

4093

4093

IL PROBLEMA OZONO

SFIDA TECNOLOGICA PER GLI ANNI '90



**LIBRO BIANCO
della**

**ASSOCIAZIONE ITALIANA
CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA
RISCALDAMENTO REFRIGERAZIONE**

AICARR

MILANO, OTTOBRE 1989

Indice

5	.....	<i>Premessa</i>
6	.....	1. Il problema
6	.....	2. Le cause
7	.....	3. Che cosa sono i CFC e come vengono utilizzati
8	.....	4. Perché e quanto sono pericolosi
10	.....	5. La produzione dei CFC: dati ed indicatori percentuali
11	.....	6. L'esigenza della regolamentazione
13	.....	7. Le possibili soluzioni
13	.....	8. Il problema della sostituzione dei CFC
13	.....	8.1. Le iniziative dell'industria
14	.....	8.2. Le conseguenze energetiche della sostituzione
15	.....	9. Come gestire la fase transitoria
15	.....	9.1. Rilasci accidentali
15	.....	9.2. Recupero dei CFC
16	.....	10. Conclusioni

Premessa

Il presente "libro bianco" è il risultato di un notevole sforzo organizzativo e di studio, culminato nel Convegno del 25 maggio 1989 sul problema ozono in rapporto alla emissione nell'atmosfera dei clorofluorocarburi (CFC), al quale hanno partecipato autorevoli scienziati e tecnici di diversa origine.

Dalle informazioni fornite, dalle opinioni espresse, dal dibattito della successiva tavola rotonda è stato ricavato il materiale per la redazione di questo libro bianco che ci auguriamo possa servire da aiuto e chiarimento a tutti coloro che, nel nostro Paese, sono chiamati a legiferare, a normare, a gestire nell'ambito di difficili ed articolate realtà ambientali.

L'atmosfera è una sola, ma è complessa e i modelli di simulazione, anch'essi molto complessi, offrono dubbi più che certezze.

L'ozono si forma e si distrugge per motivi naturali (cicli solari, eruzioni vulcaniche, fluttuazioni dinamiche intrinseche) e purtroppo – da un po' di tempo a questa parte – si distrugge anche per motivi antropogenici.

Si deve imparare a riequilibrare il bilancio senza incorrere in crisi industriali o energetiche e senza incappare in errori di percorso (nei limiti del possibile).

Questo libro bianco cerca di collaborare alla lotta contro la genericità: quella, ad esempio, che porta a far di ogni erba un fascio confondendo gli usi finali (bombolette spray, schiuma isolante, circuito frigorifero) o confondendo tra loro i molti, diversi, composti usati nell'industria che hanno differente potere di distruzione di ozono (quello del HCFC 22, ad esempio, è solo 1/20 – un ventesimo – di quello del CFC 11).

Diversi gli usi finali, diversi tra loro i prodotti, diverse nella sostanza dovranno essere le misure cautelari da prendere; diversi i tempi di intervento; diversi i criteri applicativi.

Una parola di cautela quindi, ma anche un invito a procedere con coscienza e conoscenza.

Decisioni come quelle di Montreal e, poi, di Londra sono da condividere e da sostenere.

Con Montreal si chiude il "secolo dell'incoscienza" e si potrà aprire il millennio della consapevolezza.

Un modesto contributo all'avvento del nuovo corso vuol essere questo libro bianco offerto dall'A.I.CARR al Paese.

1. Il problema

Nel 1985 un gruppo di fisici dell'atmosfera appartenenti alla missione britannica in Antartide scoprì un fenomeno di dimensioni inquietanti: il verificarsi, in corrispondenza della regione polare durante la primavera antartica, di un vero e proprio "buco" nello strato di ozono presente nella stratosfera.

La gravità del fenomeno venne presto confermata dalla NASA: i satelliti rilevarono una riduzione dell'ozono stratosferico progressiva, generalizzata per tutte le latitudini e, pur nella ciclicità del fenomeno, apprezzabile in tutte le stagioni. Rispetto ai dati del 1969, l'impoverimento attuale dello strato d'ozono risulta compreso tra l'1% e il 4% nell'emisfero nord e tra l'1% e il 9% nell'emisfero sud: il "buco dell'ozono" diviene un'emergenza ambientale su scala planetaria.

Ma perché l'ozono è tanto importante?

L'ozono è, dal punto di vista quantitativo, un costituente secondario dell'atmosfera: se tutte le molecole di ozono presenti globalmente nell'atmosfera venissero "compattate", lo spessore dello strato risultante non supererebbe i 3 mm.

Pertanto questo composto così "raro" svolge un ruolo fondamentale per la sopravvivenza delle forme di vita evoluta sulla Terra: ha infatti la capacità di schermare la porzione ultravioletta della radiazione solare. Questo avviene principalmente nella stratosfera, localizzata a 20-30 km di quota, dove la concentrazione di ozono è massima.

La radiazione ultravioletta, non visibile, è radiazione di elevato contenuto energetico, tanto da poter causare alterazioni talvolta irreversibili nelle cellule degli organismi viventi: è ormai provata ad esempio la correlazione fra prolungata esposizione ai raggi solari e frequenza dei tumori della pelle, causati dalla radiazione ultravioletta in essi contenuta.

Se il fenomeno di impoverimento dello strato di ozono dovesse continuare al ritmo attuale, le conseguenze sanitarie potrebbero essere catastrofiche: il governo americano ha stimato in 154 milioni il numero addizionale di casi di tumore della pelle da oggi all'anno 2075.

2. Le cause

La molecola di ozono (¹), piuttosto instabile, si forma nell'atmosfera per effetto di vari fenomeni naturali (ad esempio, a causa dell'azione ionizzante dei fulmini), e facilmente viene distrutta attraverso reazioni

(¹) La molecola di ozono è costituita da tre atomi di ossigeno.

Pertanto l'ozono si può considerare co-

me uno stato "modificato" dell'ossigeno biatomico normalmente presente nell'aria.

chimiche innescate da diverse sostanze eventualmente presenti nell'atmosfera.

La dinamica dei fenomeni naturali ha fatto sì che l'ozono stratosferico raggiungesse nel tempo una situazione di equilibrio, che si è mantenuta inalterata sino a quando non sono intervenuti fattori destabilizzanti indotti dalle attività umane.

Prime avvisaglie di possibili effetti non controllabili si ebbero già negli anni '70; nel 1974 alcuni ricercatori ipotizzarono che una certa classe di composti chimici, detti "Clorofluorocarburi" (CFC in breve), potessero avere un effetto distruttivo sull'ozono stratosferico.

Gli studi svolti negli ultimi quindici anni hanno rafforzato la convinzione che i CFC liberati nell'atmosfera diano un contributo non trascurabile alla formazione *del cosiddetto buco dell'ozono*.

Di qui la necessità di regolamentarne l'uso e di individuarne a breve validi sostituti.

È inoltre da sottolineare che non solo i CFC, ma tutti i composti contenenti cloro o bromo possono contribuire alla distruzione dell'ozono.

3. Che cosa sono i CFC e come vengono utilizzati

I CFC sono nati negli anni '30 come fluidi di lavoro per macchine frigorifere.

L'industria del freddo, nata nel XIX secolo, stentò a lungo a decollare per la mancanza di fluidi idonei: per svariati decenni si sperimentò, con alterna fortuna, una vasta gamma di composti chimici alla ricerca del composto dalle proprietà ideali.

La soluzione del problema sembrò arrivare proprio con i CFC, che presentavano enormi vantaggi rispetto ai composti sino a quel momento impiegati: i CFC sono infatti sostanze non infiammabili, non tossiche, poco costose e dotate di proprietà termodinamiche idonee per una vasta gamma di applicazioni, dalla conservazione delle derrate alimentari al condizionamento dell'aria.

Con il tempo se ne scoprirono ulteriori importanti applicazioni: come agenti espandenti per la produzione di schiume plastiche cellulari usate come isolanti termici in edilizia e nella costruzione dei frigoriferi, come propellenti nelle confezioni di prodotti spray, come detergenti per l'eliminazione di impurità nelle produzioni industriali avanzate (elettronica ed aerospaziale), come sterilizzanti di materiali termolabili e, infine, come agenti estinguenti di incendio.

Originariamente sviluppati per la produzione del freddo, i CFC vengono normalmente denominati con una sigla, costituita dalla lettera R (che sta per "refrigerante") accompagnata da un numero di due o tre cifre che identifica la composizione chimica della sostanza: tra i compo-

sti maggiormente usati l'R-11, l'R-12 e l'R-22, che trovano applicazione preferenziale o esclusiva in uno o più settori ⁽²⁾.

4. Perché e quanto sono pericolosi

Le pericolosità dei CFC nei confronti dell'ozono è da mettere in relazione alle seguenti caratteristiche:

- sono composti ricchi di cloro, che è tra tutti l'elemento più aggressivo nei confronti dell'ozono;
- sono estremamente stabili, capaci pertanto di raggiungere inalterati la stratosfera e solo qui di innescare le reazioni di distruzione dell'ozono;
- hanno tempi di permanenza nell'atmosfera molto lunghi, anche superiori al secolo.

In particolare, proprio in relazione alla loro persistenza, è da sottolineare che, se anche venisse sospesa oggi l'emissione di CFC, gli effetti persisterebbero per altri 50 anni.

I vari composti sono oggi caratterizzati da un indice convenzionale, detto ODP (Ozone Depletion Potential), che ne misura la "capacità distruttiva sull'ozono". I CFC più utilizzati hanno valori compresi tra 0 e 1 (0 indica una sostanza "innocua" rispetto all'ozono). Gli Halon (alogenoderivati simili ai CFC, ma di impiego limitato) presentano valori di ODP anche maggiori di 1.

È chiaro che la pericolosità deve essere anche messa in relazione alla loro diffusione; all'interno della gamma di sostanze in produzione, è possibile distinguere:

- composti di larghissimo utilizzo e molto pericolosi (R-11 ed R-12, con ODP compresi tra 0.8 e 1);

⁽²⁾ Dal punto di vista chimico, i CFC appartengono alla famiglia dei composti "alogenoderivati": possono cioè essere considerati come derivati degli idrocarburi più semplici (metano ed etano) tramite sostituzione degli atomi di idrogeno con atomi di alogeni, quali il fluoro oppure il cloro.

In alcuni casi solo una parte degli atomi di idrogeno vengono sostituiti con atomi di fluoro o cloro: in questo caso, i prodotti risultanti dovrebbero a rigore essere definiti "Clorofluoroidrocarburi" (CFHC), anche se spesso per semplicità si continua a utilizzare la sigla CFC. La distinzione fra CFC e CFHC è importante ai fini del problema ozono, come

verrà chiarito in seguito.

I CFC sono anche detti "Freon" (Freon 11, Freon 12, ecc.) dal nome commerciale coniato dall'industria chimica statunitense che per prima, negli anni '30, ne iniziò la produzione su larga scala.

Esiste poi un'altra famiglia di alogenderivati, noti come "Halon", di caratteristiche simili ai CFC.

Negli Halon, oltre ad atomi di fluoro e cloro, sono presenti atomi di bromo, elemento estremamente aggressivo nei confronti dell'ozono; essi sono quindi potenzialmente molto pericolosi, anche se i quantitativi utilizzati sono modesti poiché l'impiego degli Halon è circoscritto alla estinzione degli incendi.

- composti di medio utilizzo e scarsamente aggressivi (R-22, con ODP = 0.05);
- composti di utilizzo limitato ad altissima capacità distruttiva (Halon, con ODP compreso tra 3 e 10).

La tabella I riporta, per i principali prodotti in uso o in fase di sviluppo, il valore di ODP, il tempo di permanenza nell'atmosfera ed i settori di impiego ⁽³⁾.

Tabella I
Caratteristiche e impieghi di alcuni CFC e Halon

Composto	ODP	Tempo di permanenza (anni)	Utilizzazione principale
R-11	1	60	FF/AE/SL/PS
R-12	0.86	120	FF/AE/CD/ST/PS
R-22	0.05	18	FF
R-123	<0.05	2.5	in prospettiva FF/AE a sostituire R-11
R-134a	0	18	in prospettiva FF/AE a sostituire R-12
Halon	3-10	—	EI

Legenda:

FF = fluido frigorifero (in impianti frigoriferi o di condizionamento dell'aria)

AE = agente espandente di schiume (isolanti termici, ecc.)

SL = solvente/detergente industriale

CD = agente di congelamento derrate alimentari

ST = sterilizzazione di materiale termolabile

PS = propellente nelle confezioni spray

EI = estinzione incendi

⁽³⁾ I CFC e l'effetto serra

La preoccupazione sulle conseguenze ambientali dei CFC è rafforzata da un altro problema, di dimensione non inferiore al buco dell'ozono, il cosiddetto "effetto serra".

L'effetto serra è, come noto, il fenomeno di progressivo riscaldamento della Terra causato dalla presenza nell'atmosfera di composti capaci di "intrappolare" il calore dissipato verso l'esterno

dalla superficie terrestre. Gli scienziati ritengono che l'effetto serra potrà causare, nei prossimi decenni, un aumento medio della temperatura sulla Terra di 2-3°C, sufficiente a innescare alterazioni climatiche dalle conseguenze difficilmente prevedibili.

Sebbene i CFC non siano la causa primaria dell'effetto serra, esistono fondati sospetti che la loro influenza sul fenomeno sia tutt'altro che trascurabile.

5. La produzione dei CFC: dati ed indicatori percentuali

La produzione industriale dei CFC si è diffusa in tutti i paesi industrializzati e in molti paesi in via di sviluppo, fino a superare, nel 1986, il milione di tonnellate/anno.

In termini percentuali, il 35% della produzione mondiale riguarda l'R-11, usato prevalentemente nelle bombolette spray e nella produzio-

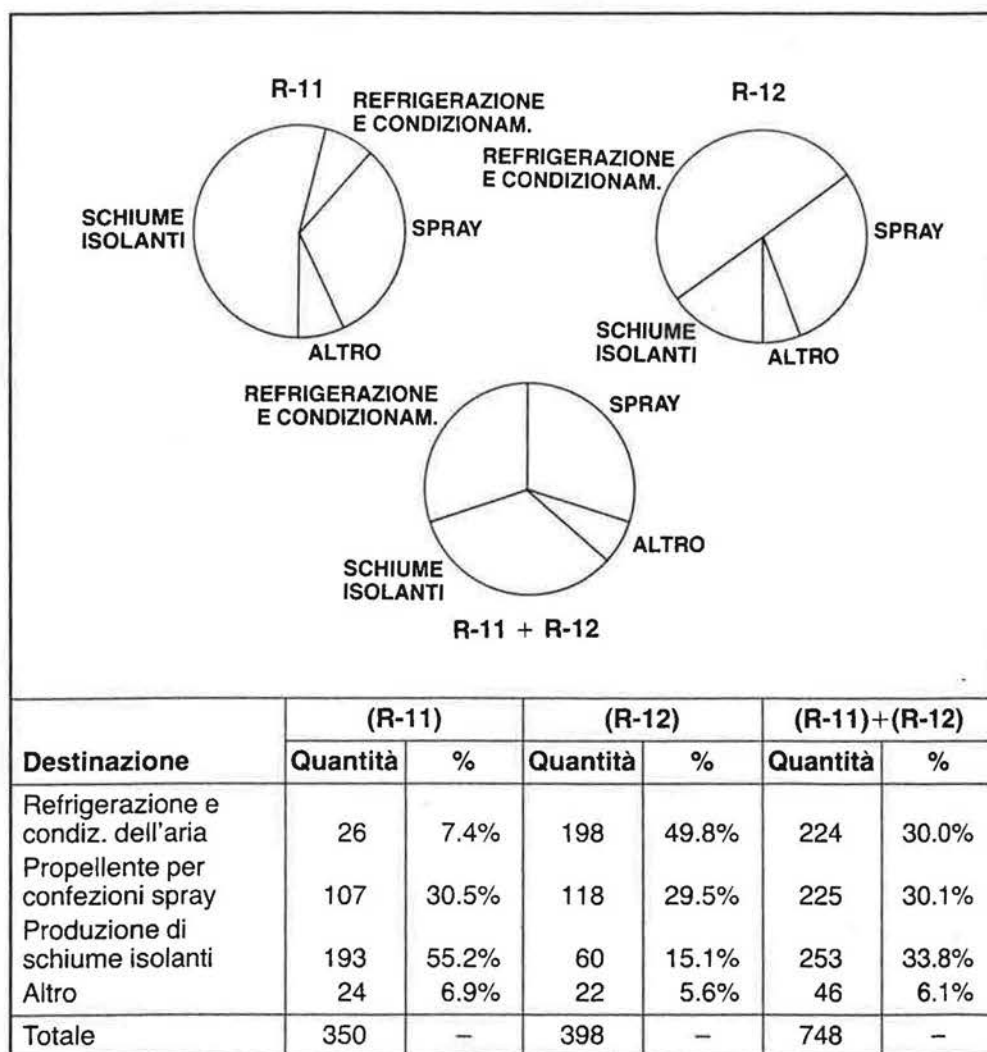


Figura 1

Distribuzione percentuale delle utilizzazioni finali dei CFC (esclusi i Paesi dell'Europa Orientale e la Cina); dati di produzione annua al 1986 (migliaia di tonnellate).

(Fonte: L. Mattarolo "Le esigenze della tecnica del freddo e le azioni dell'Istituto Internazionale del Freddo", in *Il Condizionamento dell'aria* anno XXXIII, n. 7, luglio 1989.

ne di schiume isolanti, il 40% riguarda l'R-12, usato come fluido di lavoro negli impianti frigoriferi fissi, nei frigoriferi domestici e nei condizionatori per auto, il restante 25% riguarda infine gli altri composti, fra cui l'R-22, utilizzato negli impianti di condizionamento dell'aria per uso civile e industriale (figure 1 e 2).

Circa l'80% dell'attuale produzione di CFC riguarda pertanto composti pericolosi per l'ozono, in particolare R-11 ed R-12; tra i composti più utilizzati, il solo R-22 è sostanzialmente sicuro.

Alcuni dati sul consumo annuale pro-capite: i paesi della CEE e gli Stati Uniti consumano circa 0.85 kg/abitante-anno di R-11 ed R-12; altri paesi industrializzati, quali Svezia e Giappone, hanno consumi compresi tra 0.40 e 0.50 kg/abitante-anno; i paesi in via di sviluppo non raggiungono invece gli 0.10 kg/abitante-anno, con punte minime di 0.02 per la Cina (che fra l'altro è anche produttore di CFC) e per alcuni paesi africani.

6. L'esigenza della regolamentazione

I primi sospetti sulla pericolosità ambientale dei CFC risalgono agli anni '70, oltre un decennio prima della scoperta del buco dell'ozono; dal 1978 Stati Uniti e Canada hanno avviato azioni di regolamentazione nell'uso dei CFC, vietandone l'impiego come propellenti nelle confezioni spray.

Negli ultimi tre-quattro anni infine, con la diffusione di dati scientifici sulla dimensione del fenomeno, nasce l'esigenza di azioni più radicali di regolamentazione.

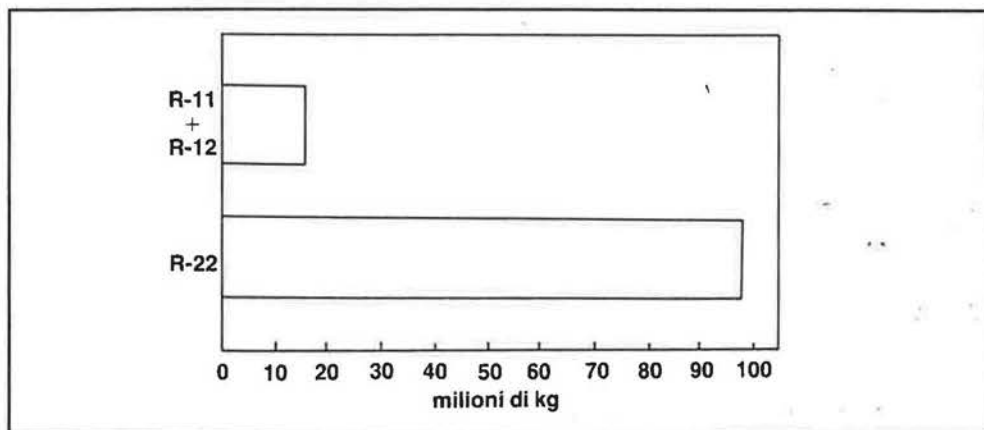


Figura 2

Consumo annuale di CFC R-11 e R-12 e di CFHC R-22 negli Stati Uniti, nel settore del condizionamento dell'aria. (Fonte: American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers - ASHRAE).

Nel 1987 ventiquattro paesi, tra cui l'Italia, rappresentanti il 75% della produzione mondiale di CFC, firmano il "Protocollo di Montreal", accordo siglato nell'ambito del programma di protezione dell'ambiente delle Nazioni Unite. Il protocollo prevede, a partire dal luglio 1989, il congelamento della produzione e del consumo di CFC ai livelli del 1986, dal luglio 1993 una riduzione all'80% e dal luglio 1998 una ulteriore riduzione al 50%.

Le proposte di regolamentazione non si limitano al Protocollo di Montreal: alcuni paesi (Canada, Germania Federale, Norvegia, Svezia) hanno proposto piani di riduzione dei consumi di CFC ancora più radicali (grafico comparativo di figura 3).

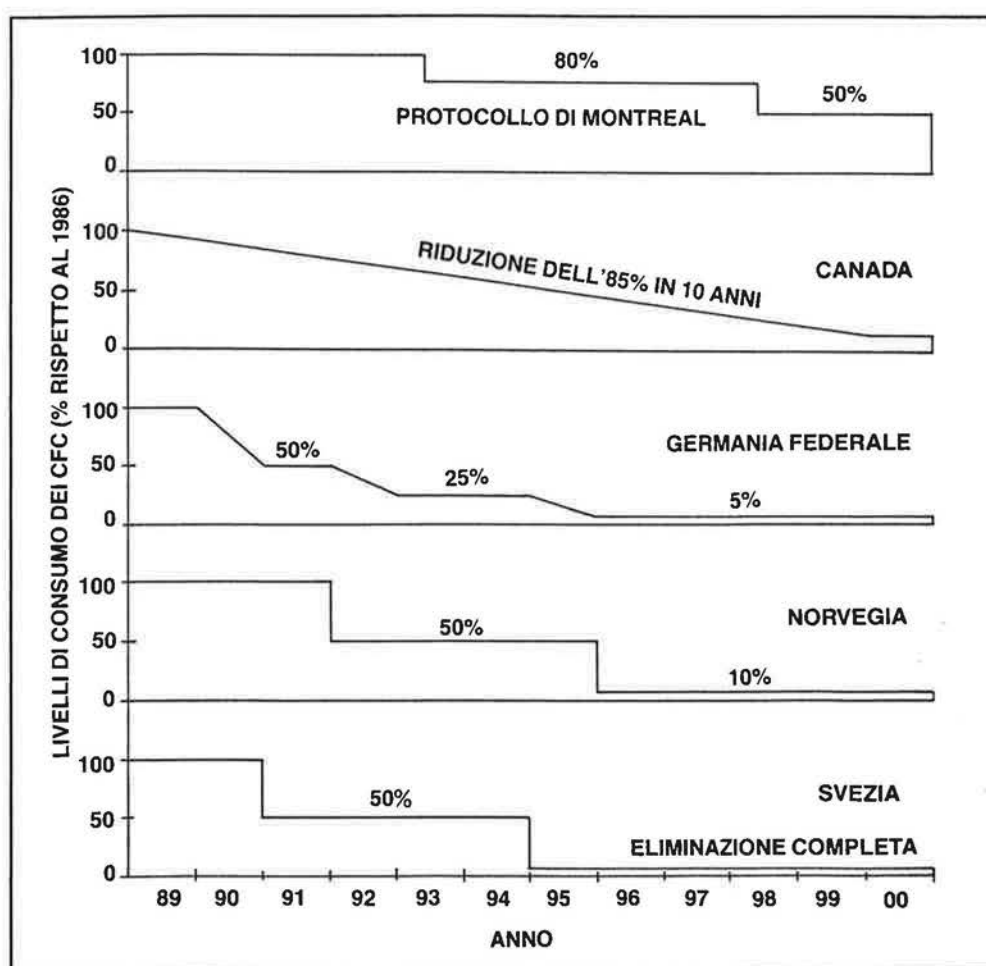


Figura 3

Piani di riduzione dei consumi di CFC proposti in vari paesi, a confronto con il Protocollo di Montreal. Fonte: International Energy Agency Heat Pump Centre Newsletter Vol. 7, n. 2, giugno 1989.

7. Le possibili soluzioni

È importante sottolineare un dato di fatto: i CFC sono così diffusi perché sono utili. La vera soluzione al problema consiste quindi nella ricerca di alternative tecnologicamente efficaci e accettabili sul piano ambientale.

Esistono ad oggi almeno tre ipotesi di lavoro:

- 1 - estendere l'uso di composti già in produzione e ragionevolmente sicuri (R-22) apportando le necessarie modifiche ad apparecchiature e processi attualmente non idonei;
- 2 - completare la sperimentazione ed avviare la produzione su scala industriale di "composti gemelli", aventi prestazioni equivalenti e facilmente utilizzabili con le tecnologie attuali;
- 3 - sviluppare tecnologie alternative che non richiedano l'impiego di alogenoderivati.

È peraltro certo che il sistema produttivo non è in grado di rispondere a questa sfida in tempi brevi: nella fase transitoria, che verosimilmente coprirà tutto l'ultimo decennio del secolo, occorrerà intraprendere una serie di azioni per *ottimizzare l'uso dei prodotti attuali*.

È parte integrante di una politica di riduzione degli effetti distruttivi dei CFC il controllo dei rilasci in atmosfera, *che possono avvenire nella fase di vita utile dell'impianto e nella fase di definitiva messa fuori servizio*.

8. Il problema della sostituzione dei CFC

È importante sottolineare alcuni aspetti:

- Le difficoltà connesse con la sostituzione dei CFC variano secondo il settore di applicazione ed i prodotti considerati.
- Il processo di sostituzione deve essere sviluppato in un *quadro legislativo e normativo chiaro, stabile e condiviso da tutti i paesi coinvolti*. L'industria deve investire ingenti risorse umane e finanziarie in questa operazione, risorse che devono essere ben indirizzate.
- Occorre puntare all'eliminazione totale di tutte le sostanze pericolose per lo strato di ozono e quindi non solo dei CFC.

8.1. Le iniziative dell'industria

I CFC vengono attualmente prodotti dalla maggior parte dei gruppi chimici mondiali (fra cui l'italiana Montefluos).

L'industria di settore sta compiendo un notevole sforzo nella ricerca e nello sviluppo di prodotti sostitutivi; sforzo che si è concretizzato nella creazione di due consorzi internazionali di ricerca, al fine di coordi-

nare le attività di sperimentazione sui prodotti sostitutivi.

Il primo consorzio esaminerà nell'arco di cinque-sei anni le caratteristiche di tossicità dei nuovi prodotti, mentre il secondo consorzio affronterà il tema della compatibilità ambientale.

Sebbene sia prematuro anticipare gli esiti finali di queste ricerche, si può già oggi affermare che:

- I prodotti sostitutivi in esame avranno un impatto nullo sull'ozono o minimo.
- L'effetto serra sarà ridotto, ma non eliminato completamente.
- Gli effetti tossicologici non sono del tutto noti, anche se i risultati degli studi finora svolti sono incoraggianti ⁽⁴⁾.

In ogni caso, la decisione finale sull'accettabilità dei nuovi prodotti, al termine del programma di ricerca, spetterà alle autorità governative e tale decisione dovrà avere carattere sovranazionale.

Le industrie utilizzatrici stanno invece operando in due direzioni: da un lato risolvere i problemi tecnologici connessi con l'impiego dei prodotti sostitutivi, dall'altro estendere il campo di utilizzazione delle sostanze meno pericolose già in produzione (R-22).

8.2. Le conseguenze energetiche della sostituzione

La maggior parte dei settori che utilizzano i CFC (refrigerazione, condizionamento dell'aria, produzione di isolanti termici) sono settori "energivori". Pertanto l'efficienza di materiali e processi che coinvolgono i CFC ha un *impatto non trascurabile sui consumi di energia a livello nazionale*, con sensibili conseguenze di natura economica ed ambientale.

Materiali, macchinari e processi che utilizzano i CFC sono stati nel tempo perfezionati al fine di ottimizzarne il rendimento energetico. La sostituzione degli attuali CFC con nuovi prodotti, oppure la modificazione di impianti e processi si tradurrà, almeno nel breve-medio periodo, in un *peggioramento dei rendimenti energetici*. Questo vale certamente per il settore civile (residenziale e terziario), responsabile per circa un terzo dei consumi energetici dei paesi industrializzati e per l'industria alimentare.

Il Dipartimento dell'Energia del governo statunitense ha recentemente condotto uno studio sulle implicazioni energetiche dell'abbandono (parziale o totale) dei CFC. Vengono considerati diversi "scenari", in rapporto alla situazione attuale.

⁽⁴⁾ Sette produttori mondiali di CFC, tra cui Montefluos, hanno stabilito un terzo programma di prove comuni di tossicità su composti alternativi, unendo

le loro risorse per esaminare HCFC 124 e HCFC 125, considerati possibili sostituti nelle schiume isolanti e come refrigeranti.

Nell'ipotesi peggiore, l'aumento del consumo di energia primaria negli Stati Uniti risulterebbe dell'ordine di 50 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP), circa un terzo del consumo globale annuale di energia primaria dell'Italia.

9. Come gestire la fase transitoria

Un primo indirizzo, condiviso dalla stragrande maggioranza dei paesi, è quello di escludere da provvedimenti restrittivi i prodotti oggi in uso che hanno un impatto minimo sull'ozono, in particolare l'R-22.

Poiché la fase transitoria durerà almeno un decennio, appare obiettivo prioritario sul breve periodo ottimizzare l'uso dei prodotti esistenti, evitando rilasci accidentali e affrontando il nodo cruciale del recupero ed eventuale riciclaggio dei CFC a fine ciclo di utilizzazione.

9.1. Rilasci accidentali

Vi sono alcune utilizzazioni dei CFC in cui il rilascio nell'atmosfera è conseguenza inevitabile ed ineliminabile del processo in cui il CFC stesso viene utilizzato (produzione degli isolanti schiumogeni, rifinitura dei componenti elettronici, per non parlare delle comuni bombolette spray).

In attesa che esistano tecnologie alternative, sembra opportuno abbandonare urgentemente gli impieghi "banali" (bombolette), mentre per gli impieghi nei settori industriali avanzati bisognerà limitare al massimo i consumi.

Per gli impianti di estinzione incendio, per i quali gli Halon rimangono i prodotti più efficaci, occorrerà evitare o minimizzare i rilasci non strettamente necessari, ad esempio quelli che avvengono in fase di collaudo o nelle esercitazioni d'uso degli impianti.

Per altre utilizzazioni, in particolare nel settore della refrigerazione domestica e del condizionamento dell'aria, il rilascio in atmosfera dei CFC è invece legato a fatti accidentali, o comunque controllabili adottando le opportune cautele nelle diverse fasi di vita dell'impianto.

9.2. Recupero dei CFC

Recuperare il fluido quando esso ha esaurito il proprio ciclo di vita, oppure all'atto della messa fuori servizio dell'apparecchiatura, ed evitare la sua dispersione non controllata in atmosfera diventa obiettivo strategico per minimizzare l'effetto distruttivo dei CFC.

Il recupero e trattamento del fluido per nuovi utilizzi è tecnicamente



AICARR

L'Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento, Refrigerazione (A.I.CARR) è una Associazione che ha come scopi principali la promozione del progresso delle Arti e delle Scienze del Condizionamento dell'Aria, del Riscaldamento, della Refrigerazione, della Ventilazione e di tutte le arti e scienze collegate, a beneficio della collettività. L'Associazione non ha fini di lucro e persegue gli scopi suddetti promuovendo e partecipando a Convegni, Congressi e pubblicando articoli tecnici e scientifici su una propria rivista mensile: "Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento, Refrigerazione". La sede dell'Associazione è a Milano, in via Sardegna, 32.

possibile, anche se oneroso. In assenza di adeguati incentivi, la tendenza attuale è invece quella di disperdere o distruggere il fluido, assimilandolo ad un rifiuto nocivo, che peraltro resta attivo ed in grado di esplicare i suoi effetti distruttivi sull'atmosfera.

In un quadro di economicità globale, a fronte dell'utilità del prodotto ed insieme della difficoltà di smaltimento controllato, una politica di riciclaggio potrebbe essere la via più conveniente da intraprendere.

10. Conclusioni

Tutte le considerazioni sin qui esposte sono importanti al fine di impostare una corretta politica di regolamentazione dell'uso dei CFC, in quanto:

- non tutti i CFC sono ugualmente pericolosi dal punto di vista ambientale;
- i vari CFC non sono tra loro intercambiabili poiché le proprietà specifiche di ciascuna sostanza ne limitano il campo di applicabilità;
- non tutti i CFC sono altrettanto facilmente sostituibili: in alcuni casi esistono, o esisteranno presto, alternative a livello commerciale, in altri la sostituzione presenta difficoltà maggiori;
- in ogni caso, l'eventuale eliminazione-sostituzione dei CFC presenterà, almeno nel breve-medio periodo, conseguenze negative sul piano energetico.

Il problema ozono rappresenta quindi una complessa sfida politica e tecnologica. I settori di applicazione dei CFC sono nevralgici tanto per le società industrializzate quanto per i paesi in via di sviluppo: una loro eliminazione incondizionata non è quindi pensabile.

Occorre uno sforzo coordinato a livello internazionale, che veda ugualmente coinvolti su obiettivi chiari e concordati il potere pubblico, il settore della ricerca, il mondo professionale e l'industria, nei due aspetti di produttrice e utilizzatrice dei CFC.

È necessario decidere quali obiettivi si intendono realisticamente raggiungere, in che tempi, con quali priorità. Occorre che siano noti e accettabili i vincoli all'interno dei quali il mondo della produzione deve muoversi per evitare che un quadro normativo-legislativo confuso costituisca un alibi per non investire in risorse umane e finanziarie alla ricerca di soluzioni praticabili.