormente richieste. In particolare: ingegneri, esperti in sicurezza delle banche dati e in processi di automazione guidano infatti la classifica delle professioni più promettenti per i prossimi anni.

Tra questi, si aprono buone prospettive per gli esperti in sicurezza delle banche dati.

L'informatica pervade tutte le professioni più quotate del futuro: in primo piano assoluto gli ingegneri, il cui numero è inferiore alle esigenze del mercato del lavoro. Anche gli analisti programmatori, gli esperti di office automation e i vari tecnici del computer, dai progettisti di Cad-Cam agli esperti nell'uso del laser, avranno buone prospettive occupazionali.

Sempre l'informatica risulta indispensabile per l'operatore turistico al quale viene richiesto di programmare al computer la gestione delle aziende del settore. Quello del turismo, nei suoi aspetti più sofisticati di innovazione, è un altro filone importante dell'occupazione prossima ventura, come segnala anche il rapporto Isfol del '91, dove vengono individuate tre sub aree (ricezione-ristorazione, intermediazione turistica, tempo libero) con venti mestieri differenti.

La progressiva apertura delle frontiere e il prevedibile incremento degli scambi commerciali faranno esplodere anche la professione del counter trader, esperto in baratto internazionale, e quella dell'esperto in contrattistica internazionale.

In ambito bancario, fin dal 1979 sono stati introdotti cosiddetti custodi dell'informatica, ma ultimamente tale profilo professionale si sta estendendo in altre imprese. Infatti, è stata proprio la Banca d'Italia ad esigere l'istituzione di figure di controllo sull'affidabilità e la sicurezza dell'Edp.

A livello europeo, una spinta allo sviluppo della funzione viene dato dall'ottava Direttiva Cee che, nel fissare le competenze richieste negli esami dei futuri certificatori, inserisce lo studio del controllo e della valutazione dell'Edp.

Generalmente auditor informatico non si nasce ma si diventa. Le aziende tendono a destinare a questa funzione un dipendente interno opportunamente formato o ad assumere un consulente di cui si erano servite in precedenza. Nei casi più avanzati c'é addirittura un pool di Edp auditor con diverse specializzazioni e competenze a seconda dell'area di intervento.

Un'altra figura che sta emergendo ultimamente dal processo di cambiamento in atto nelle stesse aziende è l'integratore di sistemi.

Per le aziende risulta molto più conveniente acquistare il meglio dai diversi venditori e non più rivolgersi a un fornitore unico di pacchetti informatici. All'integratore di sistemi spetta, quindi, il compito di interconnettere e far colloquiare le diverse macchine. Ormai, non esistono più computer che lavorano per conto loro. Stanno completamente sparendo le isole informative. L'informazione deve circolare e lo farà con sempre maggior intensità e integrazione tra i vari reparti.

CAPITOLO V

LE TECNOLOGIE PER LA SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE

Introduzione

Considerate per molti anni tecnologie secondarie o, molto più frequentemente, non considerate affatto, le tecnologie ambientali hanno assunto in questo ultimo decennio una posizione preminente e rappresentano ormai un indispensabile biglietto da visita per ogni azienda che voglia operare a pieno titolo sul mercato, nel rispetto della legge e della Comunità in senso lato, ma anche nel desiderio di sfruttare quel fattore di competitività aggiuntivo che sempre più efficacemente esse sono in grado di sollecitare.

Nate gradualmente sotto una crescente spinta dei Gruppi Ambientalisti che, influenzando sempre più l'opinione pubblica, sono riusciti ad imporre la loro impronta a livello politico-legislativo, le tecnologie per la protezione dell'ambiente, o "tecnologie pulite", sono state inizialmente accolte con diffidenza dal mondo industriale, che le vedeva come un elemento di costo aggiuntivo dei processi produttivi in essere, un elemento che quindi poteva rivelarsi come fattore destabilizzante e di minor competitività.

Ben presto ci si é resi conto delle enormi potenzialità insite in esse: lo sviluppo di nuove tecnologie pulite ha dato vita a nuove attività produttive, ha creato nuove occasioni di lavoro, e sta contribuendo a rivoluzionare i modelli competitivi anche delle attività esistenti; ne stanno nascendo nuovi vantaggi per i Paesi che guidano questa tendenza, e rischi per quelli che risulteranno in ritardo. In alcune industrie i consumatori si orientano verso i "prodotti puliti" con una rapidità che spesso sorprende i produttori stessi.

Le interrelazioni tra ambiente, sviluppo, economia, salute e sicurezza sono divenute ormai strettissime tanto che, gli stessi economisti, devono ridefinire i modelli economici fin qui considerati: il nuovo modello economico non può più prescindere dal ricorso a tecnologie "pulite" per la tutela delle maestranze, del consumatore e/o del contesto ambientale particolare e generale.

Nel caso specifico delle tecnologie per l'ambiente si può affermare, diversamente da quanto avviene per altri settori tecnologici, che l'impulso decisivo al loro sviluppo sia venuto dalla crescente pressione legislativa: emerge chiaramente dai fatti che esiste una correlazione diretta tra l'intensità e la severità della legislazione ambientale di un paese ed il numero e la qualità di tecnologie "pulite" sviluppate dal suo settore industriale; paesi come la Germania o gli Stati Uniti in cui lo strumento legislativo ha raggiunto i livelli maggiori di severità e di rapidità, hanno registrato anche il maggior numero di brevetti e tecnologie ambientali sviluppati dalle proprie aziende. Molte di queste, approfittando del vantaggio temporale di cui hanno potuto beneficiare, si sono trovate ad assumere una posizione di leadership nel nuovo comparto andando ad incrementare ulteriormente la bilancia tecnologica già pingue del loro Paese.

Nazioni invece come l'Italia, in cui l'adeguamento legislativo é stato più lento e tardivo, si sono venute a trovare in un mercato nuovo, ma in cui i pilastri fondamentali erano già stati posti, per cui le nostre aziende molto più raramente hanno trovato spazio ed energie sufficienti per sviluppare tecnologie ambientali proprie, ed hanno preferito, o molto spesso si sono viste costrette, ad acquisirle dall'estero, anche se non mancano casi di aziende attive nella ricerca ambientale anche in Italia (molto spesso però ricerca di adeguamento delle tecnologie straniere alla realtà ed alla legislazione nazionale).

Entrando nel merito più propriamente tecnologico della questione occorre precisare una distinzione fondamentale, concettuale, ma non solo, nell'ambito del vasto panorama delle tecnologie ambientali:

- esistono tecnologie che potremmo definire "trasversali" che investono cioè tutti i settori produttivi ed in genere tutte le attività umane in cui ci sia una produzione di rifiuti di qualsiasi tipo; si tratta di tecnologie a valle dei vari processi, per la riduzione in volume, il tratta-

mento, l'innoquizzazione, eventualmente il recupero dei rifiuti stessi, siano essi solidi, liquidi e/o gassosi, ovviamente con differenziazione e varietà notevoli a seconda della tipologia del rifiuto, della sua provenienza (prevalentemente industriale ed urbana) e della sua destinazione finale (eliminazione il più possibile totale con o senza recupero energetico, recupero e reimmissione nel ciclo produttivo).

Sono queste le tecnologie di più ampio spettro, che coinvolgono il maggior numero di soggetti e sulle quali l'attività legislativa é più vivace; esse hanno dato vita ad una vera e propria nuova filiera produttiva nella quale si sono riversate un grande numero di nuove imprese, o di imprese preesistenti che si sono diversificate (mutuando in parte le proprie conoscenze in materia dal loro settore di provenienza).

È andato così creandosi il mercato dei cosiddetti "servizi ambientali", dove vengono offerte le tecnologie più varie e per ogni esigenza e dove ha trovato terreno fertile il cosiddetto "Business Verde " degli ultimi anni.

Sono queste le tecnologie su cui si é scelto di soffermarsi maggiormente in questo rapporto, proprio in virtù della loro "trasversalità" e quindi dell'interesse per un numero superiore di settori e soggetti.

- esistono poi tecnologie che potremmo invece definire per contrapposizione "verticali", peculiari ad ogni tipo di prodotto e/o processo produttivo che si é rivelato essere pericoloso per l'uomo e/o l'ambiente. In questo caso sono le stesse aziende produttrici, che sotto la spinta della legislazione e del mercato, modificano o talvolta cambiano totalmente i propri prodotti e/o processi, per poter continuare ad operare. Si tratta di interventi spesso molto più radicali e non semplicemente a valle del processo produttivo come nel caso precedente. Essi possono comportare anche l'uscita dal mercato dell'azienda che non sappia adeguarsi alla nuova realtà, cogliendone eventualmente anche le opportunità positive.

In questo secondo caso il ventaglio delle nuove tecnologie sarebbe veramente vasto, perché per ogni prodotto e/o processo possono essere individuate delle soluzioni migliorative dal punto di vista dell'impatto ambientale, ed é questa una tendenza in atto abbastanza generalizzata, almeno nei paesi industrializzati; abbiamo perciò scelto di focalizzare ed approfondire due casi emblematici nei quali la pressione legislativa e

l'opinione pubblica hanno condotto ad una vera rivoluzione per le aziende coinvolte: stiamo parlando del caso dei clorofluorocarburi, messi completamente al bando per il 1996, e per i quali devono essere individuati al più presto dei sostituti innocui ed idonei (anche in considerazione del loro vasto impiego), e di quello delle plastiche, il cui grosso problema della non biodegradabilità ha spinto la ricerca ad una corsa affannosa verso prodotti sostitutivi che presentino invece questa caratteristica.

2. Trattamento dei rifiuti

2.1 Plastica biodegradabile

Descrizione della tecnologia

Nonostante il primo polimero artificiale della storia, il nitrato di cellulosa, sia stato isolato da Shoenbein quasi 150 anni fa (nel 1846), la fortuna delle materie plastiche è esplosa negli anni '50 con una moltiplicazione crescente di oggetti e di applicazioni. Tale rapida espansione è stata principalmente alimentata dalle loro buone proprietà di isolanti termici, resistenza ai corrosivi, ai solventi, all'umidità, agli urti, agli agenti atmosferici e all'invecchiamento. Tuttavia, proprio questa loro caratteristica di durata superiore al tempo di impiego utile dei corrispondenti oggetti, si è rivelata essere anche il loro principale limite: ciò in particolare per applicazioni su larga scala e di basso valore aggiunto quali i famigerati sacchetti per la spesa, gli imballaggi, i film di polietilene per l'agricoltura, le bottiglie, le batterie ed i paraurti per auto.

I rifiuti prodotti annualmente in Italia contengono in media il 7,5% di materiale plastico, pari a circa 1,4 milioni di tonnellate: i problemi più gravi, se si tralascia il cosiddetto inquinamento visivo e la saturazione delle discariche, sono legati alla progressiva frammentazione del materiale, soprattutto in seguito a fotodegradazione, che non li elimina (se non in tempi estremamente lunghi, in media 350-400 anni) ma dà luogo ad un'elevata quantità di detriti di cui si cibano alcune speci animali; tali detriti, non potendo essere digeriti, si accumulano nello stomaco.

Due attualmente le strade che si stanno seguendo per cercare di continuare a beneficiare dei vantaggi dei materiali plastici senza doverne subire i relativi disagi: quella del loro recupero e riciclaggio per essere reimmessi nel ciclo produttivo e quella più radicale della messa a punto di materiali plastici innovativi biodegradabili.

Sul fronte della biodegradabilità studi in tutto il mondo sono in corso; le principali tecnologie sviluppate in questi ultimi anni e sulle quali continuano gli sforzi per ottenere ulteriori perfezionamenti e riduzione di costi sono le seguenti:

a) miscele di amido con altri polimeri; si tratta della prima generazione di materiali biodegradabili introdotti sul mercato; la quantità di amido che può essere incorporata è limitata dalla perdita di caratteristiche meccaniche del materiale: indicativamente il 5-7% di amido con il polietilene, il tipo di plastica più usato nell'imballaggio, il 10-20% con il polistirene, il 6-12% con il polietilene ad alta densità che si usa per produrre bottiglie. Affinché si verifichi il degrado, tale materiale deve venirsi a trovare in un ambiente idoneo, cioè nella terra, nell'acqua o nelle grandi discariche. Il degrado dura tra i 6 ed i 24 mesi in funzione degli ingredienti e avviene in tre fasi: la prima consiste in una distruzione biochimica, infatti batteri, funghi, alghe e lieviti attaccano l'amido e lo divorano; la plastica diventa fragile, perde tutte le sue proprietà meccaniche e si disintegra in frammenti facilmente attaccabili da processi chimici naturali (2° fase); infine nella terza fase, anch'essa biochimica, le molecole ridotte della plastica vengono attaccate e divorate dai microrganismi: su questa ultima fase le opinioni non sono tutte concordi e taluni ritengono che la flora batterica in realtà non sia in grado di eliminare anche la matrice polimerica. Una tecnologia di questo tipo è stata denominata "Amyplast".

b) Polimeri ottenuti da microrganismi naturali; si tratta di tazione nel quale le materie prime rinnovabili, zuccheri e amidi, vengono convertite in materie plastiche da parte di un batterio largamente diffuso in natura e chiamato "Alcalinegenes Eutrophus": questo organismo nutrendosi del glucosio derivante da mais, frumento ed altri vegetali produce delle molecole (Phb e Phv) che immagazzina fino all'80% del proprio peso per garantirsi una riserva di energia; queste moleco-

le possono essere trasformate in plastica, il prodotto naturale è però difficile da lavorare per cui è stato necessario modificare il batterio per ottenere un Pbh con le stesse proprietà della plastica da idrocarburi. In un ambiente aerobico microbiologicamente attivo il materiale si degrada in anidride carbonica e acqua; il processo viene ulteriormente accellerato in ambiente anaerobico e si adatta anche ad altri metodi di smaltimento. Nonostante la velocità di degradazione sia elevata, paragonabile a quella della carta, il prezzo di tale materiale è purtroppo ancora molto elevato, pari a 40-50 volte quello del polietilene, con previsioni di riduzione a 20-25 volte verso la metà degli anni '90. Un biopolimero di questo tipo è stato lanciato sul mercato con la denominazione di "Biopol".

c) Leghe di amido con polimeri sintetici ossigenati, idrofili, a basso peso molecolare; si tratta di una nuova famiglia di materiali, derivanti dal legame tra circa un 60-65% di amido di mais (al quale vengono aggiunti altri componenti verdi) ed un composto sintetico derivato dal petrolio (un polimero ossigenato che attira l'acqua). I componenti naturali del prodotto possono raggiungere il 90% in peso. Utilizzando come metodo di misura la tecnica Scas (semicontinuous activated sludge) e misurando la perdita di peso per immersione di un film di questa plastica in un tempo di due mesi, si raggiungono valori dell'ordine dell'80%, paragonabili a quelli osservabili per la carta. I batteri riescono a degradare non solo il componente naturale ma, parzialmente, anche quello sintetico. Un prodotto di questo tipo è stato introdotto sul mercato con il nome di "Mater-Bi".

d) Plastiche fotodegradabili; vengono ottenute tramite l'inclusione nello scheletro di un qualsiasi polimero organico di un gruppo carbonilico che può essere variamente modificato. Quando il gruppo carbonile assorbe un quanto di radiazione ultravioletta esso viene eccitato in uno stato energetico più alto, l'energia rilasciata durante la conseguente transizione elettronica viene utilizzata per spezzare il legame chimico. Poiché più del 50% della radiazione ultravioletta viene dal cielo piuttosto che dal sole stesso, è sufficiente che la plastica si trovi all'ombra per innescare le reazioni fotochimiche. La rapidità di degradazione è direttamente proporzionale al numero di gruppi carbo-

nilici presenti nella catena del polimero: si possono così ottenere plastiche che si fotodegradano in pochi mesi. Un materiale di questo tipo è stato commercializzato col nome di "Ecolyte".

e) Alcol Polivinilico: si tratta di un prodotto non tossico già noto da anni per l'impiego in saponi, pomate, dentifrici, colloidi protettori di medicinali (le capsule colorate). Può essere ridotto in pellicole trasparenti e resistentissime ma, quel che più conta, è solubile in acqua: ciò può avvenire in pochi secondi o in qualche giorno, anche in funzione della temperatura dell'acqua e degli additivi contenuti. Il procedimento per ottenere tali pellicole era già noto da anni, ma eccessivamente costoso; recentemente è stato approntato un nuovo procedimento più economico. Il prodotto che ne è derivato è stato commercializzato con il nome di "Solval".

Nonostante le buone premesse, esistono ancora alcune perplessità circa due aspetti: occorre ancora dimostrare con maggior certezza che i prodotti intermedi della degradazione della plastica non siano nocivi, soprattutto nel lungo periodo; il secondo aspetto da verificare riguarda la possibilità che la presenza di plastica biodegradabile tra i rifiuti renda difficile o impossibile la riciclabilità delle materie plastiche tradizionali (che per certi impieghi non possono ancora essere rimpiazzate). La plastica degradabile, ad esempio, non può essere riciclata per oggetti destinati ad un uso prolungato, in particolare per l'esterno, come pali e panchine. Il riciclaggio è anch'esso una via, tra l'altro sempre più seguita, per ridurre la quantità di rifiuti da mandare in discarica. In particolare occorre ricordare che in Italia il riciclaggio dei contenitori in plastica per liquidi è stato reso obbligatorio con l'istituzione di "REPLASTIC", il relativo Consorzio Nazionale obbligatorio voluto dalla legge 475 del 9 novembre 1988. Anche in tale ambito la ricerca sta avanzando per approntare tecnologie sempre più efficaci ed efficienti di recupero, ritrasformazione e reimpiego delle plastiche tradizionali.

Stato della ricerca in Italia

In Italia ciò che ha dato un notevole impulso alla ricerca di materiali plastici biodegradabili è stata la già citata legge n. 475 del 9 novembre 1988, risultato del primo rapporto della "Sezione speciale per la

biodegradabilità" istituita dai Ministeri dell'Ambiente e dell'Industria, con la quale è stata anche introdotta un'imposta di fabbricazione di 100 lire per ogni sacchetto di plastica, consentendo però l'esenzione per quelli che fossero riusciti a risultare biodegradabili al 90% . Dal 1° luglio 1989 è stata inoltre vietata la commercializzazione di tutti i sacchetti non biodegradabili al 90% diversi dal polietilene, senza però specificare metodologie, parametri e tempi delle relative prove di biodegradabilità. Iniziava di conseguenza da un lato la rincorsa affannosa, da parte delle società produttrici di shoppers, di certificazioni di biodegradabilità, e dall'altro il rilascio, spesso troppo facile, di queste certificazioni da parte di alcuni laboratori aventi diritto, il tutto in una situazione di confusione generale. Un Decreto Ministeriale del 7 dicembre 1990 ha poi definito il metodo di accertamento della biodegradabilità che, pur avendo superato l'esame del TAR del Lazio a seguito di un ricorso presentato da parte di alcune società del settore, pone ancora vari dubbi sul piano scientifico.

A prescindere da questi aspetti legislativo-burocratici la ricerca in Italia, soprattutto da parte di alcune grosse aziende del settore chimico, ha continuato per la sua strada e ha dato comunque alcuni buoni frutti.

Il gruppo italiano più impegnato e all'avanguardia sul fronte della ricerca di plastiche biodegradabili è quello Ferruzzi-Montedison, particolarmente interessato allo sviluppo di tecnologie per l'impiego a fini industriali di materie prime di origine agricola. A tale scopo il gruppo ha costituito, nel gennaio 1989, la Ferruzzi Ricerca e tecnologia (FERTEC) che opera prettamente sul fronte della ricerca e, nel febbraio '90, la NOVAMONT che opera per lo sviluppo del relativo business.

Il progetto più avanzato è quello relativo ai materiali termoplastici ottenuti con leghe di amido di mais e polimeri sintetici ossigenati, idrofili, a basso peso molecolare introdotti sul mercato col marchio "Mater-Bi". Tali materiali, con una biodegradabilità pari a quella della carta, sono stati progettati soprattutto per prodotti "usa e getta", destinati ad es. all'igiene (pannolini) e alla cura della persona, per presidi medico-chirurgici e per alcune applicazioni del packaging (solo per cibi asciutti, es. biscotti, oppure oleosi, es. patatine, non per cibi acquosi). Tale materiale, al contrario di altre plastiche biodegradabili, si può anche riciclare senza perdita degli standard originari. Tra i suoi svantaggi i costi, 4-5

volte superiori a quelli del polietilene, ma che si prevede potranno essere dimezzati entro il 1995.

Un'altra azienda italiana, la ALCAN di Napoli, attiva nella ricerca, ha messo a punto un procedimento per l'ottenimento di robusti film plastici a base di alcol polivinilico solubili in acqua, marchio "Solval". La solubilizzazione nell'acqua avviene in pochi istanti, mentre i microrganismi presenti in soluzione biodegradano ciò che rimane in qualche settimana. Questi film plastici sono dotati di buona resistenza meccanica, trasparenza, impermeabilità a gas, vapori e odori; i possibili campi di applicazione vanno dal settore ospedaliero, per il trasporto di materiale infetto, a quello dell'industria chimica: sconsigliabile l'impiego per gli shoppers che devono poter resistere all'acqua.

Altre interessanti ricerche vengono condotte a Ferrara dal Centro Ricerche Himont "Giulio Natta", dalla Scuola Internazionale di Studi Avanzati in Scienze Polimeriche, dai Dipartimenti di chimica delle Università di Ferrara e di Bologna: in particolare sono allo studio biopolimeri costituiti a partire da sostanze naturali come l'acido lattico (ottenuto dallo zucchero delle barbabietole e fermentato con l'utilizzo di batteri) per l'applicazione in chirurgia e in agricoltura: in chirurgia, per chiodi biodegradabili da inserire in caso di fratture senza dover procedere ad un secondo intervento chirurgico per la loro rimozione; in agricoltura per ridurre l'impiego dei fitofarmaci di lunga vita (20 giorni) che, quando dilavati da un po' di pioggia, possono inquinare le falde acquifere sottostanti: incapsulando invece il fitofarmaco in sferette di biopolimero che si degradano in tempi programmabili si può ottenere un rilascio graduale ed ottimale della sostanza.

Anche il CNR è interessato a questo tipo di ricerche: l'Istituto CNR per la chimica e la tecnologia dei materiali polimerici di Catania ha tra le sue linee di studio, quella relativa alla sintesi di plastiche biodegradabili e biocompatibili, anche attraverso l'impiego di microbi che in condizione di dieta povera di azoto non riescono a sopravvivere senza produrre delle sostanze che non si accumulano nel loro corpo, ma danno luogo alla formazione di plastiche. Tale Istituto lavora in collaborazione anche con centri del Massachussetts e di altre strutture americane.

L'ENEA ha invece intrapreso azioni di ricerca rivolte maggiormente verso il settore del riciclaggio e che concernono: - lo studio del-

la degradazione dei materiali plastici a contatto con il terreno; - l'applicazione delle tecnologie di irraggiamento ai rifiuti plastici altamente inquinanti; - la valutazione delle possibilità di riutilizzo dei rifiuti plastici tal quali.

Stato della ricerca all'estero

La Amylum, un'industria belga che è tra i leader europei nella produzione di amido, è stata tra le prime aziende a studiare ed introdurre sul mercato plastiche biodegradabili a base di amido di origine agricola. La sua tecnologia, denominata "Amyplast" è stata prima sperimentata in America e quindi trasferita commercialmente in Europa; si basa sulla miscelazione tra una plastica tradizionale (polietilene, polivinile, polipropilene o polistirene) con una percentuale variabile di amido (dal 5 al 20% a seconda del tipo di plastica.

La formulazione di tale materiale biodegradabile è stata approvata dalla "Food and Drug Administration" americana e rientra nei regolamenti CEE relativi all'imballaggio dei generi alimentari al cui mercato principalmente si rivolge.

Anche l'ICI inglese (Imperial Chemical Industries), uno dei giganti della chimica mondiale, è in corsa per le plastiche biodegradabili e il frutto delle sue ricerche è stato denominato "Biopol" : in realtà questo materiale è stato isolato per la prima volta nel 1926 all'Istituto Pasteur di Parigi, ma la scoperta non ebbe risonanza; solo a partire dal 1983 presso il Centro Ricerche di Billingham della ICI ci si accorse che anche il batterio Alcaligenes poteva produrre il biopolimero Phv, per cui iniziarono le ricerche per il suo sviluppo.

Il Biopol, nel novembre 1992, è stato premiato come prodotto particolarmente innovativo al Salone delle Innovazioni di Milano. La sua prima applicazione è avvenuta in Germania come bottiglietta per uno shampoo della linea Sanara prodotta dalla Wella.

Un impianto sperimentale è stato avviato dall'ICI a Billingham dove si producono circa 50 tonnellate di biopolimero all'anno, ma si pensa di portare la produzione a 500 tonnellate annue. Il principale limite è rappresentato dai costi, fino a 40-50 volte superiori a quelli pel polietilene, che potranno abbattersi della metà verso il '95, ma che potrebbero raggiungere livelli competitivi probabilmente solo attraverso

ulteriori miglioramenti tecnologici o al superamento delle 10.000 tonnellate annue.

Il Prof. J. Guillet dell'Università di Toronto (Canada) ha invece sviluppato e brevettato, dopo molti anni di ricerche, un processo per la produzione di plastica fotodegradabile (introdotta in Italia dalla Società farmaceutica Bonaparte, Milano, con il marchio "Ecolyte", basato sull'inclusione nello scheletro di un qualsiasi polimero organico di gruppi carbonilici che, esposti alla luce, causano la rottura della catena polimerica in tutti quei punti in cui sono presenti.

Anche questo tipo di plastica è idonea per impieghi "usa e getta": tuttavia la degradabilità dipende dall'esposizione prolungata e regolare alla luce, ma il sacchetto buttato in acqua o in un bosco, oppure sepolto insieme agli altri rifiuti nei grandi cumuli delle discariche, non ha grosse possibilità di potersi degradare efficacemente. Attente prove di laboratorio sembra abbiano invece fugato, per questo tipo di plastica, i dubbi sulla pericolosità dei residui neutri del polimero biodegradato, anche se ingeriti.

Anche negli Stati Uniti l'attività di ricerca nel settore è molto vivace su vari fronti.

Presso l'Argonne National Laboratory e l'Università di Chicago è allo studio un processo per ottenere plastica biodegradabile dalla buccia di patata. La tecnica si basa sulla trasformazione in glucosio del liquido che fuoriesce dalla buccia della patata: i tempi di questo processo sono già stati ridotti da 100 a meno di 6 ore; ottenuto il glucosio lo si fa fermentare trasformandolo in acido lattico, che viene infine impiegato per produrre fogli di polimeri alternativamente biodegradabili o fotodegradabili.

L'acido lattico viene già estratto per questo scopo dall'amido di mais, ma pare con un procedimento circa 12 volte più costoso. Inoltre, negli USA, questo processo risulta particolarmente vantaggioso per l'enorme disponibilità di materia prima a basso costo: si stima infatti che negli Stati Uniti i soli produttori di patatine fritte producano ogni anno circa 10 miliardi di libbre di scarti di patate, in genere venduti a circa 6.000 lire a tonnellata come mangimi per gli animali.

Un altro processo per la produzione di acido lattico per plastiche biodegradabili è in questi ultimi mesi allo studio presso l'Università a-

mericana di Purdue. Si tratta di un processo semplificato per l'ottenimento dell'acido polilattico, una plastica basata sull'isomero levogiro (L-plus) dell'acido lattico.

Attualmente dalla produzione di acido lattico dai derivati del petrolio, si ottiene un mix di isomeri da cui il pregiato elemento L-plus è separabile con difficoltà.

Nei laboratori di Purdue è stato utilizzato il fungo Rhizopus che, immesso in un bagno di glucosio, urea e sali essenziali, è in grado di convertire il glucosio stesso in L-plus di acido lattico, con un fattore di efficienza del 70-75 % . Per impedire l'inibizione, l'acido viene continuamente rimosso tramite una colonna di assorbimento contenente resine di polivinilpiridina.

I ricecatori del prestigioso Massachussets Institute of Technology di Boston hanno invece messo a punto un polimero che non si biodegrada ma, quando colpito da luce intensa, può ridursi fino ad un millesimo del suo volume. Basato su di una sostanza chiamata N-isopropilamide, tale polimero contiene un sale, con struttura molecolare molto simile a quella della clorofilla, che favorisce l'assorbimento delle radiazioni luminose.

Nell'Università dello Iowa è allo studio un tipo di plastica addirittura commestibile, originata da sostanze vegetali quali la soia ed il mais; pur essendo buono dal punto di vista nutrizionale, il materiale è per il momento ancora troppo duro per la masticazione, a causa dell'amido; potrebbe ad esempio essere impiegato per la fabbricazione di posate e piatti che, una volta raccolti e triturati dopo l'uso, potrebbero essere utilizzati come cibo per gli animali.

In Germania, all'Istituto Battelle di Francoforte, è stato progettato un nuovo principio costruttivo che consente di collegare acidi grassi in un sistema di polimeri. Particolarmente adatti come sostanze di partenza sono oli vegetali a forte dominanza di almeno un acido grasso, come alcuni tipi di oli di girasole realizzati negli USA.

Tale materiale, oltre ad essere biodegradabile, denota notevoli caratteritiche termoplastiche quali estrema resistenza agli strappi, estensibilità e impermeabilità. Le possibilità di applicazione vanno da sottili fogli per confezionare prodotti , a componenti meccanici di fusione, a isolante per cavi. Il prodotto potrebbe essere commercializzato in forma

granulare ad un prezzo compreso tra i 4 e gli 8 marchi al chilo, a seconda delle caratteristiche tecniche.

In Giappone il MITI (Ministry of International Trade and Industry) in collaborazione con altre organizzazioni, ha approntato un piano settennale (partito nel 1989) con uno stanziamento di 15 miliardi di Yen, per lo sviluppo di nuovi materiali plastici biodegradabili.

Il piano delle ricerche prende in considerazione lo sviluppo ed il vaglio di quattro metodi principali di sintetizzazione: 1) con sostanze estratte dal granoturco e dalla corazza del granchio; 2) con microrganismi e sostanze plastiche; 3) con aminoacidi tramite il sistema della fermentazione; 4) con plastica mescolata ad amido o altre sostanze.

Anche per il Giappone attualmente il maggior problema nella produzione delle plastiche biodegradabili è rappresentato dai costi, da 5 a 10 volte superiori a quelli dei materiali tradizionali, per cui, anche in questo caso la ricerca ed i miglioramenti tecnologici sono rivolti verso questo fronte.

In questa direzione un primo risultato positivo è stato raggiunto dal Fermentation Research Institute giapponese e dalla società Chuo Kagaku Co. Ltd.: si tratta di una resina sintetica che pare abbia un costo di produzione 15 volte inferiore a quello di altre plastiche simili; se interrata, si disintegra in un anno in acqua e anidride carbonica sotto l'azione dei microrganismi presenti nel suolo.

2.2 Trattamento rifiuti solidi

Descrizione della tecnologia

Il tema del trattamento dei rifiuti solidi, è particolarmente complesso: sia per la varietà del tipo di rifiuti e per il loro diverso grado di pericolosità, sia per la molteplicità di possibili tecnologie e sistemi di smaltimento, sia per la continua proliferazione legislativa in materia e la conseguente confusione che ne deriva tra operatori e non, sia per il vero e proprio "Boom" che ha travolto il business ambientale inducendo moltissime imprese ad entrare nel settore anche in considerazione delle tecnologie molto spesso mature e delle speranze di facili guadagni.

Per fornire un'indicazione della dimensione del problema in termini quantitativi basti dire che in base alle stime della Banca Mondiale, i paesi industrializzati producono 5.000 tonnellate di rifiuti tossici per ogni miliardo di dollari di prodotto interno lordo. Secondo i dati del Ministero dell'Ambiente in Italia, nel 1991, sono stati prodotti 97,1 milioni di ton. di rifiuti così suddivisi: urbani 20 mil/ton ; speciali assimilabili agli urbani 3,2 mil/ton; inerti civili 34,4 mil/ton ; inerti industriali 12,3 mil/ton ; industriali non tossico-nocivi 12,3 mil/ton ; industriali tossico-nocivi 3,2 mil/ton ; fanghi dei depuratori 3,4 mil/ton ; rottami di autodemolizioni 1,4 mil/ton ; ospedalieri 0,1 mil/ton.

Per il trattamento dei rifiuti urbani e assimilabili le tecnologie sono ormai abbastanza mature e standardizzate, per cui l'attività di ricerca è principalmente volta al perfezionamento delle tecnologie esistenti, in particolare l'incenerimento a letto fluido ed il compostaggio anaerobico; maggiore fermento innovativo nei confronti delle tecnologie per il recupero energetico dai rifiuti e per il trattamento dei rifiuti tossico nocivi.

La discarica controllata è ancora oggi il sistema di smaltimento dei rifiuti più utilizzato (in Italia rappresenta la destinazione finale dell'85% dei rifiuti solidi urbani, in Europa in media del 50%).

I problemi ambientali ad essa collegata, inquinamento delle acque superficiali e di falda ed emissione di biogas dovuto alla decomposizione anaerobica delle sostanze organiche, vengono contenuti con soluzioni tecnologiche semplici: impermealizzazione del fondo della discarica abbinata ad opportuni sistemi di convogliamento per il percolato; combustione tramite apposite fiaccole oppure riutilizzazione, previo un ciclo di filtrazione, per la produzione di calore o energia elettrica nel caso del biogas.

A prescindere dalla discarica, tra l'altro di scarso interesse tecnologico, i rifiuti possono seguire varie strade: essere sottoposti a combustione (incenerimento) con o senza una preventiva selezione grossolana e con o senza successivo recupero energetico; oppure subire trattamenti meccanici, fisici e chimici per essere separati e quindi o essere recuperati alla loro funzione originaria, oppure essere riciclati sotto altre forme (composto per uso agricolo, combustibile Rdf, cioè refused Derived Fuel).

A) Recupero e riciclo:

- Il recupero consiste nella separazione dai rifiuti di alcuni componenti, prevalentemente carta, metalli, vetro, sostanze organiche, plastiche, gomme. Attualmente non sono disponibili tecnologie che consentano una separazione ed una selezione totale, tuttavia è già possibile recuperare gran parte dei materiali che compongono la massa dei rifiuti; in Italia per carta, vetro, batterie esauste, plastiche sono stati avviati programmi di raccolta differenziata su scala nazionale tramite Consorzi di riciclaggio.

A parte però i materiali separati preventivamente tramite raccolta differenziata, i principali problemi tecnologici concernono l'identificazione e la separazione dei restanti componenti dei rifiuti dal flusso globale in ingresso all'impianto: le tecnologie si fondano sul riconoscimento delle loro caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche.

Gli impianti più tradizionali, che sfruttano la differente densità dei materiali, sono i vagli vibranti, i flottatori di tipo minerario, i classificatori a zig-zag e i separatori balistici. L'elettromagnetismo è utilizzato per la separazione dei metalli ferrosi con overband e tamburo magnetizzato. Altre tecnologie ancora in fase sperimentale sfruttano la conduttività elettrica, la resilienza, lo spettro di assorbimento all'infrarosso o metodi chimici.

- Dopo la separazione, il processo di valorizzazione della componente organica dei rifiuti (materiali vegetali ed organici degli RSU, rifiuti agricoli e delle industrie agroalimentari) è il cosiddetto Compostaggio, che avviene mediante fermentazione biologica in presenza d'aria: sfruttando il fenomeno dell'autoriscaldamento microbico, tale processo consente ai microrganismi naturalmente associati ai substrati sottoposti al trattamento, di trasformare la biomassa eterogenea putrescibile di partenza in una sostanza stabilizzata, il "Compost", integrabile al terreno, fitocompatibile e quindi utilizzabile in agricoltura come fertilizzante. Le attuali tecnologie, ancora in fase di miglioramento, non sono tuttavia ancora in grado di depurare sufficientemente la sostanza organica dal resto dei rifiuti, sia inerti (vetro e plastiche), sia tossici (metalli pesanti); di conseguenza i potenziali utilizzatori sono spesso

diffidenti. Il compost trova così più frequentemente impiego nei vivai oppure viene collocato in discarica, o utilizzato per il ripristino di zone degradate o sottoposte allo scarico incontrollato.

- Separata la frazione organica e quella metallica dagli RSU, la parte combustibile (prevalentemente materiali cartacei, plastiche leggere, materiali tessili e legno) viene triturata e compattata per la produzione di RDF (Refuse Derived Fuel). Il volume ridotto e l'aumento di densità permettono miglioramenti nell'efficienza del trasporto, dello stoccaggio, dell'alimentazione e dei rendimenti del forno. Esso può essere impiegato già all'interno dell'impianto di smaltimento, se questo prevede un inceneritore, oppure da solo o combinato con polverino di carbone, nell'alimentazione di centrali termoelettriche o forni rotanti per cementifici. Rispetto ai rifiuti urbani non trattati, l'RDF contiene il 30-50% in meno di metalli, il che riduce l'emissione di composti metallici del 20-40% circa. Non si riscontrano, invece, riduzioni nella concentrazione di acido cloridrico nei fiumi: la ricerca volge pertanto verso il miglioramento dell'efficienza delle apparecchiature di depurazione dei fumi.

In molti paesi sono state effettuate prove di combustione di RDF presso impianti tradizionali progettati per la termodistruzione di rifiuti non pretrattati: si sono registrati problemi in fase di alimentazione e conduzione con riduzione della durata della griglia del forno ed aumento della concentrazione di CO nei fumi. L'ottimale utilizzazione degli RDF si ottiene con l'impiego delle tecnologie di combustione più innovative e sulle quali la ricerca è maggiormente impegnata: i sistemi basati sulla tecnologia a letto fluido sia in eccesso di aria (incenerimento), sia ad aria controllata (gassificazione) e la gassificazione a letto fisso (in co-corrente e in controcorrente). Buoni risultati si ottengono anche utilizzando l'RDF in centrali termiche in co-combustione con carbone.

B) Incenerimento

L'incenerimento è un sistema di smaltimento non solo per RSU, ma anche per i rifiuti speciali, per i tossico-nocivi e per i rifiuti provenienti dai fanghi di depurazione delle acque. I principali problemi connessi a questo tipo di soluzione riguardano l'emissione di macro e microinquinanti atmosferici e la produzione di scorie e ceneri; queste ulti-

me vengono di conseguenza inviate in discarica come rifiuti speciali. I gas caldi della camera di combustione fluiscono in quella di post-combustione e, dopo l'abbattimento delle polveri (con elettrofiltro) e delle componenti acide (scrubber), vengono rilasciati nell'atmosfera. Il calore prodotto dalla combustione può essere recuperato per usi civili o industriali sotto forma di vapore o di energia elettrica: la combustione di 1 kg di rifiuti produce fino a 3.000 chilocalorie. In base però ad alcuni studi economici la soglia dimensionale minima che giustifica un'installazione per il recupero energetico è di almeno 60.000 ton/anno di rifiuti, soprattutto per gli alti costi connessi con i sistemi di abbattimento dei fumi.

Col solo processo di combustione il volume ed il peso dei rifiuti possono essere rispettivamente ridotti al 10 ed al 30% di quello iniziale; se si considera anche il riutilizzo delle scorie (ad es. per sottofondi stradali) come avviene in alcune sperimentazioni avanzate, la necessità di volume di discarica per i residui può ridursi al solo 2-3%.

Attualmente però solo il 10% circa dei RSU viene incenerito ogni anno in Italia: gli inceneritori sono appena 47, di cui 24 funzionanti, 17 in costruzione e 6 in ristrutturazione. Degli inceneritori attivi, poi, solo un piccolo numero è dotato di sistemi di recupero di energia dai fumi ed un numero ancora minore recupera energia con produzione di elettricità: la potenza elettrica installata derivante dai rifiuti non supera i 30 MW, ma potrebbe essere superiore ai 300 se, come numero di impianti, ci allineassimo ai Paesi della CEE e sfruttassimo i circa 2 MTEP/anno di energia che potrebbero fornire i nostri rifiuti.

La camera di combustione dell'inceneritore può essere costruita secondo varie tecnologie: le più tradizionali sono quelle basate su forni a griglia e su forni rotativi; i primi utilizzano griglie metalliche, fisse o mobili, sulle quali vengono posti i rifiuti da incenerire; i secondi sono costituiti da un cilindro rotante, leggermente inclinato, nel quale i rifiuti vengono immessi dall'alto. Ma le tecnologie più avanzate, con molte possibilità di sviluppo e sulle quali verte principalmente la ricerca, sono quelle che utilizzano forni a letto fluido e forni pirolitici.

I forni a letto fluido sono molto versatili, in quanto in grado di incenerire rifiuti solidi, fanghi di depurazione, o rifiuti liquidi particolarmente inquinati. La combustione avviene ad alte temperature (800-

900°C), su un letto siliceo o calcareo tenuto in sospensione da una corrente d'aria. Il trattamento termico a temperature elevate permette inoltre una maggiore stabilizzazione degli scarti.

La tecnologia a letto fluido può essere applicata sia in eccesso di aria, e in tal caso si ottiene l'incenerimento dei rifiuti e si recupera il calore della combustione per altri impieghi, sia controllando e limitando l'immissione di aria, ed in tal caso si ottiene una gassificazione dei rifiuti che si trasformano in un vero e proprio gas combustibile: si tratta di un gas povero che ha tuttavia un buon potere calorifico (dell'ordine delle 1.550 Kcal/Nmc), pur non potendosi paragonare a quello del gas metano o del gas naturale. Il gassificatore è caratterizzato da uno o più reattori con un marcato sviluppo verticale per consentire la completa ricircolazione del letto. Innovativo anche il sistema di separazione delle scorie e delle ceneri volanti.

La tecnologia relativa ai forni pirolitici si basa sul riscaldamento del rifiuto in assenza di ossigeno a circa 450°C (distillazione termica): essa determina la formazione di prodotti gassosi, solidi (residui carboniosi), liquidi utilizzabili anch'essi come combustibili. Rispetto alle tecniche tradizionali di incenerimento si ottengono quantitativi inferiori di scorie (3-5% in volume) già inertizzate e si creano minori emissioni gassose.

Attualmente la ricerca è rivolta a cercare di limitare la complessità di questo tipo di impianti ed a limitarne i costi di investimento e di gestione. Questi forni sono particolarmente adatti al trattamento di rifiuti ospedalieri ed industriali tossico-nocivi, in quanto necessitano di essere alimentati con rifiuti ad alto potere calorifico e consentono notevoli vantaggi ambientali.

Esiste un altro tipo di termodistruzione degna di nota, attraverso Ossidazione ad umido a 180-280°C. Il brevetto risale al 1954 e la tecnologia è stata applicata in molti impianti americani con scarso successo, a causa di inconvenienti ed incrostazioni agli scambiatori; una recente innovazione concernente l'utilizzazione di un pozzo profondo verrà sperimentata in Olanda, e dovrebbe portare ad un notevole miglioramento della tecnologia.

C) Trattamento di rifiuti pericolosi

A seconda della natura e della provenienza del materiale, per trattare i rifiuti pericolosi vengono applicati processi chimico-fisici, pro-

cessi biologici, processi di inertizzazione e stabilizzazione, termodistruzione. Quest'ultima è ancora il trattamento più utilizzato: in particolare sono in corso continui studi di perfezionamento della termodistruzione a letto fluido e pirolitica e sono state realizzate unità mobili di inceneri-mento e gassificazione di rifiuti tossico nocivi, che limitano ulteriormente i pericoli connessi al loro trasporto. Dall' industria chimica sono stati inoltre mutuati processi di decomposizione catalitica e di estrazione dei metalli.

Un'altra via seguita nel trattamento dei rifiuti pericolosi è quella della loro inertizzazione tramite processi di stabilizzazione-solidificazione.

I processi tradizionali utilizzano reattivi inorganici come calce, cemento portland, ceneri, silicati ed altri additivi che solidificando, formano composti insolubili capaci di catturare e mantenere nella loro struttura gli elementi tossici contenuti nel rifiuto (specie composti inorganici e metalli) e ne permettono il collocamento in discariche attrezzate all'uopo.

I più recenti sviluppi e le ricerche in corso prevedono però l'impiego di processi a base di reagenti organici (sostanze termoplastiche, polimeri organici, sostanze macroincapsulanti).

Nei processi a base di materiali termoplastici il rifiuto essiccato viene mescolato tramite apparecchiature speciali con asfalto, bitume o resine termoplastiche a temperature superiori ai 100°C in un rapporto che varia da 1:1 a 1:2. In questo ambito gli sviluppi più recenti riguardano tecniche che utilizzano emulsioni di asfalto e che permettono temperature di esercizio inferiori per il trattamento dei rifiuti umidi. Si tratta però di processi molto costosi e che non possono applicarsi a rifiuti contenenti nitrati, clorati e perclorati.

I processi a base di polimeri organici consistono nel miscelare al rifiuto un monomero (urea formaldeide, oppure poliestere, melammina, resine fenoliche) che, in presenza di un catalizzatore, polimerizza incapsulando nella propria struttura spugnosa il rifiuto stesso, senza combinarsi chimicamente con esso.

Con i processi a base di composti macroincapsulanti le particelle inquinanti vengono agglomerate da resine termoindurenti (es. resine polibutadieniche) e quindi incapsulate da resine termoplastiche (es. po-

lietilene). Dati i costi questo sistema è adatto per volumi modesti di rifiuti altamente tossici.

Sono infine ancora in fase di ricerca altri processi innovativi di inertizzazione, tra cui:

- la vetrificazione: è un processo adatto a rifiuti particolarmente pericolosi che vengono miscelati con silice, quindi fusi e vetrificati. Vi possono essere problemi di incompatibilità con alcune sostanze presenti nei rifiuti (es. acidi, ossidanti, solventi, oli);
- l'autocementazione : adatta a rifiuti industriali contenenti alte quantità di solfato e solfito di calcio (es. fanghi da depurazione o desolforazione di fumi). L'8-10% in peso del rifiuto viene calcinato, in condizioni altamente controllate, per produrre un solfato o solfito di calcio cementizio e quindi reintrodotto nel rifiuto fangoso con altri additivi; il prodotto finale è duro, simile alla plastica e con bassa permeabilità;
- produzione di minerali o materiali ceramici sintetici: il processo presenta analogie con quello di vetrificazione e dà luogo ad un minerale silicato sintetico;
- processo a base di ceneri vetrificate; è un processo combinato per smaltire congiuntamente le ceneri degli impianti di termodistruzione e dei rifiuti tossici: consiste nella fusione delle ceneri in forno a microonde per impiegarle fuse come elemento stabilizzante per alcuni rifiuti tossici; problemi derivano dalla necessità di trattare poi i fumi generati dal forno di fusione;
- processi a base di additivi: ceneri volanti per una stabilizzazione fisica dei fanghi di lavaggio dei fumi; additivi coperti da brevetto (es. CALCILOX) per fissare chimicamente le sostanze inquinanti; residui della desolforazione a secco dei gas delle centrali a carbone per inertizzare rifiuti contenenti metalli pesanti; altri additivi coperti da brevetto (es. IUCS);
- contenimento in una matrice di rivestimento; il rifiuto viene deposto in un primo involucro (di solito metallico), da rivestire poi con una matrice a tenuta stagna in cemento armato o altro (es. brevetto ISIRA); il prodotto può essere riutilizzato come materiale pesante da costruzione;

- processi a base di zolfo fuso e misti: i processi misti impiegano reagenti organici e non assieme (terre di diatomee con cemento e polistirene, poliuretano e cemento, geli di polimeri con silicato e cemento).

La più recente normativa italiana ha previsto l'utilizzo delle cosiddette piattaforme polifunzionali per lo smaltimento di rifiuti tossico-nocivi di varia natura che raggruppano in un unico sito tutte le principali tecnologie di smaltimento ben integrate tra loro: linea di trattamento chimico-fisico-biologico dei liquami, linea di inertizzazione, linea di termodistruzione, discarica controllata per rifiuti inertizzati, discarica controllata per rifiuti speciali, recupero delle frazioni valorizzabili dei rifiuti industriali.

Esempi di tali tipi di piattaforme si trovano a Modena, Orbassano (TO), Corteolona (PV), Brescia, mentre sono molto più diffuse all'estero.

Infine, la punta più avanzata della ricerca nel settore dei rifiuti tossico-nocivi, è rappresentata dagli studi sulla possibilità di usare generatori ad arco (torce) al plasma per la loro termodistruzione. Il plasma è uno stato della materia simile a quello gassoso, con le molecole però in massima parte ionizzate. I generatori ad arco sono di due tipi: ad arco soffiato, dove l'arco a corrente continua viene fatto scoccare tra due elettrodi; ad arco trasferito, dove l'arco scocca tra l'elettrodo e il materiale (che deve avere una certa conducibilità).

Negli impianti tradizionali le scorie impiegano un certo tempo per bruciare, permettendo lo svolgimento di reazioni secondarie; negli impianti a plasma, invece, con temperature che al centro della torcia superano i 10.000°C, le scorie vengono scisse in tempi dell'ordine di millesecondi, riducendo drasticamente la formazione di prodotti secondari e semplificando il trattamento dei fumi.

Stato della ricerca in Italia

Per quanto concerne la ricerca pubblica nel 1990 il CIPE approvò il primo Piano Nazionale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Ambientale (PNRSTA) ed i suoi strumenti attuativi: il Programma Nazionale di Ricerca e Formazione per l'Ambiente (PNRFA) ed il Progetto Finalizzato Ambiente e Territorio del CNR. A distanza di circa tre anni i programmi sono solo ora sul piede di partenza.

La quinta area di sviluppo prevista dal PNRFA è quella relativa allo smaltimento dei rifiuti, per la quale erano stati stanziati 39 miliardi per progetti di ricerca e 5,5 miliardi per progetti di formazione (mentre sono state avanzate richieste per circa 750 M.di). Nell'ambito del tema n.13 relativo a "processi di termodistruzione di rifiuti ad elevata affidabilità e sicurezza" (17,5 + 1,5 miliardi) sono stati scelti i seguenti progetti di ricerca: - impianto pilota per la prova del sistema ad arco plasma, prove tossicologiche di impatto ambientale; - smaltimento di rifiuti tossico-nocivi negli altiforni del ciclo; - tecnologie innovative per la combustione di rifiuti, anche con una fase di gassificazione, valutazioni economiche.

È stata inoltre accettata la progettazione innovativa di un sistema mobile di smaltimento di rifiuti pericolosi (8 + 0,8 miliardi).

Nell'ambito di tali iniziative l'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR ha programmato un'importante attività di ricerca relativa all'essiccamento ed incenerimento dei fanghi e di rifiuti tossico nocivi che verrà condotta su un impianto dimostrativo avanzato a Bari Ovest; tra i vari obiettivi il confronto tra il funzionamento di un forno a letto fluido ricircolato ed uno a tamburo rotante alimentati con la stessa tipologia di rifiuti per individuare i campi ottimali di utilizzazione delle due tecnologie.

Per quanto riguarda invece il Progetto finalizzato Ambiente del CNR, al sottoprogetto 6.1 sono previste ricerche sullo smaltimento dei rifiuti articolate su 5 linee: flusso dei rifiuti ed alternative di smaltimento; processi di termodistruzione; messa a punto e verifica di metodologie analitiche e di sistemi di monitoraggio; recupero di materie prime secondarie; recupero siti inquinati.

L'Enel, nell'ambito di una convenzione con il CNR, ha un programma di ricerca sul recupero e la valorizzazione dei residui: ha ottenuto interessanti risultati circa l'impiegabilità dei residui dei processi di desolforazione nelle miscele per uso geotecnico e delle ceneri leggere nei laterizi, nei manufatti a matrice polimerica e nelle zeoliti. Sono inoltre stati conseguiti i primi risultati sul co-compostaggio tra ceneri di carbone e materiale vegetale fermentabile.

L'ENEA e la società Unil-It hanno realizzato un impianto pilota per produrre mangime animale di base utilizzando la frazione organica dei rifiuti di industrie alimentari e dei RSU. L'Enea ha inoltre in corso

di progettazione stazioni sperimentali per il trattamento di RSU e di rifiuti tossico-nocivi che sorgeranno presso il Centro della Trisaia nell'ambito di finanziamenti della legge 64. Si occuperà anche di sviluppare tecnologie per il recupero energetico da RSU e assimilabili.

Passando ad esaminare la ricerca effettuata da parte delle imprese private italiane, è molto più frequente rilevare che acquisiscano tecnologie dai paesi in cui le esperienze di applicazione e le ricerche nel settore sono più avanzate (in particolare Olanda, Germania, Svezia e Stati Uniti), per poi adattarle ai singoli casi in conformità con le normative italiane. Le acquisizioni di tecnologie riguardano un po' tutti i processi, in particolare l'incenerimento e più di recente il trattamento dei rifiuti pericolosi con gassificazione, pirolisi e compostaggio anaerobico.

Anche se prevale quindi la ricerca di inseguimento e di adattamento alle esigenze locali, non mancano tecnologie sviluppate da imprese italiane.

Italimpianti ha sviluppato proprie tecnologie e brevetti per forni a tamburo e aletto fluido, Foster & Wheeler per inceneritori a letto fluido e trattamento di RDF, Safii per incenerimento a griglia e compostaggio, Rankplast per separazione RSU e produzione RDF, Isira per un processo di inertizzazione di rifiuti tossiconocivi in matrici di rivestimento, Secit per un selezionatore monoblocco di RSU, Solvay Italia per trattamenti a base di bicarbonato di sodio per la depurazione dei fumi acidi di combustione dei rifiuti urbani, Daneco per un processo originale di selezione ad umido dei rifiuti e di aerazione, e l'elenco potrebbe continuare.

Particolarmente intenso lo sforzo di ricerca della De Bartolomeis (con investimenti pari a circa il 7-8 % annuo del suo fatturato) che detiene vari brevetti nel campo dell'incenerimento e della depurazione: in particolare il suo brevetto per forno a griglia mobile, ora appartenente a Safii, è stato applicato in molti impianti, sia in Italia, sia all'estero.

Altri brevetti italiani sono il forno a griglia mobile Alberti-Fonsar, ora acquistato da Italimpianti, ed il forno a tamburo rotante sviluppato da Tecnitalia.

Da segnalare infine che all'inizio del 1992 Ansaldo ha acquisito per circa 40 miliardi la danese Volund System, una delle aziende leader

mondiali nella ricerca nel settore dell'incenerimento e del recupero di energia.

Per quanto concerne i sistemi di combustione dei rifiuti basati sulla tecnologia a letto fluido, in Italia esistono alcuni impianti pilota sperimentali degni di nota:

- presso lo stabilimento ACCAM (Comune Consorzio Alto Milanese) di Busto Arsizio, l'impianto pilota dell'Italimpianti, a cui ha partecipato anche l'Enea, per l'incenerimento dei RSU e/o assimilabili. Fa parte di una iniziativa di ricerca che ha avuto come obiettivo il consolidamento di un processo di smaltimento basato su questa tecnologia. Il combustore è del tipo a letto fluido bollente atmosferico con una potenza nominale di 0,5 t/h di RSU, mentre la temperatura di esercizio del letto varia da 789 a 875°C.

- Presso il CRE-Casaccia dell'Enea, l'impianto ABI-2000 per l'effettuazione di campagne sperimentali con la finalità di risolvere alcuni importanti problemi relativi alla progettazione ed alla conduzione degli inceneritori di RSU e dei rifiuti tossico-nocivi. Il forno, a letto fluido del tipo ricircolante, ha una capacità di circa 0,2 t/h ed una temperatura di esercizio di 850°C.

- Presso Macomer in Sardegna, l'impianto di incenerimento RSU in letto fluido a ricircolazione interna realizzato dalla CTIP con tecnologia Ebara (giapponese). Il forno, primo impianto realizzato in Europa secondo questa tecnologia, ha una potenzialità pari a circa 3 t/h se riferita ad alimentazione con RDF e a 5,45 t/h, se riferita a rifiuti tal quali; la temperatura di esercizio è di 700-800°C. Il recupero energetico è realizzato mediante un turbogruppo da 2 MW.

Le principali esperienze in corso di applicazione e sperimentazione relative invece alla Gassificazione, altra tecnologia di punta nel settore della termodistruzione con recupero di energia, sono:

- il gassificatore Daneco della Bioneer finlandese a Tolmezzo (Udine): l'impianto è del tipo a letto fisso in controcorrente, già sperimentato in Finlandia ed in altre nazioni per la gassificazione di residui legnosi, residui agricoli, torba, rifiuti solidi urbani preselezionati ed addensati. Il forno ha una potenzialità termica nominale di circa 2 MW, mentre

la potenza ottenibile dal motore è pari a circa 600 kw; è alimentato in continuo con RDF (500 kg/h) nelle forme addensate, bricchettate o pellettizzate.

- Il gassificatore Aerimpianti della Studsvick Energy svedese a Greve in Chianti (Firenze): l'impianto è basato sulla tecnologia della gassificazione a letto fluido ricircolato ed ha una potenzialità di circa 200 t/giorno.

Esso sorge nell'area del cementificio Sacci, che riceve una parte del gas prodotto per l'alimentazione dei propri forni, inoltre impiega le scorie derivanti dal processo di gassificazione per la produzione di clinker. La restante quota di gas viene trasformata in elettricità da una turbina a vapore in grado di fornire 3,35 MW da immettere nella rete Enel. In caso di utilizzo di tutto il gas per la sola produzione di energia elettrica, la potenza prevista raggiungerà i 6,7 MW. Anche questa tecnologia è già stata sperimentata in Svezia su materiali organici di varia natura, tra cui legna, torba ed RDF.

Stato della ricerca all'estero

In molti paesi esteri, specie nordeuropei, la ricerca è sostenuta da politiche e programmi ambientali a livello pubblico già da molti anni, il che ha creato spesso condizioni migliori che in Italia.

Gli Stati Scandinavi sono all'avanguardia in questa direzione: in Finlandia, Svezia, Norvegia e Danimarca opera un apposito organismo, il "Nordic Working Group on Waste and Recycling" che indirizza e coordina le strategie ambientali dei Paesi stessi per lo sviluppo delle tecnologie pulite preventive, per la riduzione dei consumi di materie prime e per il contenimento dei volumi di residui industriali: il tutto in un'ottica unitaria con incentivi a progetti di innovazione tecnologica. Di conseguenza nelle città nordiche è stato quasi completamente abbandonato il sistema delle discariche a favore di tecnologie più evolute con ampio spazio per il riciclaggio e lo smaltimento rifiuti con cogenerazione di calore ed energia elettrica.

La Germania addirittura sta creando effetti internazionali perversi: i tedeschi riciclano "troppo", per cui il sovrappiù viene esportato a prezzi ridicoli (spesso solo il prezzo di trasporto) eliminando nei paesi importatori (es. Italia) lo stimolo al riciclo dei rifiuti nazionali. Ciò in

quanto la nuova legislazione tedesca richiede ai produttori di rifiuti di provare che essi non possono essere riciclati prima che ne venga concesso il permesso di smaltimento.

La Germania ha raggiunto il "de-linking", cioè lo svincolamento tra crescita economica e crescita dell'inquinamento, che rimane per molti paesi un obiettivo ancora lontano: ciò è stato favorito da una legislazione ambientale molto severa che ha spinto le stesse imprese inquinanti a lanciarsi nella ricerca ambientale; ad esempio i problemi relativi all'incenerimento dei rifiuti sono spesso simili a quelli degli impianti per la produzione di energia; il fatto che i produttori di energia siano stati obbligati dalla legge ad affrontare l'inquinamento da essi stessi generato, ha consentito loro di accorgersi delle opportunità offerte dal mercato del disinquinamento e dello smaltimento rifiuti negli altri settori. Situazioni analoghe si sono verificate per i produttori di acciaio, per quelli di caldaie e motori, per le aziende chimiche che, in molti casi, hanno creato speciali divisioni per lo sviluppo e la commercializzazione delle loro nuove competenze e tecnologie in materia ambientale.

In Francia, invece, è molto limitato il riciclaggio dei rifiuti, e tutti gli sforzi sono stati concentrati verso lo sviluppo di sistemi di incenerimento innovativi: esemplare è il caso di Parigi dove, nel 1990, la Tiru ha progettato e costruito, in collaborazione con Stain Industries, l'impianto di incenerimento di Saint-Queen con una capacità di oltre 720.000 ton/anno di RSU, in grado di produrre energia elettrica e di fornire calore per il riscaldamento di 70.000 abitazioni.

L'ADEME, l'agenzia per l'ambiente francese, ha stanziato per il periodo '92-'96, 2.500 milioni di franchi per un programma di ricerca e sviluppo di tecnologie ambientali, di cui 280 milioni di franchi per quelle relative ai rifiuti solidi. Attualmente però la spesa per attività di ricerca e sviluppo ambientale rappresenta solo il 2% del totale della ricerca: l'obiettivo del Piano Nazionale per l'Ambiente è di raggiungere, entro 10 anni, il 5%, quota attuale della Germania, con una diminuzione però della quota parte destinata al settore rifiuti, dal 26% della spesa nel 1990 al 24% nel 2000.

In Giappone l'innovazione tecnologica preventiva è promossa con incentivi dal Ministero dell'Ambiente in collaborazione con le grandi

industrie. In particolare le acciaierie, che producono il 35% dei rifiuti industriali, molto più di qualsiasi altro settore, progettano impianti con l'obiettivo di riciclare ingenti quantitativi di rifiuti e di calore disperso. La Nippon Steel Corp., ad es., sta sviluppando un processo per trasformare i suoi rifiuti, le ceneri di carbone, in zeolite, un minerale che viene poi usato per il trattamento delle acque. L'Istituto di ricerche sull'Energia Atomica giapponese, Chubu Electric Power Co. e la Ebara Co. stanno lavorando ad un progetto per convertire gli ossidi di zolfo e d'azoto (tra l'altro tra i principali responsabili delle piogge acide) in solfato d'ammonio e nitrato d'ammonio per usi agricoli. Anche le grandi imprese edilizie, come la Taisei Corp. e la Kajima Corp., hanno sviluppato sistemi integrati per la selezione ed il trasporto dei rifiuti all'interno di edifici e di complessi edilizi.

A causa della ridotta disponibilità di spazio da dedicare agli scarichi per rifiuti, il Giappone produce inceneritori ad elevata potenza ed a basse emissione: attualmente ne sono in funzione circa 2.000, di cui 8 a Tokio. La raccolta differenziata è applicata suddividendo i rifiuti in tre categorie: combustibili, non combustibili e riciclabili.

Una notevole parte dei rifiuti tossici-nocivi viene inviata in Cina ed a Taiwan per lo smaltimento.

Negli Stati Uniti la politica ambientale, che ha origini già dal "National Environment Policy Act" del 1969, è molto avanzata ed è continuamente aggiornata; minimi però sono gli interventi pubblici a sostegno della ricerca per lasciare spazio al settore privato, particolarmente "sollecitato" da una legislazione ambientale severissima e sempre all'avanguardia mondiale. I "frutti" di conseguenza sono particolarmente abbondanti: infatti per quanto riguarda la ricerca nel trattamento dei rifiuti solidi, gli USA producono e detengono il maggior numero di brevetti sul totale mondiale, seguiti però a ruota dalla Germania, che è però prima per il trattamento dei rifiuti liquidi e delle emissioni gassose.

Ma il principale obiettivo degli USA per i prossimi anni è quello di aumentare il più possibile la quota dei rifiuti riciclati: il 30% sul totale dei rifiuti per il 1995 ed il 50% per il 2000, anche se l'ostacolo principale a questo processo è in realtà economico, in quanto il materiale riciclato rischia spesso di non trovare un mercato. Si stanno sviluppando perciò nuove tecnologie per renderlo più competitivo.

Anche la CEE dal canto suo ha cercato di incentivare il riciclaggio dei rifiuti nella Comunità con programmi di sostegno allo sviluppo di tecnologie di riciclo e per la produzione di energia dai residui: il Programma REWARD (1986-1989 e 1990-1992, 6 milioni di ECU di finanziamenti per l'ultimo triennio), il Programma ACE ed il NETT (per il trasferimento delle tecnologie di riciclaggio).

Al REWARD ha partecipato anche Italimpianti con un progetto relativo all'utilizzo di RDF negli inceneritori a letto fluido, in collaborazione con Tedeschi e Belgi.

La BEI (Banca Europea di Investimenti) nel 1992 ha finanziato progetti nel campo del trattamento dei rifiuti solidi per 133 milioni di ECU.

Per quanto riguarda la ricerca svolta dalle imprese private si fornisce una breve panoramica sulle principali tecnologie sviluppate o in corso di sviluppo nei vari paesi:

- STATI UNITI: Syntetica Technologies Inc., gassificazione di rifiuti industriali in corrente di vapore; EPI, combustione a letto fluido; Actor, solidificazione rifiuti radioattivi; Waste Management e Browing Ferries, varie tecnologie per lo smaltimento ed il trattamento dei rifiuti; Remedetion Technologies, trattamento biologico per rifiuti tossici delle industrie chimiche e petrolchimiche, Westinghouse Elettric Corp., pirolisi al plasma.

- GERMANIA: Thyssen Engineering, forni di incenerimento a letto fluido per fanghi industriali o civili; Deutsche Babcock Anlagen, tecnologie per compostaggio, incenerimento e forni pirolitici; Olpidurr, incenerimento termico e a letti ceramici; Krupp, termodistruzione con generatori al plasma ad arco trasferito; Horstmann, recupero materiali da raccolta differenziata.

- SVIZZERA: Von-Roll, varie tecnologie per termodistruzione con recupero calore; W+E Umwelttechnik Ag., inceneritori RSU a griglia, inceneritori a tamburo rotante per rifiuti industriali, piattaforme polifunzionali.

- FRANCIA: Triga, compostaggio ed incenerimento RSU; Seghers, essiccamento ed incenerimento fanghi tossico-nocivi; Tnee (Compa-

gnie Générale des Eaux), ingegnerizzazione impianti di incenerimento; Aerospatiale, forno al plasma ad arco soffiato.

- FINLANDIA: Tampella Boiler Div., combustione a letto fluido per utilizzo di RDF.

- DANIMARCA: Volund, forni per incenerimento di RSU e rifiuti industriali a griglie mobili e combinati griglie-tamburo rotante.

- GRAN BRETAGNA: Henley Burrowes, produzione di RDF da RSU; Geti, compostaggio Inka per il trattamento di RSU.

- SVEZIA: Studsvik Energy, gassificatore a letto fluido ricircolato.

È d'obbligo citare infine tre impianti sperimentali basati sulla tecnologia dei Plasmi che, quando raggiungerà un adeguato grado di sviluppo, potrebbe condurre ad un rivoluzionamento dei sistemi attuali di smaltimento:

- la Westinghouse Electric Corp. (USA) ha in corso di sviluppo un processo di pirolisi al plasma per la distruzione di scorie tossiche organiche: un arco della potenza di 2000 kw trasforma in plasma a 5000°C un gas a bassa pressione contenente i prodotti organici da distruggere che alla fine del processo sono trasformati in monossido di carbonio, anidride carbonica e idrogeno.

- La società francese Aerospatiale ha realizzato a Grenoble un forno del tipo ad arco soffiato a elettrodi cavi con flusso di ossigeno e potenza di 700.000 kcal/h.

  Il forno può trattare 750 litri all'ora di scorie tossiche composte da prodotti organici liquidi ad una temperatura del plasma che può variare da 4000 a 10000°C.

- La Krupp tedesca ha invece realizzato un impianto al plasma del tipo ad arco trasferito, per la distruzione delle polveri altamente tossiche trattenute dai filtri industriali; il gas impiegato è azoto e argon, la potenza raggiunge i 1000 kw e la capacità è di 1 ton/ora.

  Tutti gli impianti di questo tipo permettono anche il recupero termico.

2.3. Trattamento rifiuti liquidi

Descrizione della tecnologia

Per rifiuti liquidi si intendono quelli derivanti dagli scarichi delle acque civili e delle acque industriali che devono essere trattati prima di essere riversati nei corpi idrici superficiali. Le sostanze estratte da tali scarichi danno luogo ad una massa fangosa che richiede vari trattamenti specifici prima di essere avviata allo smaltimento finale (spesso poi analogo a quello dei rifiuti solidi); valgono perciò molte considerazioni già fatte con riferimento ai rifiuti solidi, ci soffermeremo perciò soltanto su quegli aspetti che se ne differenziano.

Il trattamento delle acque è un fenomeno di dimensioni non indifferenti infatti, se si considerano anche i processi di potabilizzazione, scopriamo che in Italia il numero maggiore di aziende "verdi" è concentrato proprio nel comparto degli impianti e degli apparecchi per la depurazione delle acque: circa 1.120 unità industriali nel 1992, (contro le 844 del 1988) con un fatturato globale pari a 450 M.di per le acque civili, a 150 M.di per quelle industriali ed a 700 M.di (solo 280 nel '91) per quelle reflue. In Europa si prevede che il settore passerà dai 16,8 M.di/$ di oggi ai 26 M.di/$ nel 2000.

L'impulso determinante è stato dato dall'approvazione della direttiva CEE 91/271 che impone il trattamento di tutte le acque reflue urbane ed industriali prima del loro scarico: trattamento secondario, cioè biologico, per tutte le acque di scarico, e trattamento terziario, cioè rimozione di fosforo e azoto, per gli impianti che immettono in aree soggette a fenomeni di eutrofizzazione. Il tutto nei seguenti termini: entro il 1998 per insediamenti superiori a 10.000 persone, entro il 2000 se superiori a 15.000 e per le acque reflue industriali, entro il 2005 se inferiori a 15.000 persone.

Tali obiettivi ambiziosi sono destinati ad influenzare decisamente le tecnologie di costruzione dei nuovi impianti, a portare ad un adeguamento per molti degli impianti esistenti, nonché ad aumentare notevolmente l'impatto sulla quantità di fanghi prodotti che potrà raggiungere, verso il 2000, circa 20-40 milioni di ton/anno di sostanza secca, con inevitabili ricadute sul loro utilizzo e smaltimento, che normalmente incide per la metà sui costi di trattamento dei liquami.

Ogni impianto di depurazione delle acque consta di due linee ope-

rative distinte: una principale per la depurazione vera e propria, una secondaria per la trasformazione dei sottoprodotti, cioè per la riduzione (di volume, materia organica, contenuto microbico) dei fanghi primari, biologici o degli sgrigliati e sabbie generati dai processi di depurazione. Il trattamento può giungere fino alla generazione di biogas, con produzione di elettricità e calore da reimpiegare nell'impianto. Le tecnologie applicabili variano a seconda delle caratteristiche qualitative e quantitative dei reflui da depurare, delle potenziali variazioni di portata e di carico inquinante, del tipo di corpi recettori e del grado di abbattimento degli inquinanti che si desidera ottenere.

I trattamenti sono di tipo biologico e/o chimico-fisico: i primi vengono impiegati specie per le acque reflue urbane o per quelle di origine industriale con elevati carichi di inquinanti organici; i secondi sono privilegiati nei processi relativi ad acque potabili o industriali. È tuttavia frequente l'impiego in serie di entrambe le soluzioni: il trattamento chimico-fisico (terziario) segue infatti spesso quello biologico quando si desideri un abbattimento dei nutrienti (fosforo e azoto). Vi sono anche alcuni trattamenti preliminari (primari) che aiutano ad eliminare per via meccanica o fisica le componenti più grossolane. Si tratta di tecnologie quasi sempre mature, per cui la ricerca è rivolta come sempre principalmente ai perfezionamenti, al miglioramento dei componenti e dei materiali impiegati ed all'abbattimento dei costi.

I trattamenti meccanici per la rimozione dei materiali più grossolani sono:

- Grigliatura: per i detriti con diametro da 15 a 200 mm. Il sistema è automatizzato e le griglie, a barre dritte o curve, hanno un pettine per la pulizia meccanica;
- Dissabbiatura-disoleatura: L'eliminazione delle sabbie evita possibili danni all'impianto per effetto dell'abrasione ed avviene grazie ad un ponte traslatore che può usufruire o meno di un sistema di estrazione a pompe; la disoleatura elimina componenti oleose galleggianti o in sospensione (olii usati, nafta, grassi vari) tramite lame mobili superficiali. I due processi sono spesso abbinati nello stesso bacino dove i materiali a minore peso specifico vengono separati per flottazione (insufflazione d'aria) e quelli più pesanti per decantazione gravimetrica;

- Decantazione primaria: avviene al termine di ogni fase biologica e chimico-fisica; i fanghi che si depositano sul fondo delle vasche vengono eliminati con raschiatori di fondo che li convogliano ai pozzetti di estrazione.

La depurazione biologica consiste nella concentrazione ed accelerazione dei processi naturali di depurazione in caso di inquinanti biodegradabili attraverso colonie batteriche. Il processo può essere aerobico, quando i batteri agiscono in presenza di ossigeno, anaerobico nel caso contrario (ma con produzione di biogas). Le tecnologie impiegate sono:

- Letti batterici: i liquami attraversano un letto filtrante (filtro percolatore), spesso costituito di materiale plastico, sul quale si trova la popolazione batterica aerobica che trasforma le sostanze organiche in CO2, acqua, solfati fosfati e nitrati. È il processo di ossidazione più semplice e meno costoso, adatto solo a scarichi biologici di piccola portata inoltre, causando spesso odori ed insetti, viene sempre più sostituito dalla tecnica dei fanghi attivi, oppure impiegato in sostituzione alla decantazione primaria. In caso di liquami ad alto contenuto organico, vengono utilizzati i biodischi, filtri percolatori rotanti.

- Fanghi attivi: è un processo simile al precedente, ma con i batteri dispersi in fiocchi continuamente a contatto con i liquami, che vengono agitati ed areati in continuo all'interno di vasche di ossidazione. Le apparecchiature usate sono essenzialmente aeratori di superficie, insufflatori o dispersori d'aria. I fanghi attivi si agglomerano con le sostanze disciolte e formano ammassi gelatinosi facilmente separabili nello stesso bacino o in bacini separati (ossidazione-decantazione secondaria).

Si sono recentemente sviluppate nuove tecnologie in cui l'aerazione avviene insufflando ossigeno puro, che accellera ulteriormente le reazioni biochimiche di ossidazione, oppure utilizzando diffusori a membrana che emettono bolle d'aria molto piccole con incrementi di circa il 20% nella superficie di contatto tra ossigeno e liquami (a parità di aria pompata nell'impianto di ossigenazione); nel caso di reflui molto aggressivi la membrana può essere sostituita da dischi ceramici.

- Decantazione secondaria: è la fase di chiarificazione successiva all'ossidazione; i fanghi biologici vengono inoltre recuperati e riciclati nelle vasche di ossidazione.

- Digestione anaerobica: è un processo adatto al trattamento di fanghi ad elevato tenore organico (domanda biologica di ossigeno > 2.000 mg/l), es. scarichi di industrie conserviere e zootecniche. L'impianto, costituito da vasche cilindriche chiuse, produce biogas reimpiegato come combustibile per il riscaldamento dei digestori stessi, dei locali dell'impianto o per produrre energia elettrica.

Negli ultimi anni la ricerca si è rivolta verso i cosiddetti "Letti Fluidi" (fluidized bed), per ottenere migliori efficienze con reflui organici particolarmente difficili (es. chimici, farmaceutici). Sono costituiti da reattori sviluppati in altezza (10-20 m), nei quali il refluo viene alimentato dalla base ed i batteri anaerobici sono immobilizzati sotto forma di un sottile film su particelle di diametro ridotto (sabbia, carbone attivo, ecc.). L'alta velocità ascensionale del liquame determina un'espansione del letto di sabbia, fino al punto in cui la forza di gravità è compensata dalla forza di trascinamento del flusso. La biomassa anaerobica rimane in sospensione all'interno del digestore e la superficie di contatto tra i batteri e le sostanze da degradare è molto elevata, con una conseguente alta efficienza depurativa.

- Nitrificazione e Denitrificazione: l'impiego di queste tecnologie è piuttosto recente ed è correlato all'emergere di fenomeni di eutrofizzazione delle acque superficiali. I processi di nitrificazione, cioè di eliminazione dell'azoto ammoniacale, e di denitrificazione, cioè di eliminazione dei nitrati, possono avvenire congiuntamente o meno, a due o tre stadi (se abbinati ad una preventiva ossigenazione biologica), in tal caso in bacini separati.

- Fitodepurazione: per tentare di risolvere il problema dell'abbattimento dell'azoto e del fosforo (principali cause dell'eutrofizzazione), contenendo però i costi (evitando cioè trattamenti terziari, flocculanti ecc.) si è sviluppata in vari paesi una linea di ricerca tendente a valutare la possibilità di impiego di piante superiori acquatiche (macrofite) e di alghe e batteri fotosintetici (microfite) come mezzo di depurazione, con contemporanea produzione di biomasse vegetali, che in alcuni casi possono essere destinate ad impieghi vari, energetico, fertilizzante, alimentare. Questi sistemi sono adatti soprattutto a piccoli centri abitati, con bassa portata ed alto carico, villaggi turistici, campeggi, allevamenti animali.

La depurazione chimico-fisica può essere impiegata singolarmente, in caso di scarichi industriali non organici, oppure abbinata a quella biologica; in quest'ultimo caso assume la funzione di trattamento terziario per l'abbattimento del fosforo, o preliminare, per ottenere un ambiente più idoneo alla depurazione biologica.

I trattamenti chimico-fisici sono molti e caratterizzati da una notevole specificità, a seconda del tipo di refluo; il loro scopo è comunque quello di migliorare l'eliminazione di fosfati e sostanze in sospensione, di ridurre il COD (domanda chimica di ossigeno) e di agire sulle frazioni non biodegradabili come i metalli pesanti. Le principali tecnologie con tali scopi sono:

- Chiariflocculazione: vengono aggiunti reattivi (sali di ferro e alluminio, calce, soda) che consentono la coagulazione-flocculazione delle particelle in sospensione di dimensioni molto piccole (specie il fosforo), favorendone la decantazione. La separazione dei metalli avviene per precipitazione chimica.
- Una recente innovazione, coperta da brevetto, prevede una flocculazione magnetica: il sistema permette di eliminare contemporaneamente fosfati, calcio e metalli pesanti con una resa di separazione molto alta.
- Neutralizzazione: è inserita nei trattamenti di acque industriali, specie a monte degli impianti biologici, per correggere il grado di acidità (pH) con l'uso di reagenti, soda o calce.
- Filtrazione su sabbia: migliora la qualità degli effluenti depurati biologicamente, chiarificando le acque di emissione. Recentemente sono stati approntati anche sistemi di filtrazione su tela che permettono di operare in continuo con riduzione dei costi.
- Scambio ionico su resine: è un trattamento terziario degli scarichi industriali in assenza di solidi sospesi; le resine scambiatrici di ioni fissano elementi quali metalli pesanti, ammoniaca, ferro, fosfati ecc. Tuttavia nel corso della loro rigenerazione, la specie ionica che era stata temporaneamente trattenuta viene rimessa in soluzione e può essere recuperata. Il mercato offre soluzioni impiantistiche molto sofisticate e differenziate in funzione degli ioni da rimuovere, ma la maggior parte delle tecnologie sono coperte da brevetto.

- Carboni attivi: sotto forma di polvere (PAC) o di granuli (GAC) rimuovono le macromolecole non biodegradabili sfruttando il principio dell'assorbimento e possono essere un supporto fisico per la crescita batterica. Presentano un'elevata cinetica di assorbimento e limitate spese d'impianto (specie i PAC) tuttavia, a differenza delle resine, la rigenerazione dei carboni (effettuata all'esterno e con una perdita del 10% in peso da reintegrare), non permette di recuperare le sostanze adsorbite.
- Osmosi inversa: a pressioni di esercizio di 70-80 atmosfere, membrane semipermeabili molto selettive consentono la separazione delle sostanze solide ioniche e non ionizzate; l'acqua può essere recuperata, come pure i sottoprodotti della depurazione, fra cui i metalli pesanti, anche in piccole aree di impianto. Insieme all'elettrodialisi, che rimuove solo le sostanze allo stato ionico, costituisce un trattamento ancora piuttosto costoso, ma in forte sviluppo, nelle industrie chimiche e farmaceutiche.
  È attualmente in fase sperimentale la ricerca per l'utilizzo di membrane ceramiche.
- Trattamenti ossidativi: quando occorre sterilizzare l'acqua prima dell'immissione nel ricettore finale (es. scarichi prossimi a zone balneari) vengono aggiunti ossigeno, cloro o perossido di cloro. È prevedibile in alternativa lo sviluppo dell'impiego dell'ozono che presenta scarsa solubilità ma che ha il vantaggio, una volta operata l'ossidazione, di liberarsi velocemente dall'acqua. Un trattamento ancora in fase di sperimentazione è infine quello dell'ossidazione fotocatalitica.

Il trattamento dei fanghi è una parte fondamentale del processo di depurazione che in molti casi coincide con il trattamento dei rifiuti solidi tossico-nocivi ai quali i fanghi vengono assimilati.

Prima dello smaltimento finale i fanghi possono subire trattamenti diversi, alternativi o combinati tra loro (disidratazione, digestione, concentrazione, ispessimento, filtrazione, centrifugazione, essiccamento, incenerimento).

I problemi principali da risolvere sono la riduzione del loro volume (e quindi l'eliminazione dell'acqua), della loro putrescibilità e della loro carica patogena. Questi ultimi due problemi possono essere ridotti tramite il compostaggio, che recupera le sostanze organiche trasformandole in un prodotto utilizzabile per scopi agricoli.

Per quanto riguarda la disidratazione dei fanghi, i problemi posti dalle varie apparecchiature meccaniche hanno spinto i produttori alla ricerca di nuove soluzioni; gli avanzamenti tecnologici si sono rivolti verso due obiettivi: lo sviluppo di apparecchiature continue di filtrazione in grado di raggiungere concentrazioni finali di secco pari a quelle ottenibili con le tradizionali filtropresse a camera a ciclo discontinuo; la messa a punto di centrifugatrici capaci di associare i vantaggi di tale tecnologia (separazione solido-liquido in ambiente chiuso e ingombro limitato) a un valore finale di secco più concorrenziale con quello delle tradizionali nastropresse. Il primo obiettivo ha dato origine ad una nuova serie tipologica di macchine per filtrazione dei fanghi, si citano le HIP (High Intensity Press) e le Burger Press. Il secondo obiettivo ha condotto allo sviluppo di una nuova generazione di centrifughe, di cui la prima è stata la "Centripress", capace di produrre fanghi disidratati al 30%. In Giappone sono stati sviluppati due nuovi sistemi, il "Sun Sludge System" che dà luogo ad un fango pellettizzato con una concentrazione in solidi del 40-55%, ed il "New Dewatering Machine" che evita gli intasamenti.

Un'altra via che possono seguire i fanghi è quella dell'essiccamento, senza o con incenerimento. Occorre rilevare che in Italia la regolamentazione applicativa del DPR 915/82 ha previsto, in caso di incenerimento, l'obbligatorietà di una camera di postcombutione per i fumi a temperatura di almeno 950°C e ciò implica notevoli costi di impianto e di esercizio dei forni; ciò ha fatto sì che in taluni casi venga preferito il solo essiccamento a circa 150°C, che permette l'evaporazione dell'acqua contenuta nei fanghi a costi molto più contenuti.

I sistemi di essiccamento possono essere: diretti aperti (il fluido scaldante, aria o gas, è a diretto contatto con il fango); diretti chiusi (il fluido scaldante viene fatto ricircolare tramite un complesso sistema di depurazione e scambio termico); indiretti (il mezzo scaldante fluisce all'interno di una camicia che viene messa a contatto con il fango); sistemi misti. I sistemi indiretti offrono i maggiori vantaggi in quanto il fluido scaldante, non entrando in contatto con il fango inquinato, non necessita di un successivo trattamento.

Una volta essiccati i fanghi possono subire un processo di compattazione secondo varie tecnologie: processo ad umido, agglomerazione in pressione, pellettizzazione, compattazione per rullaggio.

Talvolta è possibile il riciclo dei materiali riutilizzabili presenti nei fanghi di origine industriale, dopo trattamenti di stabilizzazione per sterilizzare e deodorare i residui; altri fanghi vengono invece smaltiti con tutte le varie tecniche di incenerimento o inertizzazione già descritte, essendo assimilati completamente ai rifiuti solidi.

Stato della ricerca in Italia

Per quanto concerne la ricerca pubblica il già citato Programma Nazionale di Ricerca e Formazione per l'ambiente ha stanziato 13 miliardi per la messa a punto di processi innovativi per il trattamento dei reflui contenenti metalli pesanti da recuperare e riciclare; 10,5 M.di/lire per la riduzione delle emissioni da produzioni siderurgiche, attraverso tecnologie innovative per il trattamento ed il recupero dei reflui (rimozione composti azotati, smaltimento dei fanghi del ciclo primario siderurgico e/o dei fanghi oleosi); 9 M.di/lire per per la potabilizzazione di acque accidentalmente contaminate da inquinanti ad alto rischio.

Per quanto riguarda invece il Progetto Finalizzato Ambiente del CNR, che dovrebbe partire anch'esso tra poco, al sottoprogetto 6.2 (cui sono destinati 26 M.di/lire in 5 anni da spartire con i sottoprogetti 6.1 - 6.3 - 6.4 - 6.5) sono previste ricerche sul trattamento delle acque articolate su 5 linee: sviluppo di processi di depurazione per la rimozione di inquinanti che contribuiscono al processo di eutrofizzazione e per il riutilizzo delle acque depurate; trattamenti specifici per scarichi sottoposti a variazioni stagionali (es. di insediamenti costieri); sistemi di controllo degli impianti di depurazione; analisi degli aspetti microbiologici della depurazione dei reflui; tecnologie per la produzione di acque ad elevato livello di qualità (assorbimento, processi a membrane, ecc.).

Da rilevare l'intensa attività dell'Istituto di ricerca sulle Acque del CNR (IRSA) per i suoi programmi sperimentali sull'essiccamento ed incenerimento dei fanghi presso l'impianto dimostrativo di depurazione a Bari-Ovest.

L'ENEA, oltre a proseguire le proprie collaborazioni con l'IRSA e con varie Università volte ad ottimizzare il ciclo di utilizzazione dell'acqua, si propone, nel suo programma '93-'95, di intervenire con competenze specifiche nel settore della depurazione delle acque reflue civili, agrozootecniche e industriali, grazie ai suoi Laboratori Biotecno-

logici per il trattamento reflui di Bologna, dove sono stati sviluppati e dimostrati metodi innovativi per la depurazione, metodi da applicarsi ora in un'ottica più sistemica. A tal scopo, nel gennaio '93, ha siglato un accordo con l'Azienda bolognese A.Co.Se.R. della durata di due anni, rinnovabile; l'Enea fornirà il supporto tecnico-scientifico è avrà la possibilità di sperimentare su impianti di depurazione in piena scala della A.Co.Se.R. (che lavora per un Consorzio di 56 comuni della provincia di Bologna) le attività di ricerca e le tecnologie già sviluppate nei propri laboratori di Bologna, più specificamente: la rimozione di nutrienti, il monitoraggio ed il controllo a distanza degli impianti, interventi innovativi per l'adeguamento di impianti sotto-dimensionati, il controllo di microorganismi filamentosi che sono causa del malfunzionamento degli impianti stessi, il trattamento dei fanghi.

Se si passa a considerare la ricerca effettuata dalle imprese private ed a partecipazione statale, si riscontra una realtà piuttosto simile a quella già delineata nel caso dei rifiuti solidi, anche perché, molto spesso, le aziende che operano nel settore rifiuti liquidi si occupano anche di quelli solidi, specie se si tratta di grandi imprese.

Si stima che il numero di imprese operanti nella produzione di impianti di depurazione sia di circa 300 unità, di queste solo una trentina denunciano un fatturato superiore ai 4-5 M.di/lire; si possono individuare due grandi gruppi: gli impiantisti, che tendono ad avvalersi di un patrimonio tecnologico consolidato, sia con l'acquisizione di licenze, sia portando avanti un'attività di ricerca propria con sviluppo di brevetti (es. Italimpianti, Ansaldo, Jacorossi, Termomeccanica, Daneco, Ecologia, Putignano) o con tecnologie sviluppate all'estero dalla casa madre (es. Degremont-Lyonnaise Des Eaux, Passavant-Werke, Tpl-Technip, Foster & Wheeler); le società d'ingegneria, che tendono ad utilizzare caso per caso le tecnologie ritenute più idonee, effettuando spesso solo la progettazione e non anche la consegna chiavi in mano dell'impianto (es. Snamprogetti, Tecnimont).

La maggior parte delle tecnologie , specie per i processi di trattamento più sofisticati, proviene dall'estero: prevalentemente Stati Uniti, Germania, Svezia e Francia.

Le tecnologie di base per i vari trattamenti appaiono comunque

abbastanza consolidate e non necessitano di un know-how particolarmente complesso, specie per la parte che riguarda la depurazione biologica ed i trattamenti chimico-fisici di base. L'attività di ricerca è orientata più allo sviluppo di processo ed allo studio di ottimizzazione delle singole realizzazioni, che non alla ricerca di tecnologie innovative; la maggior parte delle tecnologie è infatti matura e le possibilità di innovazione sono ridotte.

Nonostante ciò l'attività di ricerca continua in varie aziende ed è opportuno citare alcune tra le tecnologie sviluppate e brevettate da imprese italiane o da consociate italiane di aziende estere:

- sistema di rimozione nitrati, chiarificazione e filtrazione reflui (marchio Filtronex, Claronex) della Ionics Italba;
- sistemi di aerazione liquami e disidratazione fanghi della Passavant;
- filtri percolatori aerobici, digestori ad alto carico, chiarificatori, filtri a sabbia, aeratori di fondo, sistemi ad ossigeno puro della Smogless;
- sistema di disidratazione dei fanghi con letti fluidi continui della SIE (Società Italiana Essiccatoi);
- trattamento combinato di fitodepurazione ed assorbimento per reflui (brevetto "Idroflora") della Idrodepurazione;
- tecnologia "Oxymaster" di disinfezione delle acque a base di miscele di acido paracetico della Solvay Interox;
- processo di filtrazione su tela della Mecana;
- processo di ossidazione per reflui organici ad ossigeno puro della Sogeo;
- digestore anaerobico innovativo (K.A.T.) per reflui ad altissimo carico organico quale il siero del latte e impianto a doppia flottazione e filtrazione su sabbia (K.A.M.E.T.) della Krofta;
- impianto a resine a scambio ionico innovativo reflui e recupero materie prime di aziende galvaniche della Torchiani R.;
- diffusore a membrana per ossidoriduzione di liquami (Sistema Sanitaire) della ITT Flygt.

Stato della ricerca all'estero

Considerato il grande numero di ricerche in corso in tutto il mondo relative al trattamento dei reflui, soprattutto con riferimento al miglioramento dei processi già esistenti o di piccole parti di essi, si fornisce una breve panoramica di alcune delle tecnologie più interessanti nei principali paesi, non certamente esaustiva, ma sintomatica delle principali tendenze in atto.

Negli Stati Uniti viene prodotto ogni anno circa un quarto di tutti i brevetti mondiali concernenti il trattamento dei rifiuti liquidi, brevetti che vengono poi dati in licenza in tutto il mondo. Esempi di tecnologie particolari sviluppate negli USA sono:

- il sistema di fitodepurazione biologica "Free Water Surface System" basato sull'utilizzo di macrofite emergenti radicate oppure il sistema a Macrofite galleggianti utilizzante l'Hydrocotyle umbellata;
- la defosfatazione biologica dei fanghi della A/O Air Products Inc.;
- la digestione anaerobica dei fanghi ad alto carico organico della Ecolotrol;
- il trattamento per rimozione del fosforo da liquami urbani "Phostrip" della Biospherics Inc.;
- abbattimento biologico di nutrienti da acque di scarico "Bardenpho" della Eimco;
- il sistema "BioSock" della Sybron Chemicals basato sull'impiego di una sacca porosa batterica da introdurre direttamente nelle fognature o nelle linee di trattamento per eliminare oli, grassi e idrogeno solforato;
- il modulo a membrana "Extran" della Separation Dynamics International, in fibre cave di cellulosa per la rimozione dei difenili clorurati.

Un impianto che merita di essere citato sia per le scelte tecnologiche innovative, rivolte ad ottenere uno spinto recupero energetico, sia per la politica diversificata di smaltimento del fango, è l'Impianto "Hyperion" di Los Angeles: lo schema base di processo della linea fanghi prevede ispessimento, digestione anaerobica, disidratazione per centrifugazione, essiccamento termico con processo Carver-Greenfield e pi-

rolisi in un forno a letto fluido; la produzione di fanghi è pari a 472 ton/giorno di secco e viene destinata in percentuali variabili, a seconda del periodo dell'anno, a compostaggio, recupero di energia, copertura delle discariche per inerbimento, discarica. La parte più interessante riguarda il complesso sistema di recupero del biogas, con cui si producono 12,5 MW di energia elettrica, ed il recupero termico dai fumi di postcombustione dei gas di pirolisi, con cui si ottengono altri 10 MW; dai gas di scarico della turbina che impiega il biogas si ottengono altri 3 MW grazie ad una turbina in contropressione: il vapore di scarico di quest'ultima viene a sua volta utilizzato per il riscaldamento del digestore e per l'essiccamento con processo Carver Greenfield (un processo di evaporazione a 4 stadi funzionanti a pressione decrescente).

La Germania è, insieme agli Stati Uniti, il maggior produttore mondiale di brevetti nel settore del trattamento dei rifiuti liquidi; recentemente, contro il crescente inquinamento del Mare del Nord e del Baltico, ha adottato un programma che prevede una drastica riduzione del fosforo e dell'azoto contenuti nei reflui e negli scarichi idrici: ciò dovrebbe dare impulso ad un'ulteriore sfida tecnologica tra le aziende tedesche del settore. Anche gli aggiornamenti alla legge sulle tariffe delle acque reflue stimoleranno ulteriormente la ricerca nel settore del trattamento: le tasse sulle acque reflue sono infatti imposte sugli scarichi pubblici e privati in relazione al loro contenuto di inquinanti; le tasse sono inferiori per quegli scarichi che soddisfano i requisiti tecnici, ovvero vengono incentivati quegli impianti che consentono un abbattimento maggiore di quello richiesto dalla legge. Le entrate della tassa vengono utilizzate in parte per sovvenzionare altre misure di abbattimento; la nuova legislazione si tradurrà in un aumento della tassa dagli attuali 40 fino a 90 marchi per unità di danno arrecato, entro la fine degli anni '90. La nuova regolamentazione sul trattamento delle acque potabili, dovrebbe poi aprire un mercato di miliardi di marchi per i processi e gli impianti di denitrificazione delle acque.

I più grandi esportatori di tecnologie per il trattamento acque sono la Thyssen e la Passavant. Ci sono poi aziende chimiche come la Bayer che si sono diversificate sfruttando le loro conoscenze di base: ad es. la Tecnimont italiana usa una tecnologia Bayer per il trattamento biologico di acque reflue in reattori chimici. La Fisia impiega tecnologie della

Roediger per la depurazione di acque civili e la digestione anaerobica dei fanghi, e brevetti della Fuchs per l'aerazione di impianti biologici e per la stabilizzazione aerobico-termofila dei fanghi.

Recentemente, in Giappone, alcune delle principali acciaierie ed industrie pesanti si sono unite ad imprese produttrici di elettricità e di gas e ad istituzioni finanziarie per costituire un'associazione il cui compito è quello di realizzare un piano ambizioso di "industria giapponese dell'acciaio integrata" in grado di trasformare gli impianti in centri di riciclaggio, di trattamento delle acque di scarico e dei rifiuti, il tutto con produzione di elettricità e gas, oltre che naturalmente di acciaio. In quest'ottica le acciaierie integrate stanno sviluppando tecnologie d'avanguardia per i loro reflui , che permettono loro di riciclare quasi tutti i 50 milioni di tonnellate di acqua usati quotidianamente. La medesima tecnologia , che stanno già esportando verso altre nazioni asiatiche, potrebbe essere applicata, con qualche modifica e molti vantaggi, agli impianti urbani di trattamento degli scarichi liquidi.

Una delle tecnologie più studiate ed applicate in Giappone per il trattamento dei fanghi è quella dell'essiccamento a contatto indiretto abbinata ad un incenerimento finale con forno a letto fluido: un impianto particolarmente innovativo in tal senso è quello di Kobe dotato di tre linee in parallelo.

I notevoli problemi incontrati per le scorie e le ceneri volanti derivanti dall'incenerimento dei fanghi, hanno spinto i Giapponesi verso la sperimentazione di processi di fusione dei fanghi stessi che consentano di ottenere un prodotto finale garantito contro possibili cessioni di composti pericolosi nell'ambiente (specie metalli pesanti) ed eventualmente riutilizzabile in edilizia. Il processo di fusione può avvenire in letto di coke (con un forno a coke molto simile a quello utilizzato in metallurgia per la fusione dei minerali) con contemporaneità delle fasi di incenerimento e di fusione, oppure, dopo l'incenerimento in un forno separato a letto fluido in difetto d'aria, in un forno fusore cilindrico verticale che permette di evitare corto circuiti delle particelle più fini e di realizzare pertanto una fusione più efficiente: un impianto dimostrativo di questo ultimo tipo è già stato realizzato e tratta 50 ton/giorno di fango disidratato al 33-38% di secco con una percentuale di solidi volatili del 48-53%.

I fanghi meno inquinati, in genere provenienti dai trattamenti delle acque reflue urbane, sono invece ampliamente destinati alla produzione

di fertilizzanti naturali e di biogas, tramite fermentazione anaerobica ad opera di particolari microorganismi.

Anche l'Olanda è molto all'avanguardia nel trattamento dei rifiuti liquidi e le aziende del settore sono molto attive nella ricerca. Ad esempio è una delle poche nazioni ad avere in corso di realizzazione un impianto dimostrativo da 200 kg/h di fanghi, per lo studio del sofisticato processo di termodistruzione al plasma; un altro impianto innovativo in corso di realizzazione, con una potenzialità di 23.000 t/ anno di fanghi solidi secchi, si basa invece su di un processo di ossidazione ad umido particolarmente vantaggioso sul piano economico.

Nei laboratori dell'olandese Heidemij Milieutechniek, è stato recentemente sviluppato un reattore per la decomposizione fotochimica dei composti di cianuro presenti nell'acqua dei terreni delle fabbriche di gas, composti non eliminabili tanto facilmente con le tecniche tradizionali: i sistemi fotochimici solo recentemente hanno iniziato ad essere sperimentati come possibili trattamenti chimico-fisici dei rifiuti liquidi, ma le possibilità di sviluppi futuri sono notevoli.

Un'azienda particolarmente attiva nel campo della ricerca è la Gist-Brocades che ha sviluppato varie tecnologie, tra cui la "Upflow Anaerobic Sludge Blanket", tra i trattamenti anaerobici per reflui oggi più diffusi in campo industriale e, recentemente, la "Biobed U.F.B.", una tecnologia anaerobica a letti fluidi che risolve molti problemi che presentavano tecnologie analoghe e che viene impiegata in Italia dalla Secit.

Un'altra nazione che, insospettabilmente, porta avanti ricerche ad alto livello nel settore reflui è il Sud-Africa; molto recentemente il CSIR ha sviluppato un sistema non convenzionale innovativo di disidratazione dei fanghi in tre stadi: il fango viene prima disidratato con una nastropressa tradizionale, quindi sottoposto a nastropressatura elettro-osmotica a bassa energia ed, infine, a trattamento a energia relativamente alta.

Con tale sistema può essere rimossa l'umidità legata nel doppio strato elettrico.

L'università di Cape Town conduce invece ricerche sperimentali molto avanzate sulle cinetiche di denitrificazione nei processi di rimozione biologica dell'azoto e del fosforo in eccesso.

In Francia i due maggiori gruppi del settore trattamento acque, la Générale des Eaux e la Lyonnaise des Eaux, sono anche leader europei nelle tecnologie di trattamento delle acque. La Lyonnaise des Eaux-Dumez e la Rhone-Poulenc hanno da poco concluso un accordo scientifico e tecnico nel campo delle membrane a moduli applicate al trattamento delle acque per sviluppare questa nuova tecnologia ed il relativo mercato; all'equipe di ricerca parteciperanno le loro consociate Aquasource, Tech-Sep e Degremont.

La Rohm and Haas francese ha appena messo a punto un nuovo processo denominato "Jetting" basato su resine scambiatrici di ioni fabbricate con un nuovo procedimento che permette loro prestazioni molto migliorate; con questa nuova tecnologia l'azienda ritiene di poter superare i suoi concorrenti diretti nel settore specifico, la tedesca Bayer e la giapponese Mitsubishi.

Anche in Gran Bretagna ritroviamo due tra le maggiori aziende esportatrici europee di tecnologia nel settore della depurazione idrica: la Biwater e la Portals.

Inoltre alcune tecnologie inglesi hanno avuto una notevole diffusione all'estero: il trattamento di digestione anaerobica "Biothane" per reflui ad alto carico organico della Gist-Brocadest e la tecnologia di depurazione "Inka" per il trattamento di acque di scarico della Geti.

3. Clorofluorocarburi e possibili sostituti

Descrizione della tecnologia

I clorofluorocarburi (CFC) furono scoperti e sviluppati dal 1928, il primo di questi gas, il diclorodifluorometano, fu battezzato con il marchio "FREON 12".

Essi entusiasmarono immediatamente industriali e consumatori per le caratteristiche di non infiammabilità, bassa tossicità, mancanza di potere corrosivo e per le proprietà termodinamiche che li rendevano idonei per una vasta gamma di applicazioni: conservazione dei generi alimentari, condizionamento dell'aria, propulsione di prodotti spray, espandenti per la produzione di schiume plastiche cellulari, sterilizzazione di materiali termolabili, ecc.

Solo a partire dal 1974 sono emersi i problemi legati alla produzione dei CFC: primi tra tutti l'alta reattività del cloro nei confronti dell'ozono atmosferico e la loro lunga permanenza nell'atmosfera dovuta alla considerevole stabilità molecolare nel tempo (se l'emissione venisse sospesa immediatamente, gli effetti continuerebbero a persistere per più di 100 anni, cioè le molecole di cloro dei CFC già presenti continuerebbero a distruggere quelle di ozono). Per questi motivi i CFC sono stati imputati di essere la principale causa del fenomeno dell'assottigliamento dello strato di ozono (il cosiddetto "buco nell'ozono") che protegge la terra dai pericolosi raggi ultravioletti. Secondo alcuni studi, ogni riduzione dell'1% nella fascia protettiva di ozono, aumenterebbe del 4% il rischio di tumori della pelle. Secondo le rilevazioni delle Nazioni Unite, nel corso degli anni '80, e specie d'estate, lo spessore dello strato di ozono sarebbe diminuito del 3%, un valore triplo di quello degli anni '70.

Non vi è comunque uniformità di vedute nell'ambito della comunità scientifica internazionale sul fatto se si vada incontro ad una vera scomparsa dello strato di ozono, specie in prossimità dei poli, o se si tratti semplicemente di un ciclo atmosferico secolare che si è manifestato anche in passato, ma del quale non abbiamo ovviamente fonti probatorie per la mancanza di strumentazioni di misura specifica nel passato; parimenti non c'è quindi perfetto accordo nel ritenere che i CFC siano realmente la causa principale dell'assottigliamento attuale. Non è comunque compito del presente lavoro entrare nel merito di questa diatriba, ci occuperemo invece degli effetti sul piano tecnologico di questa situazione che è sfociata nei fatti nel bando dal mercato dei CFC.

Più di recente è stato scoperto che i CFC contribuiscono anche (per l'11-24%) al fenomeno di surriscaldamento della terra, cosiddetto "effetto serra", assieme ad altri gas climalteranti (prevelentemente CO_2, ma anche metano, protossido di azoto ed altri).

Già dal 1976 l'industria tedesca degli aerosol propone la riduzione volontaria del 33% dei CFC per bombolette Spray rispetto alla produzione del '75; nel '77 la supera la Svezia, che ne proibisce l'uso; seguono gli USA nel '78; nel '79 la norma viene approvata anche in Norvegia. Con il 1980 comincia la "grande adesione" di molti paesi.

Dall'ambito limitato delle bombolette spray il problema si è allargato a tutti i tipi di CFC.

Nel novembre '92 si è svolta a Copenhagen la quarta riunione della "Conferenza sull'Ozono" promossa dall'UNEP (l'organizzazione ambientale dell'ONU); essa era stata preceduta da quella di Vienna (1985), Montreal (1988) e Londra (1990), ed ha portato ad una accelerazione nei tempi di eliminazione progressiva dei CFC, rispetto a quelli stabiliti dalle precedenti conferenze; in particolare i nuovi limiti posti alla produzione dei CFC e dei composti similari sono: - CFC, riduzione del 75% entro il gennaio del 1994 (posta pari a 100 la produzione del 1986), eliminazione totale entro il 1996; - Aloni, eliminazione totale entro il 1° gennaio 1994; - Metilcloroformio, riduzione del 50% entro il 1994, eliminazione totale entro l'1/1/96; - Bromuro di metile, congelamento ai livelli del '91 entro il 1995, riduzione del 25% per il 2000; per gli HCFC, attuali sostituti dei CFC ma considerati transitori in quanto anch'essi dannosi, anche se per altri motivi, il ritmo dell'allontanamento una volta che abbiano sostituito i CFC è controverso: la proposta è di un congelamento dei consumi entro il 1995, una riduzione del 25% nel 2000, del 50% nel 2010 ed abolizione nel 2020.

Gli effetti negativi sull'ozono dei CFC possono essere ridotti se la loro molecola non è completamente alogenata, se cioè oltre al cloro, al fluoro ed al carbonio, la stessa contiene anche idrogeno; alla luce di ciò le miscele di fluorocarburi sono state classificate in: 1) CFC, completamente alogenati; 2) HFC e HCFC, idrofluorocarburi e idroclorofluorocarburi che non distruggono l'ozono (HFC), o lo distruggono meno (HCFC), ma la cui varietà ad oggi non è tale da sostituire tutti i CFC attualmente utilizzati; inoltre anch'essi non sono completamente innoqui e sono accusati di contribuire alle piogge acide, all'inquinamento atmosferico e delle acque e, secondo alcuni, a provocare anche danni alle vie respiratorie ed al sistema nervoso; di conseguenza sono stati considerati transitori nella sostituzione dei CFC, nell'attesa di soluzioni più radicali.

Le aziende comunque, sotto la spinta delle prossime scadenze sono spronate a continuare la ricerca sia verso HFC e HCFC sempre più innoqui e funzionali, sia in altre direzioni.

Analizzeremo di seguito i principali settori d'impiego dei CFC e, per ciascuno di essi, esamineremo lo stato della ricerca dei possibili sostituti:

a) uso dei CFC come solventi - L'unico tipo di CFC idoneo ad essere impiegato come solvente è il CFC-113, liquido a temperatura ambiente. Il suo consumo mondiale si è già dimezzato negli ultimi 5 anni, da 237 a 129 milioni di kg.

Il CFC-113, da solo, addittivato con tensioattivi o in miscela azeotropica con altri solventi, ha trovato ampia applicazione come agente di lavaggio-sgrassaggio nell'industria (elettronica, dell'occhialeria, della gioielleria ed aerospaziale) e nella pulitura a secco. Rispetto agli altri solventi clururati, si degrada lentamente ed ha un'azione meno aggressiva. È il solvente ideale per materiali pregiati e/o delicati ad es. per il lavaggio a secco di tessuti, pelli e pellicce.

Alternative al CFC-113:

Sostituti - Il sostituto che attualmente sembra avere maggiori prospettive è l'HCFC-141b (ODP, cioè potere di distruggere l'ozono, pari a 0,11 contro lo 0,85 del CFC-113); tuttavia esso, a differenza del CFC-113, è infiammabile, inoltre non sono esclusi danni alla salute e all'atmosfera; la ricerca sta perciò continuando anche in altre direzioni. Come sostituti per schede di circuiti stampati sono in corso di sperimentazione solventi terpenici, miscele acquose, o solventi organici ossigenati.

Oltre che sul versante di nuove sostanze solventi, si sta inoltre cercando migliorare i processi tecnologici; ad es. nel campo dello sgrassaggio dei materiali si stanno studiando macchine che minimizzino il consumo di solvente, per risolvere il problema alla radice. Tali macchine sono dotate di un circuito frigorifero per l'abbattimento spinto, tramite condensazione, dei vapori di solvente presenti nell'aria e sono praticamente ad emissione zero.

Nel settore della pulitura a secco purtroppo i tessuti e le pellicce trattengono notevoli quantità di solventi che rilasciano lentamente nel locale di immagazzinamento, per cui non si possono ridurre di molto i consumi di solvente.

L'industria elettronica è stato il settore di più rapida crescita per il consumo del CFC-113 nella pulizia delle schede dei circuiti stampati e di altri componenti; oltre allo sviluppo di solventi a base acquosa ed a base di prodotti terpenici, sono state studiate anche tecnologie alternative: ad es. flussanti per saldature a basso solido che elimina-

no la necessità di pulizia dopo la saldatura. La maggiore industria elettronica del mondo sta sperimentando tale tecnologia.

b) Uso dei CFC come espandenti - Per la produzione di schiume, dal 1986 al 1991, la quota di consumo è rimasta immutata (dal 26 al 27%), tuttavia la quantità effettivamente consumata si è ridotta del 40%. Per la produzione di schiume isolanti, soprattutto per il calore, è molto impiegato il CFC-11 (nell'espansione dei poliuretani, PU, e dei poliisocianurati, PIR) e in minima parte il CFC-12 (per il polistirene estruso). I materiali sotto forma di schiume più richiesti sono i poliuretani.

Il potere di isolamento termico della schiuma dipende anche dal potere isolante del gas espandente e, confrontando il potere isolante di alcune sostanze gassose rispetto al CFC-11, quest'ultimo risulta essere il migliore, per cui richiede minori spessori dei pannelli isolanti. Nell'isolamento termico vengono impiegate schiume PU rigide, dette anche a celle chiuse; vi sono anche schiume PU flessibili usate nell'arredamento, nelle suole per scarpe, negli autoveicoli .

Allo scopo di ridurre l'impiego di CFC e sostituti, una via che è in corso di valutazione è quella di impiegare come isolanti materiali del tutto diversi dalle schiume: materiali inorganici (fibre minerali di lana, di vetro e di roccia; vermiculite) ed organici (polistirene espanso, solventi idrocarburici); tuttavia tutti questi prodotti presentano un potere isolante inferiore. In alcuni casi poi, (es. frigoriferi) la schiuma ha anche una funzione strutturale, costituendo un corpo unico con la carcassa del frigorifero.

Espandenti alternativi ai CFC:

- Settore imballaggio - Nell'imballaggio dei prodotti alimentari i CFC sono stati completamente eliminati. Negli USA sono stati sostituiti da HCFC-22 e da idrocarburi già dal 1990.

- Pannelli isolanti di frigoriferi e congelatori - Prove recenti hanno dimostrato che il CFC-11 può essere sostituito dal HCFC22 nella produzione di schiume rigide a bassa densità, senza controindicazioni, con potere isolante confrontabile ed un risparmio di quasi il 30% in peso di espandente (a causa del minor peso molecolare dell'HCFC-22) che compensa in parte il suo maggior costo.

Si è sperimentato anche l'impiego di HCFC-123 ed HCFC-141b, ma questi intaccano la plastica e gli elastomeri con cui vengono a contatto. È stato inoltre osservato che l'HCFC-123 provoca tumori benigni nei ratti. Questi timori sono irrilevanti se le schiume sono sigillate dal contenitore (es. frigorifero), mentre il gas può essere lentamente rilasciato nel caso della coibentazione dei muri. I test di tossicità dell'HCFC-141b non sono ancora completi, ma finora non sono apparsi aspetti negativi, tuttavia ha anch'esso un certo potere distruttivo dell'ozono, anche se inferiore (ODP=0,11).

- Poliuretani - Il più vecchio agente espandente utilizzato per la produzione di schiume PU è l'anidride carbonica, che sta acquistando nuovo interesse. Nel caso di PU flessibile l'impiego di CO2 come unico espandente è tecnicamente possibile ed auspicabile con la modifica del processo e della composizione dei reagenti. Nei PU rigidi è già in atto la riduzione di CFC-11 tramite sostituzione parziale con CO2, ciò porta però ad un aumento della conduttività termica, per cui per avere buoni risultati, occorre ridurre il CFC-11 non oltre il 50% (portarlo cioè a circa il 6% in peso del prodotto finito). Questo tipo di formulazione è già stata adottata in tutta Europa portando ad una notevole diminuzione nei consumi di FC-11 nelle schiume PU dei frigoriferi/congelatori, ma anche ad un incremento del 2-3% nei consumi di energia elettrica (a causa della maggior quantità di acqua impiegata che conduce ad uno scadimento delle proprietà termiche). Una schiuma rigida ottenuta con la sola CO2 consuma il 30% in più di energia elettrica in un frigorifero e ciò implica un aumento dell'effetto serra e delle piogge acide.

- Idrocarburi e derivati non alogenati - Nel caso di polistirene estruso, in sostituzione al CFC-11 si può utilizzare pentano come espandente, che è però infiammabile e richiede impianti totalmente antideflagranti.

c) Uso dei CFC come aerosol - È questo il settore dove è stata raggiunta la più consistente riduzione dei consumi mondiali nell'ultimo quinquennio, sia come quota relativa (dal 28 al 18%) sia in termini assoluti (da 316 a 122 milioni di kg). L'impiego dei CFC come gas propellenti è stato messo al bando dal '78 negli USA, salvi gli usi

medicali, e dal 1990 nella CEE (riduzione del 90%) con l'obbligo di apporre sulle confezioni che contengono CFC la dicitura "contiene prodotti che danneggiano lo strato dell'ozono". Per gli usi medicali (propellenti di prodotti per asma, bronchite, enfisema) la sostituzione comporta problemi perché i gas devono avere una tossicità minima al momento garantita solo dai CFC; tra gli HCFC attualmente nessuno sembra offrire le garanzie necessarie.

Sostituti dei CFC come propellenti:
I prodotti spray possono essere utilizzati anche da persone non in grado di capire e/o osservare le prescrizioni d'impiego: devono perciò essere molto sicuri, igienici, non infiammabili. Sono state studiate varie formulazioni alternative ai CFC: miscele di idrocarburi bassobollenti con diclorometano o acqua, miscele di eteri ed acqua, ecc., pare sufficientemente sicuri.

d) Uso dei CFC come refrigeranti - Il più impiegato era il CFC12, seguito dal CFC-11 ed infine dal CFC-15; di scarsissimo rilievo l'uso del CFC-14. IL consumo mondiale di CFC nel settore è passato dall'87 al '91 da 259 a 224 milioni di kg. Nel 1991 il consumo mondiale di HCFC (quasi esclusivamente HCFC-22) nel settore è stato di circa 200 milioni di kg, contro gli appena 11,5 milioni del 1987.

Pressoché trascurabile è stata invece la produzione di HFC, il cui impiego è però iniziato a livello commerciale solo nel 1992 a prezzi circa 10 volte superiori a quelli dei CFC.
Quando impiegati come fluidi frigogeni le sigle dei CFC comprendono una lettera "R" maiuscola seguita da un numero: R22 corrisponde a HCFC-22; R-12 a CFC-12; R-134a a HFC-134a.

Sostituti dei CFC nella refrigerazione:
L'R-22, con il 47% degli impieghi nel mondo, ha conquistato una posizione preminente nel settore della refrigerazione. Era l'unico non soggetto alle restrizioni di Montreal nel 1988. Esso ha caratteristiche simili al CFC-12, ma con una temperatura di ebollizione inferiore ed un ODP uguale a 0,05, pari cioè al 5% di quello del del CFC-12. Esso è il sostituto di transizione ideale del CFC-12 e

dell'R-502; è stato impiegato specie nella refrigerazione, negli impianti di condizionamento fissi e nelle pompe di calore, ma non per il condizionamento autoveicoli dove permane ancora il CFC-12. Considerato il basso ODP dell'R-22 si prevede che potrà essere impiegato su larga scala almeno per una decina di anni prima di trovarne un sostituto: promettente sembra una miscela che contiene l'HFC-32 ma che è purtroppo infiammabile.
L'R-134a (HFC-134a), un composto della terza generazione dei CFC, ha caratteristiche simili al CFC-12, anche come t° di ebollizione, ma ha un ODP pari a zero (non attacca cioè in alcun modo l'ozono). Nel lungo termine costituisce perciò il sostituto ideale del CFC-12.
Nei condizionatori per autoveicoli attualmente c'è un chiaro orientamento verso il suo impiego: in questo settore è di conseguenza stato deciso di saltare la fase di transizione degli HCFC. In Europa la costruzione dei nuovi impianti di condizionamento funzionanti ad R-134a è iniziata nel '92, negli Stati Uniti inizierà tra il '93 ed il '94.
Anche l'impiego di massa di R-134a per compressori per frigoriferi domestici è iniziato nel 1992 e si prevede registrerà una rapida espansione.
L'R-32 è adatto per applicazioni a basse temperature e potrebbe sostituire l'R-502 e l'R-22 in alcune applicazioni; non ci sono però ancora applicazioni commerciali.

Recupero dei CFC:
Alcune aziende che installano ed eseguono la manutenzione dei condizionatori per auto, già effettuano le operazioni di recupero e reimpiego dei CFC-12, previo trattamento depurativo per eliminare i gas incondensabili, l'olio lubrificante ed altre impurezze altobollenti, il vapor acqueo, gli acidi come Hcl e HF. In questo settore non esiste una normativa specifica, anche se in USA il "Clean Air Act" considera illegale dal 1° luglio 1992 lo sfiato dei CFC o dei HCFC nell'atmosfera durante la manutenzione. Risulta che le grosse società siano attrezzate allo scopo ed operino in tal senso.
Alcune ditte si sono attrezzate per il recupero del CFC-12 dai compressori di apparecchiature di refrigerazione prima della rottamazione. Si sta addirittura sviluppando la fattibilità del recupero del CFC-11 dai pannelli di PU rigido che costituiscono la schiuma isolante

dei frigoriferi: il CFC-11, intrappolato nelle celle, viene liberato in una camera in depressione dove il materiale viene polverizzato; la quantità di CFC-11 nella schiuma di un frigorifero supera addirittura quella presente nel compressore.

Con l'avvicinarsi del '95-'96 il costo dei CFC aumenterà ed è prevista una difficoltà di approvvigionamento per il mantenimento in servizio degli impianti ancora esistenti dopo l'abolizione dei CFC; in quest'ottica il recupero dei CFC potrebbe diventare ecologicamente ed economicamente vantaggioso, specie per tutto il parco impianti che continuerà a utilizzare CFC fino ad estinzione (es. gli impianti di condizionamento delle vetture che impiegano CFC-12 richiederanno ancora, fino al completo ricambio del parco auto con condizionatori adatti ai nuovi sostituti, una ricarica media di 1 kg di CFC ciascuna ogni 2 o 3 anni; stimando che il parco circolante con "vecchi" condizionatori è di circa 140 milioni di veicoli, la richiesta di CFC-12 potrebbe ancora essere di 83,5 milioni di kg/anno).

Stato della ricerca in Italia

La ricerca pubblica in questo particolare ambito è piuttosto carente e, quando c'è, è prevalentemente rivolta a monte, cioè verso il monitoraggio del problema e la strumentazione scientifica per metterlo in atto, e non tanto verso la ricerca e sperimentazione di alternative tecnologiche ai CFC.

Il già citato Programma Nazionale per la Ricerca Ambientale non prevede infatti incentivi specifici per la messa a punto di tecnologie e prodotti sostitutivi dei CFC.

L'ENEA, dal canto suo, si è detta disponibile, su richiesta del Ministero dell'Ambiente, ad installare ed esercire una rete di rilevamento delle concentrazioni in aria di inquinanti con effetto sullo strato di ozono, quali i CFC. Questa rete potrebbe essere composta da poche stazioni di misura, localizzate, per la maggior parte o per la totalità, presso centri dell'ENEA già operanti; i costi per gli investimenti e la gestione di questa rete dovrebbero trovare copertura nell'Accordo di Programma ENEA Ministero dell'Ambiente.

La Montefluos, società della Ausimont (Gruppo Ferruzzi-Montedison) attiva nella chimica del fluoro e dei prodotti ossigenati, è l'unica

azienda italiana produttrice di CFC ed attiva nella ricerca e nello sviluppo di prodotti sostitutivi. Nel '91, con un investimento di circa 20 M.di/lire, ha avviato un nuovo impianto di tipo semiindustriale a Porto Marghera per la produzione di circa 3.000 ton/anno di prodotti sostitutivi; l'impianto dovrebbe servire ad affinare le tecnologie già sperimentate su scala pilota e permettere l'entrata in funzione, entro il 1995, di un nuovo maxi impianto in piena scala con una capacità produttiva di 20-30.000 ton/anno per il quale sarà richiesto un investimento aggiuntivo di 60 M.di/lire.

La Montefluos, sola insieme al colosso Du Pont americano, ha sviluppato e sta perfezionando una gamma avanzata della serie 120, cioè HCFC-123, HCFC-124 e HFC 125, ed inoltre l'HCF-134a (quest'ultimo sviluppato anche dalla britannica ICI , dalle giapponesi Daikin e Showa e dalla tedesca Hoechst) per i mercati delle schiume espanse e della refrigerazione.

Anche alcuni tra i maggiori utilizzatori di CFC hanno già o stanno adeguando i loro impianti ed i loro processi produttivi all'impiego dei nuovi prodotti sostitutivi (nel caso degli HCFC il cambio dei macchinari non è drastico, bastano solo alcune modifiche).

Nel campo dei frigoriferi la Candy ha realizzato quest'anno i primi tre modelli di frigoriferi (linea "Charme Ecologica") progettati e costruiti utilizzando per il circuito di raffreddamento l'HFC-134a, e per la schiuma isolante l'HCFC-141b. La Zanussi Elettrodomestici è invece stata ammessa al finanziamento del Fondo Speciale per la Ricerca Applicata per la realizzazione di una nuova gamma di frigoriferi a ridotto impatto ambientale.

L'Enichem ha messo a punto una nuova famiglia di sistemi per schiume poliuretaniche senza l'uso di CFC; i nuovi sistemi, denominati Tediflex e Tedimont, servono a produrre l'imbottitura di sedili per auto con la tecnologia dello stampaggio a freddo. Anche i ricercatori della Dow di Correggio (Reggio Emilia) hanno messo a punto una tecnologia per l'eliminazione dei CFC dalle schiume espanse con la quale hanno vinto uno dei premi Federchimica '93 "per un futuro intelligente".

Nel settore del riciclo dei CFC la ICF (Industria Componenti Frigoriferi) ha realizzato, su brevetto sviluppato congiuntamente on l'ENEA i sistemi innovativi "Cleaner 12" e "Cleaner 134" per il recupero e reimpiego dei CFC-12 e dei HCFC-134a.

La Diavia, azienda europea leader nel settore della climatizzazione per auto, oltre ad adeguare i suoi condizionatori sostituendo il CFC-12 con l'HCF 134a, ha dotato tutti i suoi punti di assistenza e montaggio del "Refmatic", un'apparecchiatura per il recupero del CFC-12 presente nei vecchi climatizzatori, in grado anche di riciclarlo e riportarlo al suo stato di purezza originario.

L'Amiat (Azienda Municipalizzata per l'Igiene ambientale di Torino) ha recentemente messo a punto un programma per il recupero dei CFC contenuti nei frigoriferi; all'uopo ha già ricevuto un primo finanziamento di 128 Mio/lire per realizzare un impianto pilota per il recupero, la deumidificazione e la desoleazione dei vari tipi di CFC presenti in frigoriferi e congelatori con una capacità di trattamento pari a 15 ton/anno di CFC. Un analogo progetto sperimentale è stato messo a punto anche a Modena tra amministrazione provinciale, Comune, AMIU e l'impresa CNA per il recupero di circa 200 kg/anno di CFC.

Stato della ricerca all' estero

Il Programma ai Ricerca Ambientale della CEE per il periodo 1991-1994, nell'ambito della prima area di ricerca "Partecipazione ai programmi di studio sul cambiamento globale", il secondo tema riguarda studi sulla fascia dell'ozono stratosferico e dei processi che conducono alla sua riduzione; anche in tal caso viene promossa la ricerca a monte della ricaduta tecnologica, lasciando alla ricerca delle imprese private questo ultimo aspetto.

Un grosso problema è costituito dai paesi in via di sviluppo, ancora orientati alle tecnologie più mature e meno costose e con mercati enormi da soddisfare: ad es. l'EPA statunitense sta esercitando una forte attività di persuasione sul governo cinese per convincerlo a cambiare il tipo di refrigerante da usare nei 300 milioni di frigoriferi che la Cina ha pianificato di costruire che, se non adeguati alle nuove normative, potrebbero avere un impatto ambientale enorme. Nel 1990 era stato convenuto a Londra di creare un Fondo Provvisorio per finanziare il trasferimento di tecnologie dal nord al sud del mondo e incentivare progetti per la sostituzione dei CFC anche nei Paesi in via di sviluppo; al fondo sono stati fatti pervenire finora 40 milioni di dollari nel '91 e 50 nel '92, sono previsti 113 per il '93.

Negli Stati Uniti, la DuPont Nemours, il maggiore produttore mondiale di CFC e sostituti, ha investito 400 milioni di $ per lo sviluppo e la commercializzazione di alternativi ai CFC; essa ha deciso di spostare al 31-12-94 l'eliminazione della propria produzione di CFC, anticipando di due anni la scadenza stabilita dalla conferenza di Copenhagen. Entro la fine del 1994 la DuPont avrà una capacità produttiva di sostanze alternative ai CFC superiore a 100.000 t/anno.

L'azienda, pur continuando nella ricerca, ha già messo a punto la più ampia gamma di prodotti sostitutivi dei CFC: i refrigeranti "Suva HFC-134a", gli agenti espandenti "Formacel", i propellenti aerosol "Dymel", gli agenti di lavaggio "Axarel" e le paste di saldatura per circuiti elettronici "Siderel". Nella tavola seguente sono riassunti i sostituti dei CFC sviluppati dalla DuPont:

Anche negli Stati Uniti molti utilizzatori stanno già adeguando le loro tecnologie ai nuovi sostituti. Nell'elettronica alcuni produttori hanno sviluppato sistemi particolari: - la Appel Computer ha realizzato un nuovo processo di assemblaggio delle schede a circuito stampato che non richiede più la loro pulizia, e quindi né CFC, né sostituti; - la Digital ha messo a punto un processo di lavaggio delle piastre basato sull'impiego di acqua e detergenti leggeri spruzzati a pressione con un braccio rotante; - l'AT&T ha sperimentato su linee produttive l'uso di un detergente a base di acido citrico ed altre sostanze non inquinanti.

In Germania la Bayer ha in corso di sviluppo un esafluorobutano, denominato HFKW-356, da impiegare come isolante e contemporaneamente elemento costruttivo nella produzione di PU espansi poliuretanici. Tale gas non distrugge l'ozono, presenta una bassa conducibilità termica, è ignifugo e non fuoriesce dall'espanso; il suo impiego non richiede alcuna modifica delle apparecchiature e delle tecnologie attualmente in uso. La Bayer prevede di commercializzare il prodotto dalla seconda metà degli anni '90, a condizione che gli esami tossicologici in corso confermino la sua innoquità fisiologica.

La Hoechst, altro colosso della chimica mondiale, con un po' di ritardo rispetto ai maggiori concorrenti ha lanciato anch'essa quest'anno sul mercato un refrigerante basato sull'HFC-134a, con il marchio "Reciclin-134a".

La Boch è stata la prima azienda di elettrodomestici al mondo a ridurre del 50% il gas freon nell'isolamento dei frigocongelatori; dal '90 offre apparecchi senza freon e dalla fine del '93 eliminerà completamente tale gas da tutta la sua produzione. Il frutto delle sue ricerche è stato l'individuazione dell'idrocarburo pentano, quale sostituto dei CFC.

Sempre in Germania la statunitense Whirlpool ha sviluppato e brevettato un apparecchio portatile chiamato "OKO-Service 5000" in grado di rialimentare il circuito refrigerante del frigorifero e, nello stesso tempo, di recuperare il vecchio CFC, sciacquare il sistema e verificare la sua saldatura.

Il Giappone, grosso utente di CFC, concede prestiti a basso saggio di interesse alle aziende che intendono investire in impianti per il riciclo e recupero dei CFC; lo stesso MITI ha stanziato finanziamenti di circa 200 milioni di Yen all'anno per ricerche sui sostituti dei CFC; sono inoltre concessi sgravi di imposte alle aziende che riducano l'inquinamento da freon. Tale politica sembra sortire buoni frutti: la Daikin e la Showa Denko hanno già predisposto impianti pilota semiindustriali per la produzione di HFC-134a; la Toshiba, uno dei maggiori produttori mondiali di microchip, sta riducendo i CFC dai propri processi produttivi più avanzati di circuiti elettronici, per arrivare alla completa eliminazione entro il '95; i CFC utilizzati per il lavaggio dei circuiti stampati e dei semilavorati microelettronici sono stati sostituiti con solventi a base di acqua. La Nippondenso, maggiore produttrice di componenti automobilistici, per il lavaggio delle parti metalliche, tra il '92 ed il '97 intende sostituire tutto il CFC-12 con HFC-134a. La NEC Corp., produttrice di computer, per la stampa sui semiconduttori ha sviluppato un laser all'Ittrio-Alluminio garnet drogato con Neodimio, al posto del tradizionale laser ai CFC. La Matsushita Electric Industrial Co. ha invece realizzato un compressore frigorifero che impiega l'HFC-134a.

Anche la britannica ICI ha messo a punto un refrigerante, denominato "Klea 134a", a base di HFC-134a; mentre la francese Elf Atochem ha avviato un impianto per la produzione di HCFC-141b e 141c, da impiegarsi come espandenti per schiume.

Una nuova generazione di frigoriferi e congelatori completamente

privi di CFC sono stati annunciati anche dalla svedese Electrolux. In Svezia l'uso come refrigerante degli HCFC, i sostituti di transizione, verrà tassato di 50$ il kg dal 1995.

4. Le opportunità di sviluppo economico legate alle tecnologie ambientali

Per lungo tempo le tematiche ambientali hanno interessato il dibattito economico solo come stimolo critico esterno all'attività degli agenti produttivi. L'accento era posto sul trade-off fra sviluppo economico e salvaguardia ambientale, e l'ottica era comunque quella macroeconomica.

Oggi, esauriti, almeno in parte, i toni più aspri della provocazione, e spinti dall'urgenza in molti campi verso una crescente operatività, sono in molti a sostenere che la variabile ambientale, pur rimanendo in più casi prevalentemente oggetto di intervento pubblico, debba essere interiorizzata dall'impresa come un qualsiasi strumento strategico su cui giocare la propria competitività.

Se la sfida dello scorso decennio, tutt'altro che esaurita soprattutto in Italia, era rappresentata dal passaggio dalla logica del saper produrre a quella di gestire i mercati, quella dell'ultimo decennio del secolo è costituita dalla capacità di integrare la salvaguardia ambientale nelle politiche dell'impresa. Saranno vincenti le imprese che sapranno giocare l'ambiente come opportunità, sia tramite il miglioramento dei processi, sia per favorire un miglior accoglimento dei prodotti da parte dei mercati.

Si possono individuare tre livelli a cui le problematiche ambientali toccano il sistema economico: un livello diffuso che interessa tutto il sistema produttivo, e addirittura anche privati cittadini, costituito dal miglioramento dell'efficienza ambientale di sistemi produttivi e di beni di consumo; il livello industriale dei fornitori di impianti per la salvaguardia ambientale; infine i servizi ambientali, primi fra tutti quelli della gestione dei rifiuti, che, grazie anche alle nuove tecnologie, devono essere sempre di più gestiti con criteri economici di rendimento.

4.1 L'impatto delle tecnologie ambientali applicate all'interno dell'impresa

L'impresa può agire sull'impatto ambientale del proprio output non solo fino al momento in cui lascia il magazzino, ma durante tutto il corso del suo ciclo di vita. Gli interventi in campo ambientale possono allora essere distinti in tre gruppi. Il primo passo è il controllo dell'inquinamento, diretto e indiretto, generato nel corso del processo produttivo. Per inquinamento indiretto si intende l'effetto sull'ambiente delle operazioni a monte nel processo produttivo e inglobate nel prodotto come beni intermedi o semilavorati. Per intenderci, è vero che l'utilizzo dell'energia elettrica in luogo del combustibile causa un minor impatto sull'aria a livello di fabbrica, ma l'emissione di inquinanti viene solo delocalizzata dall'impianto produttivo alla centrale termoelettrica.

In secondo luogo l'impresa può cercare di limitare l'inquinamento prodotto nel corso del suo utilizzo. Si tratta quindi di controllare l'impatto delle sue componenti, nel caso di beni intermedi o beni a consumo immediato (per esempio i detersivi), oppure la produzione di inquinanti e il consumo energetico nel caso di beni strumentali o beni di consumo durevole (automobili).

Infine deve essere considerato l'impatto ambientale alla fine del ciclo di utilizzo, considerando la possibilità di recupero dei materiali.

Dopo anni in cui l'efficienza ambientale veniva percepita esclusivamente come fonte di costi, che si decideva di accettare solo se imposti dalla normativa e da un sistema di controllo temibile, le imprese hanno cominciato a vagliarla come elemento di competitività. Accanto al costo dell'investimento ecologico, si è cominciato a considerare il costo del non ambiente, rappresentato non solo e non tanto dalle possibili sanzioni, quanto dalla minor accettazione sul mercato dei propri prodotti, e dal rischio di emarginazione su mercati esteri ormai più regolamentati. Si è verificata l'esistenza di una domanda crescente di prodotti ecocompatibili (anche se spesso è stata sopravvalutata la disponibilità a pagare un sovrapprezzo per un prodotto "verde"); ma l'elemento positivo forse più inatteso è stato la scoperta che l'obiettivo dell'efficienza ambientale coincideva con quello della qualità. La decisione di mettere l'ecologia tra le priorità aziendali obbliga a ripensare costantemente processi e prodotti, e porta quindi a migliorarli continuamente.

Imprese che già negli scorsi anni hanno deciso di investire, al ora apparentemente a fondo perduto, sulla protezione ambientale si trovano oggi a godere di un vantaggio competitivo. Una controllata italiana del gruppo Ciba per esempio, la Ciba Chimosa, è stata prescelta dalla casa madre, dopo essere stata posta in competizione con altri centri in tutto il mondo, più competitivi per costo della manodopera o per prossimità ai mercati di sbocco, per divenire il centro dedicato alla produzione di additivi avanzati per materie plastiche. La scelta è stata dovuta al fatto che, grazie alla presenza di impianti avanzatissimi per rispettare le esigenze ambientali, l'impresa emiliana richiedeva un volume di investimenti minimi (il 10%) rispetto a quelli necessari altrove.

Una strategia di questo genere non è però certo molto diffusa in Italia. Occorre infatti una notevole lungimiranza e disponibilità ad accettare aggravi di costi. Fare ambiente senza costi non è infatti possibile; occorre pagare e poi trovare economicità. Molto più connaturata rispetto all'atteggiamento imprenditoriale tipico in Italia risulta invece la capacità di sfruttare la variabile ambientale come opportunità di mercato. Alcune specializzazioni sono ormai tradizionali, come il riciclo della lana a Prato, o la leadership di prodotto e di tecnologia che un'impresa italiana, il gruppo Marangoni, detiene nella rigenerazione dei pneumatici. In generale l'Italia, terra povera di materie prime, ha sviluppato una competenza superiore a quella di altri paesi europei nel recupero di materiali (rottami di ferro, alluminio, plastica). Ma si possono anche citare esempi innumerevoli di imprese che hanno iniziato ad occupare spazi interstiziali offrendo con successo prodotti in qualche modo ecologici: dall'impresa che offre nastri per stampanti rigenerati, sottolineandone contemporaneamente la qualità, l'economicità e l'ecologicità, a quella che dopo aver rigenerato per anni la plastica destinandola a produzioni poco rifinite, come panchine e altri prodotti per esterni, ha pensato di offrire "green watches", montature per occhiali, telefoni e altri oggetti di uso personale a maggior valore aggiunto, infine al calzaturificio che offre calzature ecologiche, ottenute non solo da cuoio trattato naturalmente, ma anche riciclando per il carrarmato della suola la gomma dei copertoni, e la carta per la scatola.

Affinché l'ambiente si trasformi da stimolo per la nascita di imprese operanti in nicchie, a fattore di competitività per l'intero sistema,

occorre però un sistema normativo aggiornato e chiaro. La legislazione italiana è quanto di meno rispondente a questa esigenza si possa immaginare. Vi sono infatti troppe leggi, poco chiare, lacunose e scoordinate, soprattutto nate nell'ottica dell'emergenza, quindi non strutturate, quando addirittura non fondate su basi scientifiche.

Non va infine dimenticato che la normativa ecologica arretrata può costituire un elemento di handicap per le imprese italiane nella competizione internazionale. Infatti la normativa ambientale all'estero finisce per agire come barriera difensiva per le imprese locali, sostituendosi ad altre politiche protezionistiche che sarebbero sanzionate dalla CEE. È evidente il caso della Germania, dove la legge Toepfler, che impone a produttori e importatori il recupero degli imballaggi in cui sono offerti i prodotti, ha di fatto spiazzato le imprese straniere che non sono state in grado di attrezzarsi immediatamente.

A volte l'intento protezionistico è evidentemente l'obiettivo diretto e prevalente rispetto all'interesse di tutela ambientale. È noto per esempio che la Federazione tessile-abbigliamento tedesca sta progettando una sorta di "ecolabel" da applicare sui propri prodotti per distinguerli da quelli esteri, i quali verrebbero invece presentati in televisione come prodotti tossici e pericolosi.

4.2 L'offerta di servizi ambientali

L'associazione di categoria UIDA (Unione Imprese Difesa Ambientale) stima che nel 1992 il settore dei servizi ambientali in Italia abbia fatturato 4.000 miliardi e dato lavoro a 10.100 persone.

Si tratta della fetta economicamente più consistente del cosiddetto "ecobusiness". Possono essere raggruppati in questa categoria tutti i servizi di raccolta e smaltimento rifiuti e l'industria del recupero dei rifiuti stessi.

Come nel caso del settore dell'installazione di impianti ambientali che verranno esaminati nel prossimo paragrafo, dare una valutazione sulla dimensione del mercato e sull'efficienza dell'offerta risulta molto difficile, in quanto si tratta di settori protetti dalla concorrenza per la massiccia presenza dell'operatore pubblico come interlocutore.

Secondo la normativa i rifiuti vengono suddivisi, a seconda della fonte di provenienza, fra rifiuti urbani (rifiuti domestici e ad essi assimilabili) e rifiuti speciali che raggruppano le altre categorie: inerti rifiuti industriali, quelli ospedalieri, i fanghi di depurazione delle acque, i veicoli usati. Riguardo alle loro caratteristiche fisiche, e quindi al loro impatto sull'ambiente i rifiuti si suddividono fra rifiuti tossico-nocivi, rifiuti inerti (non pericolosi per la salute umana, ma con notevole impatto ambientale in quanto non subiscono trasformazioni dopo il deposito in discarica), rifiuti organici e rifiuti cellulosici (putrescibili).

L'unico campo in cui l'intervento pubblico viene in buona parte by-passato è quello delle imprese che effettuano il recupero di rifiuti industriali. La raccolta avviene direttamente alla fonte, anziché all'interno del ciclo dei rifiuti. I campi di attività sono i più svariati: dall'alimentare, dove gli scarti sono utilizzati per la produzione di mangimi, alla plastica, ai tessuti, ai metalli. In generale la raccolta dei rifiuti industriali risulta economicamente più attraente sia per la presenza di volumi che rendono conveniente l'intervento, sia, e soprattutto, per la qualità costante e controllabile che caratterizza lo scarto industriale rispetto alla raccolta differenziata di rifiuti urbani. Anche nel campo dei rifiuti industriali prevale però in genere un'insufficienza dell'offerta rispetto alla domanda di servizi di gestione dei rifiuti.

Nel segmento dello smaltimento dei rifiuti urbani prevale l'attività dei comuni, essendo incaricati di tale servizio per legge. Essi possono avvalersi dell'opera di imprese private.

L'Italia produce una grande quantità di rifiuti urbani. Essa risulta il secondo paese europeo, con 20 milioni[1] di tonnellate in un anno, e raggiunge quasi la Germania che, con una popolazione di gran lunga superiore ne produce 29 milioni. La maggior parte di questi rifiuti prende la via della discarica: l'80% rispetto al 50% relativo agli altri paesi europei. Si tratta di una situazione anacronistica, per un paese in cui il suolo è scarso, come pure le fonti energetiche, per il quale quindi l'inceneritore rappresenterebbe una soluzione desiderabile.

1. Fonte rielaborazione del Sole-24 ore su dati del Ministero dell'Ambiente. Il dato comprende probabilmente anche gli inerti.

Il problema è che la gestione delle discariche ha generato spesso notevoli guadagni, per il basso livello di investimenti necessari, accompagnati persino a volte da sovvenzioni all'atto della costruzione. Al contrario gli impianti di smaltimento, che consentono di produrre energia elettrica e calore, richiedono investimenti molto elevati, che vanno recuperati nel tempo, mentre l'opinione pubblica risulta spesso pregiudizialmente contraria alla loro installazione.

Incidenza modesta hanno finora le raccolte differenziate dei rifiuti. La politica del recupero presso il consumatore non è ancora diffusa capillarmente in tutte le città, ma soprattutto il materiale raccolto fatica a trovare una destinazione economica. Le imprese che effettuano il recupero dei materiali sono infatti in genere già oberate dal materiale che proviene dalla Germania a costo quasi nullo, rispetto al quale risultano spiazzati i materiali raccolti localmente.

4.3 L'installazione di impianti per la salvaguardia ambientale

L'industria impiantistica ambientale comprende le imprese che forniscono la progettazione, la produzione e l'installazione di impianti per la salvaguardia dell'ambiente. Esse vengono ripartite a seconda della destinazione degli impianti: depurazione dell'aria, depurazione dei reflui industriali e civili, trattamento dei rifiuti solidi, protezione contro l'inquinamento acustico e risistemazione del territorio.

Il fatturato del settore nel 1992 si è aggirato intorno ai 2.200 miliardi. Tenendo conto dell'origine relativamente recente di questa industria, che si è sviluppata con ritardo rispetto ad altre nazioni, essa ha assunto dimensioni di tutto riguardo, comparabili per esempio a quelle dell'elettronica di consumo e della componentistica elettronica, e di poco inferiori a quella delle fibre chimiche. Se si considerano anche i servizi ambientali, si raggiunge una quota dell'1% del prodotto interno lordo.

Si tratta di un settore composito, che condivide alcuni prodotti e competenze con altri settori, mentre per altri si tratta di specializzazioni assolute. Inoltre anche all'interno i prodotti sono molto differenziati per tecnologie e sono accomunati prevalentemente, oltre che dallo scopo

generale, dal comune destinatario, che è rappresentato nella maggioranza dei casi dall'ente pubblico. Il comune interlocutore spinge molte imprese a diversificarsi, nonostante non vi siano possibilità di integrazione tecnologica fra i diversi prodotti offerti.

Risulta molto difficile valutare la competitività e le prospettive di questo settore, così legato ai destini fluttuanti dell'economia pubblica italiana. I suoi sviluppi, sicuramente eccezionali, sono avvenuti negli anni degli appalti facili su cui stanno indagando i giudici di tangentopoli. Anche per le imprese non direttamente coinvolte, le commesse saranno in futuro più ridotte e difficili da ottenere. Resteranno indenni le imprese operanti al servizio del sistema privato con tecnologie d'avanguardia.

Le imprese operanti nel settore dell'impiantistica ambientale utilizzano prevalentemente tecnologie sviluppate all'estero. Le nazioni da cui provengono principalmente i flussi di tecnologia (acquisiti prevalentemente tramite licenze) sono quelle nelle quali si è sviluppata più precocemente una normativa ambientale: Stati Uniti, Germania e Giappone. Al contrario le imprese italiane sono molto attive nello sviluppo delle tecnologie acquistate, anche se si tratta nella maggior parte dei casi di adattamenti alle esigenze, ambientali e normative, specifiche dell'Italia, e quindi non rivendibili all'estero come miglioramenti della tecnologia in senso stretto. Laddove esiste, la presenza italiana all'estero risulta attirata più dalle capacità progettuali ed impiantistiche, che dal possesso di tecnologie autonome.

Questa dipendenza tecnologica, per la quale esistono ovviamente alcune eccezioni, risulta essere un ulteriore fattore di dubbio sul reale stato di salute di questo settore. L'enorme sviluppo in termini di fatturato e di imprese presenti è stato trainato dal forte accelerarsi della domanda di servizi ambientali, ma la posizione raggiunta non è ancora sufficientemente consolidata per poter rappresentare una base da cui competere con più agguerriti concorrenti stranieri.

5. Ripercussioni sul lavoro delle tecnologie per l'ambiente

Nel momento in cui si affronta il connubio tra ambiente e lavoro sorge immediatamente la domanda se la salvaguardia di quest'ultimo

comporti un aumento o meno della disoccupazione. Da parte di coloro che vedono una possibile riduzione dei posti di lavoro il ragionamento è molto semplice. L'ecologia è per l'impresa un costo che può, in alcuni casi, pregiudicare sensibilmente l'attività produttiva[2]. Dall'altra parte, invece, si asserisce che al problema della disoccupazione si può rispondere con strategie non tradizionali, ad esempio, per quanto riguarda la politica industriale, spostare l'interesse dai settori ad elevato impatto ambientale con scarsa ricaduta occupazionale e a volte anche economica (chimica e opere pubbliche), alle attività di governo del territorio che favorirebbero il turismo e migliorerebbero la qualità della vita, oppure allo sviluppo delle tecnologie per la protezione dell'ambiente nei confronti delle quali il nostro Paese è in ritardo (inquinamento, consumo energetico, smaltimento rifiuti, ecc.)[3].

Tale situazione di confusione in parte si deve anche agli stessi movimenti ecologistici che, pur avendo avuto il merito di porre i problemi ambientali all'attenzione dei media, degli amministratori pubblici e della pubblica opinione, manifestano azioni di tipo neo-luddistiche, senza proporre il più delle volte alternative valide per il mantenimento dei livelli di sviluppo e dei posti di lavoro.

Alla base di questo ragionamento esiste, tuttavia, una errata interpretazione da parte dei processi capitalistici nei riguardi dello sfruttamento ambientale, per cui fino a pochi anni orsono tutto era in qualche modo concesso e ammesso. Modificandosi il rapporto mutano di conseguenza i vantaggi economici per cui la salvaguardia dell'ambiente diventa un maggior costo.

In un sistema economico pressoché omogeneo, con strutture produttive nazionali similari, si può ritenere che tale situazione abbia una valenza solo parziale.

---

2. Una ricerca della Carnegie Mellon University di Pittsburgh prevedeva per l'applicazione del Clean Air Bill negli Stati Uniti una riduzione degli utili delle imprese pari al 15% e la messa a rischio di 3,7 milioni di posti di lavoro di cui 750mila sicuramente persi.
3. È questa la tesi di fondo presentata dalla Legambiente nel proprio piano per salvaguardare contestualmente occupazione e ambiente.

Tutti i paesi industriali subiscono nella stessa misura la medesima penalizzazione, anzi in alcuni casi si possono creare delle opportunità aggiuntive di lavoro. La situazione cambia nel momento in cui il confronto si estende ai paesi economicamente emergenti con strutture di costo inferiori e minori interessi per l'ambiente. In questo caso per le imprese occidentali l'obbligo di salvaguardare l'ambiente risulta una aggravante aggiuntiva tale da inficiare ulteriormente la capacità concorrenziale, e per questi motivi le politiche ecologiche sono mal tollerate, il più delle volte ignorate o addirittura utilizzate in determinati casi come cause giustificative di licenziamento.

Con un documento emesso nella primavera del 1993, la Commissione della Comunità Europea è tornata sullo stessa tema, discutendo esplicitamente se sia possibile conciliare la salvaguardia dell'ambiente con l'esistenza di un esercito di 17 milioni di disoccupati nei paesi CEE, con tendenza oltretutto a crescere nel breve periodo. Secondo l'analisi della Commissione, è possibile accogliere contemporaneamente queste sfide, orientando l'economia comunitaria verso un modello di sviluppo sostenibile sia dal punto di vista ambientale sia da quello economico, anche perchè le attività nocive sono destinate comunque ad essere ridimensionate o a scomparire.

Le linee di azione indicate dal documento comunitario per perseguire contemporaneamente gli obiettivi di salvaguardia dell'ambiente e di crescita economica sono le seguenti:

- utilizzo di strumenti economici per spostare oneri fiscali che attualmente penalizzano eccessivamente il fattore lavoro;
- sviluppo di tecnologie adeguate attraverso nuovi processi produttivi;
- il riorientamento di alcune spese pubbliche, quali gli investimenti, la ricerca e la formazione, verso obiettivi di carattere ambientale.

A sostegno delle assunzioni Comunitarie viene in soccorso una recente ricerca svolta dal Massachusetts Institute of Technology. Tale studio ha messo a confronto le performance economiche dei diversi Stati americani in relazione al grado di protezione ambientale grazie ad un paniere di 23 indicatori. Il risultato dell'analisi ha dimostrato che gli Stati che hanno applicato normative ambientali più restrittive sono quelli che hanno fatto registrare una crescita economica più sostenuta.

È doveroso sottolineare che in questo caso non si tende a enfatizzare una relazione di causa-effetto per cui la salvaguardia dell'ambiente determina la crescita delle economie, ma semplicemente che i due obiettivi possono coesistere.

La direzione che suggerisce questa ricerca è quella di impiegare le potenzialità tecnologiche del capitalismo per tutelare l'ambiente. Le opportunità in tal senso sono molteplici, soprattutto nell'ambito delle nuove professioni.

Le nuove professioni richieste dall'ambiente

Sono soprattutto le nuove generazioni che si mostrano più sensibili alla salvaguardia dell'ambiente e nell'affrontare le crescenti prospettive di impiego professionale in settori nuovi e di grande interesse. Il peso crescente che assumono le tecnologie ambientali in campo industriale e il continuo proliferare di normative che allargano ogni giorno lo spettro delle competenze e dei controlli, assegnano al "mercato verde" un posto di grande rilievo nello scenario delle nuove professioni.

Tipo di lavoro

Di cosa si occupano in pratica i "colletti verdi"? Analizzano le acque, progettano depuratori, studiano come smaltire o riciclare i rifiuti, curano parchi e riserve naturali, recuperano territori degradati e li ripopolano di specie animali. O ancora, fotografano la natura e curano documentari scientifici.

Una recente indagine dell'Isfol[4] (Istituto per la formazione professionale del ministero del Lavoro) ha disegnato l'identikit di almeno 200 figure professionali in settori lavorativi anche lontani tra loro.

È quindi evidente che la caratteristica principale delle professioni ambientali è la polivalenza e la permeabilità dei confini.

Volendo tentare comunque una sintesi, si possono individuare cinque settori principali in cui necessariamente si dovranno inserire i futuri operatori ambientali: pubblica amministrazione, agricoltura, industria, ricerca e terziario ambientale.

---

4. Isfol: Occupazione ambiente, figure professionali e bisogni formativi, Franco Angeli, Milano.

Oltre alle tradizionali professioni del ricercatore ambientale, sia pubblico (Università, Cnr, ecc.) che privato, e dell'operatore negli enti pubblici (Regioni, Province, Comuni, Parchi, ministero dell'Ambiente, ecc.), nuove figure emergenti stanno nascendo nelle industrie, come il "manager ambientale", che organizza a livello amministrativo ed economico i piani di gestione ambientale di un'azienda e l'"esperto di disinquinamento" che gestisce e controlla il funzionamento degli impianti e dei processi di risanamento, trattamento e smaltimento interni all'impresa.

Requisiti

Per fare della difesa dell'ambiente la propria attività professionale occorre innanzitutto una buona dose di determinazione e una certa lungimiranza, sopportate da un'elevata motivazione a "volersi occupare di ambiente". In secondo luogo bisogna possedere molte competenze cosiddette "trasversali", oggi molto richieste in tutto il mercato del lavoro, come la flessibilità, la comunicatività, il saper lavorare in équipe, la capacità di documentare le attività svolte e di utilizzare strumenti informatici, l'attenzione ai tempi e ai costi.

Per quanto riguarda la formazione di base, bisogna tener conto che le materie ambientali fanno riferimento a settori tradizionalmente separati: l'area delle scienze (chimica, fisica, biologia, geologia); l'area tecnica (ingegneria), l'area socioeconomica (sociologia, economia, diritto); l'area degli studi sul paesaggio e il territorio (architettura, urbanistica, agraria). Una qualifica professionale o un diploma tecnico ad indirizzo fisico, chimico o biologico, o meglio ancora una laurea in discipline scientifiche, sono una garanzia di possesso delle conoscenze di base senza le quali non si potrà mai capire un problema di inquinamento; successivamente si potrà tentare una specializzazione post-diploma o post-laurea.

Secondo l'ultimo rapporto del ministero dell'Ambiente (disponibile nelle segreterie di tutte le facoltà), esistono in Italia alcune migliaia di iniziative gestite da oltre 400 enti nel campo della formazione ambientale tra corsi di laurea, scuole a fini speciali, corsi di perfezionamento, scuole di specializzazione e corsi di formazione.

Il fattore-chiave per una carriera professionale proficua è sicuramente la capacità di sentirsi in formazione continua. La disponibilità a

riqualificarsi, a riconvertirsi, a rivedere le proprie certezze, sarà un fattore premiante per l'aumento di responsabilità e retribuzioni in un'azienda o in un ente pubblico .

Specificità per l'industria

Gli spazi occupazionali relativi all'ambiente in ambito industriale vanno riferiti a cinque grandi aree, nel cui ambito trovano collocazione diverse figure professionali con competenze scientifiche, tecniche e formative differenziate ma con in comune, la metodologia di approccio al problema, la necessità d'interrelare le conoscenze tecnologiche dei cicli produttivi e naturali con la legislazione ambientale e con una preparazione scientifica di base.

Più in particolare, le aree, individuate sono:

- Pianificatore delle risorse

  Le sue competenze riguardano la capacità di pianificare il reperimento e l'utilizzazione della risorsa, tenendo conto anche del consenso delle popolazioni interessate e quindi delle compatibilità economiche e sociali. Inoltre, è necessaria una profonda conoscenza dei cicli produttivi e della tecnologia impiegata. Nello stesso tempo è fondamentale la capacità di scelta d'indirizzo e di coordinamento dei diversi esperti settoriali con i quali collaborare.

  Questa professione viene esercitata nel settore privato, principalmente in studi professionali, enti e società. Nel settore pubblico i compiti sono quelli di predisporre gli atti amministrativi, il reperimento delle risorse finanziarie necessarie all'intervento, nonché di stabilire le coordinate tecniche all'interno delle quali si articolerà l'elaborato finale.

- Disinquinamento delle acque, dell'aria, elettromagnetico e da rumore

  Per ognuno di questi casi è possibile individuare, sebbene con specificità differenti, tre diversi livelli di professionalità.

  Preparazione post-laurea per progettisti, esecutori e responsabili degli impianti di depurazione, abbattimento dei fumi, di controllo delle onde elettromagnetiche e dei sistemi antirumore.

  Specializzazione post-diploma quale tecnico o conduttore di impianto. Nelle strutture di larghe dimensione le diverse professionalità as-

sumono specificità più approfondite. Ad esempio per quanto riguarda il disinquinamento dell'aria si potranno avere delle specializzazioni rispetto ai fumi, alle polveri, ai sistemi filtranti, a quelli di abbattimento, ai reattivi chimici, ecc.

Preparazione licenza-media con compiti per il normale funzionamento, di sorveglianza, la movimentazione dei materiali e dei residui (fanghi, prodotti fono-assorbenti). È indispensabile la partecipazione a corsi specifici.

- Sicurezza ambientale nell'industria

Con l'entrata in vigore della legge sulle industrie a rischio che recepisce la direttiva Seveso, si apre un ulteriore spazio occupazionale per quegli esperti, tecnici e addetti alla sicurezza ambientale, all'interno delle aziende: questi hanno il compito di predisporre tutti gli atti e l'organizzazione industriale per prevenire i possibili incidenti. L'attività di tali operatori consiste nella conoscenza e nel monitoraggio sistematico delle attività dell'azienda.

- Gestione dei rifiuti

All'interno di questo settore si collocano quelle occupazioni collegate con la raccolta, trasporto e smaltimento dei rifiuti.

Raccolta differenziata dei rifiuti. Occorre prevedere una figura di esperto per la progettazione ed organizzazione della stessa, con una professionalità che va dall'ingegneria dei trasporti fino ai sistemi di promozione della pubblicizzazione, informazione e partecipazione del pubblico, oltre alla conoscenza dei problemi di commercializzazione delle materie recuperate, oppure allo smaltimento di quelle merci, particolarmente pericolose, raccolte in modo differenziato.

Recupero-riciclaggio dei rifiuti. Gli impianti di selezione dei rifiuti sono dei veri e propri impianti industriali, che hanno come prodotti finali compost e Rdf, materiali ferrosi, plastica e sovvalli. Oltre agli esperti nella progettazione e costruzione di questi impianti, sono previsati specifici incarichi per la commercializzazione delle diverse materie.

Incenerimento dei rifiuti. Per la parte impiantistica valgono le stesse considerazioni svolte per gli impianti di recupero. La differenza più vistosa è quella relativa alle risorse recuperate, vale a dire energia e-

lettrica e calore. Anche le professioni collegate a questo sistema di smaltimento appaiono sovrapponibili a quelle degli impianti di recupero.

Discariche dei rifiuti. Alla professionalità necessaria per la localizzazione, progettazione e costruzione delle discariche va unita la conoscenza e la capacità d'interpretazione delle caratteristiche territoriali: geologia, flora, fauna e siti.

- Monitoraggio ambientale

Molto spesso la prima emergenza ambientale viene considerata la mancanza dei dati conoscitivi sulle caratteristiche quali-quantitative dei diversi comparti: aria, acqua, suolo. È sui dati conoscitivi che si dovrebbe fondare la pianificazione territoriale, il giudizio sull'efficacia dei sistemi di disinquinamento, la possibilità di un corretto e razionale utilizzo delle risorse e in generale di tutte le attività connesse con l'ambiente. Quest'area è indubbiamente quella che, allorchè esprimerà completamente le potenzialità occupazionali presenti al proprio interno potrà garantire ad un alto numero di chimici, biologi, naturalisti, geologi, fisici, agronomi, ingegneri, specializzati nelle analisi ambientali e nell'interpretazione dei dati, una collocazione lavorativa all'interno del settore pubblico e privato.

Conclusioni

Da quanto si è detto emerge chiaramente che la salvaguardia per l'ambiente, oltre a porre all'attenzione dell'opinione pubblica parametri qualitativi e modelli culturali nuovi, tende sempre più ad assumere valenze ed implicazioni occupazionali che in linea di massima si concentrano sulla necessità di creare una corrispondenza tra attività produttive ed ecologia.

Se inizialmente questo nuovo approccio era caratterizzato soprattutto in termini negativi, dando luogo anche a nuovi conflitti sociali tra lavoratori, imprese inquinanti e popolazioni inquinate (vedasi il caso dell'Acna di Cengio), più recemente a livello generale i problemi occupazionali sembrano assumere una nuova connotazione. Infatti, la tutela

dell'ambiente in termini soprattutto di prevenzione e di messa a punto di attività ecocompatibili, esprime oggi, come abbiamo visto antecedentemente in breve, tutte le sue capacità produttive e occupazionali.

Resta, comunque, un problema di fondo che già attualmente inficia sensibilmente le potenzialità e le possibilità di crescita di tali opportunità di lavoro. Se da un lato, sebbene a stento e con molte difficoltà una coscienza ambientale si sta diffondendo, dall'altro lato si ripresentano le consuete carenze intrinsiche nel sistema scolastico italiano. Malgrado che l'emergenza abbia moltiplicato la domanda formativa, l'offerta rimane del tutto inadeguata. I profili professionali risultano ancora non omogenei e anche a livello universitario si registrano ritardi ed inadeguatezze, data la tendenza alla formazione di superspecialisti privi di una visione generale e orizzontale.

Fotocomposizione e Stampa:
Tip. RINASCIMENTO - Roma

Progetto Grafico di copertina:
DIMENSION - COMMUNICATION - DESIGN – Roma