

## **POLIVINILCLORURO**

Nel 1974, il vinil cloruro (VC) fu riportato dalla letteratura scientifica, per la prima volta, come responsabile dell'insorgenza dell'angiosarcoma nel fegato di animali sperimentali e dell'uomo (Wagoner *et al.* 1983). Successivamente fu dimostrata la sua cancerogenicità in organi diversi dal fegato. Attualmente sono riconosciuti come organi bersaglio, oltre al fegato, il cervello, e il polmone e probabilmente il sistema linfoemopoietico. La cancerogenicità per l'uomo è associata con mansioni lavorative che trattano il polivinilcloruro (PVC) o nei residenti in vicinanza di fabbriche che lavorano il PVC. Ricerche epidemiologiche citate dagli stessi autori hanno correlato il cancro polmonare con l'esposizione a polveri di PVC. Oltre a questo effetto cancerogeno del monomero VC e dell'esposizione alla polvere di PVC, il polimero costituisce un serio problema di salute sia per l'elevata quantità di materiale prodotto sia per la vasta gamma degli impieghi, sia ancora e soprattutto per il rilascio dei numerosi additivi. Tra questi, Fishbein (1984) annoverava gli ammorbidenti (il dietilesilftalato coi suoi metaboliti, il butilbenzilftalato, il 2-etilesil-adipato), gli stabilizzanti al calore (organo-stagno) e gli stabilizzanti del piombo, gli agenti di riempimento (l'azodicarbonamide), gli innescanti dei radicali liberi (il benzil-perossido e simili), gli anti-incendio (l'ossido di decabromodifenile). Il bis(2-etilesil)ftalato (*DEHP*) è l'additivo più diffuso come ammorbidente dei manufatti di PVC impiegati nella produzione delle sacche per contenere sangue, di pellicole per alimenti, di diversi giocattoli per bambini. Sulla base della grande diffusione di questi prodotti, il potenziale di tossicità del *DEHP* l'ha reso fonte di preoccupazione. Ricerche sperimentali di lunga durata nel ratto e nel topo hanno evidenziato l'insorgenza di carcinoma epatocellulare, come riportato da Griffiths *et al.* (1985). In precedenza Guess (1978) aveva sostenuto che dopo anni di impiego del PVC in medicina, senza chiari segni di tossicità, sulla base dei fattori generali di costi, convenienza e sicurezza, i contenitori di PVC ammorbidito chimicamente potevano continuare ad essere usati nella pratica medica. Di parere differente furono Nowicki e Klos (1980) secondo i quali questa preoccupazione dipendeva dal fatto che apprezzabili quantità di *DEHP*, contenuto come ammorbidente del PVC, dapprima possono essere rilasciate dalla sacca nel sangue o negli emoderivati in essa conservati, e successivamente penetrare nell'organismo a seguito di trasfusioni di notevoli quantità, superando la tolleranza dell'organismo e divenendo un fattore aggiuntivo di rischio per la salute. Questi autori auspicano che i contenitori di sangue siano fabbricati con PVC additivato con ammorbidenti meno tossici. Zabojszcz *et al.* (1980) eseguirono esami comparativi della possibile nocività di materiali di plastica per uso medico (tubi di PVC e di PE, tappi di gomma) mediante una batteria di *bioassays* (spermatozoi, pesci d'acquario, colture di fibroblasti). Una ricerca di Horowitz *et al.* (1985) ebbe risultati contrastanti coi precedenti poiché, nelle mani di questi autori, gli eritrociti conservati nelle sacche di PVC risultavano osmoticamente più stabili di quelli conservati in un altro tipo di plastica (poli-(etilene-co-etil acrilato) (*EEA*), rilasciando un terzo in meno di emoglobina. Nel 1987, Wams ha fornito dati sull'entità della produzione annuale di *DEHP* con 3-4 milioni di tonnellate, delle quali circa il 95% è impiegato come ammorbidente del PVC. L'autore se-

gnala che il *DEHP* è rilasciato nell'ambiente durante il processo produttivo della plastica e dei manufatti di plastica, durante il loro uso ed al momento del loro smaltimento. Aggiunge anche che nell'ambiente la distruzione chimico-fisica del composto additivo è praticamente nulla, mentre la biodegradazione avviene prontamente in condizioni aerobiche ( $T_{1/2} = 2-4$  settimane). Infine l'autore segnala una tossicità cronica a carico del fegato e del metabolismo energetico, teratogenicità e cancerogenicità, tossicità per la riproduzione e per il sistema immunitario; pertanto raccomanda di ridurre l'inquinamento ambientale trattando le acque di scarico, e sostituendo i composti ammorbidenti e lo stesso PVC con altre plastiche. La ricerca di Flaminio *et al.* (1988) rappresenta un tentativo della sostituzione suggerita da Wams. Questi autori hanno rimpiazzato i comuni contenitori e i tubi di PVC-DEHP, per gli emodializzati, con manufatti fabbricati con il 2-etil-esil-trimellato (TOTM) come ammorbidente (*plasticizer*) e, sulla base dei risultati della loro ricerca, ritengono che il TOTM debba rimpiazzare il DEHP come ammorbidente del PVC, anche se sono necessari più approfonditi studi sulla sua tossicità, prima che sia impiegato comunemente. Kambia *et al.* (2001) hanno verificato la tossicità del TOTM e del TEHTM [tri(2-etilesil)trimellato] e confermano, da un lato, la raccomandazione della sostituzione del DEHP ma, dall'altro, richiamano la necessità di ulteriori ricerche. Blass (1992) ha aggiunto altre considerazioni sulla tossicità dell'ammorbidente (DEHP) e degli stabilizzanti delle formulazioni per il PVC che, negli ultimi 40 anni, è stato il composto più usato tra la strumentazione medica. Anche Lanina *et al.* (1992) hanno segnalato l'importanza della migrazione del diottil-ftalato dal PVC dei contenitori e dei tubi di plastica nel sangue e nei suoi componenti, e nelle soluzioni per infusione, ed hanno suggerito uno studio approfondito per determinare il rischio legato a questo fenomeno. La pubblicazione di Carozzi *et al.* (1993) è in linea con la precedente in quanto segnala che il bis-2-etilesil-ftalato (DEHP) rilasciato dai contenitori dei fluidi impiegati nella dialisi peritoneale ambulatoriale continua (CAPD) può contribuire alla patogenesi della fibrosi peritoneale osservata in pazienti dializzati. La tossicità del DEHP è stata ulteriormente studiata sperimentalmente con *bioassays* che hanno impiegato colture cellulari umane da Smith *et al.* (1995). Questi autori hanno concluso affermando che la tossicità degli ammorbidenti e degli stabilizzanti del PVC non può essere attribuita direttamente ai composti in causa, ma che essa potrebbe risultare da un meccanismo sinergico, quale l'incremento dell'estrazione dell'ammorbidente da parte dello stagno contenuto nello stabilizzante. La ricerca di Lee *et al.* (1999) rappresenta un ulteriore sforzo per sostituire i comuni ammorbidenti del PVC nei contenitori per il sangue, di per se stessi nocivi, mediante l'aggiunta di copolimeri anfilici costituiti da ossido di polietilene (POE). Sulla base dei dati tecnologici e di quelli tossicologici, questi autori sostengono che tale sostituzione è fattibile e raccomandabile. Hammarling *et al.* (2000) si sono interessati delle possibili conseguenze per la salute del rilascio nei cibi da consumare del Bisfenolo-A diglicidil etere (BADGE) e dei suoi derivati clorurati dai rivestimenti di plastica delle scatole metalliche destinate a contenere alimenti in scatola. Questi autori si rifanno ai limiti proposti dal Comitato Scientifico della Commissione Europea (1 mg per Kg) e sostengono che in questo limite deve essere incluso il *BADGE* rilasciato dal

rivestimento della scatola metallica nel cibo. Latini (2000) ha esposto interessanti considerazioni sulla migrazione del *DEHP* (ammorbidente dotato di tossicità) dalle pastiche di PVC; l'autore segnala che questo additivo è rilasciato a velocità costante e si diffonde nel suolo, nell'acqua e nel cibo, comportandosi da inquinante ambientale molto diffuso. La nocività del composto colpisce gli animali e l'uomo e, sebbene la tossicità acuta sia lieve, l'esposizione prolungata può influire sulla salute delle donne e dei bambini; pertanto l'autore suggerisce ricerche ancora più approfondite. Dati sperimentali sulla tossicità del *DEHP* per l'uomo vengono riferiti da Tickner *et al.* (2001): gli autori segnalano che il *DEHP* ed i suoi metaboliti sono responsabili di effetti lesivi per fegato, rene, polmone, cuore ed apparato riproduttivo, inoltre viene indicato che l'apparato riproduttivo di animali durante lo sviluppo è un bersaglio particolarmente suscettibile. Shea (2003) ha recentemente segnalato che gli ammorbidenti [di-etilesilftalato (*DEHP*) e diisononil-ftalato (*DINP*) e gli stabilizzanti che conferiscono al PVC flessibilità e durata, quando rilasciati, possono costituire un rischio per la salute dei bambini. La ricerca precedente trova conferma nel lavoro di Koch *et al.* (2004) perché si occupa dei rischi per la salute dei bambini esposti agli additivi rilasciati dai contenitori di PVC. Un particolare aspetto della nocività del PVC tal quale viene considerato da Xu *et al.* (2002); questi autori hanno trovato un legame eziopatogenetico tra l'esposizione di lavoratori alla polvere di PVC e la loro pneumopatia.

Informazioni ricavate dal LIBRO VERDE "*Problematiche ambientali del PVC*"  
pubblicato dalla  
COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE  
Bruxelles, 26.7.2000 COM(2000) 469 definitivo

La Commissione si è assunta l'impegno di procedere a una valutazione dell'impatto ambientale del PVC, ivi compresi gli effetti sulla salute umana ad esso connessi, attraverso un approccio integrato. Nella Proposta di direttiva sui veicoli fuori uso, si afferma che "*la Commissione esaminerà i dati relativi agli aspetti ambientali della presenza di PVC nei flussi di rifiuti; che, sulla base di tali dati, la Commissione riesaminerà la sua strategia sui flussi di rifiuti contenenti PVC e, laddove lo impongano motivi di ordine ambientale o sanitario, presenterà le opportune proposte per affrontare gli eventuali problemi in questo settore*". Nella Posizione comune del Consiglio relativa a tale Proposta si afferma inoltre che "*la Commissione sta attualmente esaminando l'impatto ambientale del PVC; la Commissione presenterà, in base a tale esame, appropriate proposte quanto all'impiego del PVC che contengono considerazioni circa i veicoli*".

Il PVC è al centro di un controverso dibattito da circa un decennio. Sulla questione del PVC e dei suoi effetti sulla salute umana e sull'ambiente sono state espresse divergenti opinioni di ordine scientifico, tecnico ed economico. Alcuni Stati membri hanno raccomandato o adottato misure concernenti aspetti specifici del ciclo di vita del PVC. Tali misure non sempre sono identiche e alcune di esse possono avere ripercussioni sul mercato interno. Al fine di sviluppare le misure necessarie a garantire la massima tutela della salute umana e dell'ambiente, nonché il buon funzionamento del mercato interno, è necessario adottare un approccio integrato atto a consentire la valutazione dell'intero ciclo di vita del PVC.

## L'INDUSTRIA DEL PVC E I SUOI PRODOTTI

### Il PVC e le sue applicazioni

Il cloruro di polivinile (PVC) è un materiale polimerico sintetico (o resina), prodotto mediante addizione ripetitiva del cloruro di vinile monomero (CVM), la cui formula è  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ . Il PVC ha perciò la stessa struttura del polietilene, eccetto che per la presenza del cloro. Il cloro contenuto nel PVC rappresenta il 57% in peso della resina polimerica pura. Il 35% del cloro prodotto per elettrolisi dei cloruri alcalini va a costituire il PVC, che costituisce pertanto il principale settore di utilizzo.

Il PVC puro è un materiale rigido, ad elevata resistenza meccanica, relativamente resistente agli agenti atmosferici, resistente all'acqua e alle sostanze chimiche, isolante elettrico, ma relativamente instabile al calore e alla luce. Il calore e la luce ultravioletta conducono infatti a una perdita di cloro sotto forma di acido cloridrico (HCl). Ciò può essere evitato attraverso l'aggiunta di stabilizzanti. Gli stabilizzanti sono spesso composti a base di sali di metalli come il piombo, il bario, il calcio o il cadmio, o composti organostannici.

Le proprietà meccaniche del PVC possono essere modificate attraverso l'aggiunta alla matrice polimerica di composti a basso peso molecolare. Variando le dosi di questi additivi, detti plastificanti, si ottiene un'ampia varietà di materiali con proprietà diverse che hanno condotto all'uso del PVC in una vasta gamma di applicazioni. I principali tipi di plastificanti usati sono esteri di acidi organici, soprattutto ftalati e adipati.

La principale distinzione tra le numerose applicazioni è tra "PVC rigido" (che rappresenta circa due terzi del totale) e "PVC flessibile" (che rappresenta circa un terzo).

La durata dei manufatti in PVC varia da un minimo di un anno (imballaggi) a 10-50 anni (edilizia).

La produzione mondiale di PVC supera oggi i 20 milioni di tonnellate l'anno (rispetto ai 3 milioni di tonnellate del 1965), che corrisponde a circa un quinto della produzione totale di materie plastiche. Il PVC è pertanto uno dei materiali sintetici più importanti. La produzione è concentrata principalmente negli Stati Uniti, nell'Europa occidentale e in Asia. Nell'Europa occidentale la produzione è stata, nel 1998, di 5,5 milioni di tonnellate (circa il 26% della produzione mondiale). La produzione di PVC ha registrato negli ultimi anni tassi di crescita medi compresi tra il 2% e il 10%, con alcune differenze tra le diverse regioni (superiori in Asia, inferiori in Europa) e per le diverse applicazioni (superiori per il PVC rigido e inferiori per quello flessibile). I prezzi del PVC vergine hanno un andamento molto ciclico a causa delle variazioni dell'offerta e della domanda e dei prezzi delle materie prime.

I processi utilizzati per la produzione di PVC sono principalmente due: polimerizzazione del CVM in sospensione (80%) e in emulsione (10%). La produzione di CVM dall'etilene e dal cloro, o etilene e HCl rispettivamente, si svolge in larga misura in processi industriali chiusi durante i quali possono tuttavia verificarsi emissioni di cloro, etilene, dicloroetilene, HCl, CVM e sottoprodotti clorurati, tra cui diossine, nell'ambiente di lavoro e nell'ambiente esterno (aria e acqua). La tossicità di alcune di queste sostanze chimiche è ben nota e sono pertanto necessarie severe misure di controllo delle emissioni. Sono state adottate numerose direttive comunitarie concernenti i processi di produzione del PVC e del CVM.

Il prodotto finito si ottiene dal PVC greggio attraverso diversi passaggi. L'aggiunta dei necessari additivi viene detta "*compoundizzazione*" del PVC. Il PVC è un materiale termoplastico, ossia fonde per effetto del calore e può quindi essere sagomato nelle più svariate forme attraverso vari processi. Dopo il raffreddamento, il materiale riacquista le sue proprietà originali. Per la trasformazione del PVC vengono utilizzati numerosi metodi che sfruttano questa proprietà, tra cui l'estrusione, la

calandratura, lo stampaggio a iniezione, la soffiatura, lo stampaggio a rotazione, la termoformatura e il soffiaggio del film.

Undici aziende europee (con 22 stabilimenti) producono oltre il 98% degli stabilizzanti venduti in Europa. Esse occupano circa 5.000 persone per una produzione di 160.000 tonnellate di formulati stabilizzanti, con un fatturato di circa 380.000.000 €

Nel 1999 vi erano in Europa circa 20 aziende che producevano circa 1 milione di tonnellate di plastificanti. Le tre aziende più grandi rappresentavano circa il 40% della capacità totale. Il loro numero è ora in diminuzione: le aziende più piccole stanno abbandonando queste produzioni o vengono acquistate dalle più grandi. Si stima che in questo settore siano impiegate circa 6.500 persone. Nel periodo 1990-1995 la produzione ha registrato un aumento annuo dell'1,5%. L'Europa occidentale è un esportatore netto di plastificanti.

#### USO DEGLI ADDITIVI NEL PVC

##### Percentuali e tipi di additivi

Affinché i prodotti finiti presentino le proprietà richieste, il polimero PVC viene miscelato con alcuni additivi. A seconda dell'applicazione cui è destinato il manufatto, la composizione del PVC *compoundizzato* (ossia resina + additivi) può variare grandemente in base alle diverse quantità di additivi incorporati nel polimero come sostanze di carica, stabilizzanti, lubrificanti, plastificanti, pigmenti o ritardanti di fiamma. Per la fabbricazione dei prodotti vengono usate diverse formulazioni del PVC *compoundizzato*. L'uso di quantità piuttosto elevate di plastificanti (principalmente ftalati) e stabilizzanti costituisce una caratteristica specifica della produzione del PVC rispetto ad altri tipi di materie plastiche. Tutti gli altri additivi vengono utilizzati in misura variabile come per le altre materie plastiche.

Le categorie di additivi per le quali si rende particolarmente necessaria una valutazione scientifica delle caratteristiche di pericolosità e dei rischi per la salute umana e l'ambiente, sono quella degli stabilizzanti, soprattutto quelli contenenti metalli pesanti come il piombo e il cadmio, e quella dei plastificanti, principalmente gli ftalati.

#### STABILIZZANTI

Gli stabilizzanti vengono aggiunti al polimero PVC allo scopo di impedirne la degradazione per effetto del calore e della luce. Vengono usati diversi tipi di stabilizzanti e il loro contenuto nel prodotto finito varia a seconda dei requisiti tecnici dell'applicazione cui è destinato.

Gli stabilizzanti al *piombo* sono attualmente i più usati, in particolare il solfato di piombo e il fosfito di piombo. Nel 1998 sono state usate in Europa circa 112.000 tonnellate di stabilizzanti al piombo (pari al 70% del consumo totale di stabilizzanti) contenenti circa 51.000 tonnellate di piombo. Poiché il consumo europeo di piombo ammonta in totale a circa 1,6 milioni di tonnellate (dato relativo al 1995), gli stabilizzanti vi concorrono per circa il 3%. Gli stabilizzanti al piombo vengono usati principalmente per la produzione di tubi, profilati e cavi.

Gli stabilizzanti al *cadmio* vengono tuttora usati da alcuni produttori nella produzione di PVC per serramenti, per i quali il loro uso è ancora consentito dalla normativa comunitaria. In Europa l'uso del cadmio è ampiamente diminuito da circa 600 tonnellate l'anno nel 1992 a 100 tonnellate l'anno nel 1997 e 50 tonnellate l'anno nel 1998. Nel 1998 sono stati utilizzate in Europa circa 14.500 tonnellate di stabilizzanti di miscele di metalli solidi e 16.400 tonnellate di stabilizzanti liquidi. Tra questi tipi di stabilizzanti i sistemi calcio/zinco e bario/zinco sono i più comunemente usati.

I composti organostannici rappresentano, con 15.000 tonnellate, circa il 9,3% del consumo europeo di stabilizzanti. Come stabilizzanti vengono utilizzati vari tipi

di organostannici, in particolare miscele di composti mono- e di-organostannici, in prevalenza per la produzione di pellicole rigide per imballaggi, bottiglie, coperture per tetti e rivestimenti rigidi trasparenti da costruzione.

Ai sensi della Direttiva 67/548/CEE sulla classificazione e l'etichettatura delle sostanze pericolose e successive modifiche, la maggior parte dei composti a base di piombo, ivi compresi quelli usati nel PVC, è classificata tossica per l'apparato riproduttivo, nociva, pericolosa per l'ambiente (ecotossica) e atta a creare il pericolo di *effetti cumulativi*. Il piombo è persistente e determinati composti a base di piombo si accumulano in determinati organismi (*organi*).

La maggior parte dei composti a base di cadmio è classificata ai sensi della Direttiva 67/548/CEE del Consiglio come dannosa e pericolosa per l'ambiente (ecotossica). Altri composti del cadmio sono classificati come dannosi, tossici o molto tossici. Alcuni composti sono classificati anche come cancerogeni (categoria 2). Il cadmio è persistente e alcuni composti del cadmio si accumulano in determinati organismi (*organi*). Dai dati disponibili sui composti organostannici usati come stabilizzanti nel PVC risulta che i diottilstannici sono tossici per il sistema immunitario. Tali effetti immunotossici non sono stati osservati per gli altri composti organostannici usati come stabilizzanti per il PVC (dimetilstannici, dodecilstannici, monobutilstannici). I composti diottilstannici presentano un potenziale rischio ambientale limitatamente all'ambiente acquatico.

Va operata una distinzione tra i pericoli e i rischi creati dalle sostanze chimiche. Al momento non è ancora stata portata a termine una valutazione complessiva del rischio posto dall'uso dei composti del cadmio e del piombo come stabilizzanti nei prodotti in PVC. Ai sensi del Regolamento 793/93 del Consiglio del 23 marzo 1993 sulla valutazione e il controllo dei rischi delle sostanze esistenti, sta per essere portata a termine una valutazione di rischio relativamente al cadmio e all'ossido di cadmio. Per il piombo il Comitato scientifico sulla tossicità, l'ecotossicità, e l'ambiente (CSTEE) ha recentemente adottato un parere concernente un progetto di normativa recante il divieto dell'uso del piombo nei prodotti, in Danimarca. Il CSTEE si sta attualmente occupando della questione dei rischi derivanti dall'uso del piombo in generale ed entro la metà del 2001 dovrebbe essere adottato un parere sui rischi creati dal piombo sia per l'ambiente sia per la salute umana, basato tra l'altro su uno studio che verrà commissionato dai servizi della Commissione.

Come per la maggior parte dei metalli pesanti, il cadmio e il piombo vengono emessi nell'ambiente da molte altre fonti, diverse dai prodotti in cui vengono utilizzati come additivi, che contribuiscono in misura notevolmente maggiore alla dispersione di questi metalli pesanti nell'ambiente, quali attività industriali, benzina, fertilizzanti e fanghi di depurazione. Inoltre, in molti prodotti vengono utilizzati entrambi i metalli. Il settore di utilizzo più importante per il piombo e il cadmio, dal punto di vista delle quantità, è quello delle batterie e degli accumulatori. Batterie a parte, gli stabilizzanti per PVC rappresentano una delle principali applicazioni del piombo. Gli aspetti di principale interesse nella discussione sui rischi potenziali creati dall'uso degli stabilizzanti al piombo e al cadmio nel PVC sono i seguenti:

gli stabilizzanti al piombo e al cadmio rimangono molto probabilmente legati al PVC durante l'utilizzo e pertanto non danno luogo a rilascio nell'ambiente. Il rischio di contaminazione dell'ambiente dovuto all'utilizzo di stabilizzanti al piombo e al cadmio nel PVC può sussistere nelle fasi di produzione e di smaltimento.

durante le fasi produttive e del trattamento dei rifiuti è necessario adottare una serie di misure protettive e preventive per eliminare o ridurre al minimo l'esposizione degli addetti, in osservanza della normativa comunitaria sulla tutela della salute e la sicurezza sui luoghi di lavoro.

non sono disponibili dati precisi riguardo al contributo dato dagli stabilizzanti al piombo contenuti nel PVC al carico totale di piombo dei rifiuti solidi urbani messi in discarica o inceneriti. Vari calcoli e stime hanno condotto a risultati ampiamente variabili: 1%, 3%, 6%, 10% e 28%. Per quanto riguarda il cadmio, si stima che abbia origine dal PVC circa il 10% del cadmio che giunge agli inceneritori o alle discariche.

sono state svolte poche ricerche sperimentali sul comportamento in discarica dei rifiuti di PVC contenenti piombo e cadmio. Si ritiene che, per quanto riguarda i rifiuti di PVC rigido, i composti di piombo e di cadmio rimangano incapsulati nel materiale. Per quanto riguarda invece il piombo contenuto nel PVC flessibile, la situazione non è altrettanto certa. In particolare, uno studio ha rivelato un rilascio del 10% di stabilizzanti al piombo da un cavo in PVC flessibile contenente una miscela di vari plastificanti. Non sono state condotte indagini riguardo al contributo dato dal PVC al contenuto di piombo rilevato nei percolati di discarica.

durante l'incenerimento del PVC e altri rifiuti praticamente tutto il piombo e il cadmio finiscono nelle scorie del forno e nelle ceneri volanti degli inceneritori. A causa di un'elevata contaminazione con metalli pesanti, le ceneri volanti e i residui, che sono in genere mescolati, devono essere messi in discariche controllate. Le scorie vengono riutilizzate o messe in discarica. Non può pertanto essere esclusa una dispersione di metalli pesanti, ma sembra improbabile nel breve periodo.

Date le incertezze scientifiche di cui sopra, al momento non è possibile quantificare con precisione l'effetto prodotto dalla sostituzione del piombo e del cadmio sulle emissioni complessive nell'ambiente. In ogni caso, se da un lato vi sono dubbi che una generale sostituzione di questi stabilizzanti possa avere un effetto significativo sulle emissioni complessive di piombo o di cadmio nell'ambiente, dall'altro, l'utilizzo a lungo termine degli stabilizzanti al piombo contribuirebbe, secondo alcune analisi, a un aumento della concentrazione di piombo nell'ambiente durante la fase di gestione dei rifiuti.

A causa dei problemi sollevati dalla presenza di sostanze pericolose nei rifiuti, la strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti ha sancito che "in determinati casi, potrà essere necessario prevedere regole comunitarie per *limitare la presenza di metalli pesanti o di altre sostanze nei prodotti o nel processo di produzione onde evitare, in una fase successiva, la produzione di rifiuti pericolosi*, ad esempio qualora il reimpiego o il recupero o lo smaltimento in condizioni di sicurezza di una data sostanza non rappresentano una soluzione accettabile per l'ambiente".

La tutela dell'uomo e dell'ambiente dai rischi derivanti dall'esposizione al cadmio è all'esame della politica comunitaria da diversi anni. Il 25 gennaio 1988 il Consiglio della Comunità europea ha adottato una Risoluzione concernente un programma d'azione comunitario contro l'inquinamento ambientale da cadmio. In questo documento il Consiglio sottolinea che l'utilizzo del cadmio deve essere limitato ai casi in cui non esistono alternative appropriate.

Per quanto riguarda l'uso del cadmio negli stabilizzanti per PVC, la Direttiva 91/338/CEE limita già l'uso del cadmio come stabilizzante in alcune applicazioni. L'uso del cadmio è tuttavia ancora consentito nel PVC destinato alla produzione di serramenti. La Svezia, l'Austria e i Paesi Bassi hanno vietato qualsiasi impiego del cadmio negli stabilizzanti e la Direttiva 1999/51/CE prevede una deroga generale alla Svezia e all'Austria ai fini dell'applicazione di una normativa più rigida concernente il cadmio.

Non esiste una legislazione comunitaria concernente l'uso dei composti del piombo come stabilizzanti. La Danimarca, la Svezia, l'Austria e la Germania hanno invocato ulteriori restrizioni, obbligatorie o volontarie, riguardo all'uso del piombo e del cadmio, in particolare come stabilizzanti per il PVC.

Inoltre, come accennato in precedenza, il CSTE sta svolgendo una valutazione del rischio relativamente al cadmio e una valutazione scientifica relativamente al piombo. Le decisioni relative alle misure per la riduzione dei rischi potenziali devono basarsi su tutte le valutazioni scientifiche esistenti ed essere riesaminate alla luce dei nuovi sviluppi della scienza, ivi compresi i risultati delle valutazioni del potenziale di rischio futuro.

Alcuni potenziali sostituti del piombo e del cadmio nella produzione di stabilizzanti sono già in uso. I principali sono i sistemi calcio/zinco e gli organostannici. I composti calcio/zinco presentano caratteristiche di pericolosità meno accentuate dei composti del piombo e del cadmio e attualmente non sono classificati come pericolosi. Al momento, la totale sostituzione degli stabilizzanti al piombo è impedita da ragioni tecniche (qualità del prodotto, conformità alle norme, requisiti dei test di prova) ed economiche (costi maggiori). Nei prossimi anni si ritiene che la differenza di prezzo tra gli stabilizzanti al piombo e quelli al calcio/zinco diminuirà grazie alla disponibilità di nuovi impianti produttivi, attualmente in corso di installazione. Gli stabilizzanti contenenti stagno hanno proprietà meno vantaggiose dal punto di vista ambientale e della salute umana.

Nel marzo 2000 l'industria del PVC (produttori di PVC, produttori di additivi e trasformatori di PVC rappresentati dalle rispettive associazioni europee: ECVI, ECPI, ESPA, EuPC) ha *firmato un impegno volontario con l'obiettivo dichiarato di "affrontare il tema dello sviluppo sostenibile" e adottare "un approccio integrato atto a consentire la realizzazione del concetto di una gestione responsabile dalla nascita alla fine vita di esercizio del prodotto"*.

L'ESPA ha assunto l'impegno di fornire annualmente le statistiche indicanti il tipo di stabilizzanti acquistati dai trasformatori. L'Associazione anticipa che le 120.000 tonnellate di piombo utilizzate nel PVC nel 1999 diminuiranno a 80.000 tonnellate nel 2010 e ha affermato che "sosterrà questa tendenza sviluppando alternative adeguate". L'industria degli stabilizzanti per PVC non ha per il momento adottato misure volte a favorire l'eliminazione del piombo nel PVC, se non in termini di "continuare a svolgere ricerche per lo sviluppo di stabilizzanti alternativi ai sistemi a base di piombo".

#### PLASTIFICANTI

I plastificanti sono necessari per la produzione di manufatti in PVC flessibili.

Nell'Europa occidentale viene prodotto ogni anno circa un milione di tonnellate di ftalati, di cui circa 900.000 tonnellate destinate alla plastificazione del PVC. Nel 1997 il 93% dei plastificanti per PVC era costituito da ftalati. Gli ftalati più comuni sono il bis-(2-etilesil)ftalato (DEHP), il diisodeciltalato (DIDP) e il diisoniltalato (DINP). Negli ultimi anni l'uso del DEHP è diminuito, mentre quello del DIDP e del DINP è aumentato. Le quantità di plastificanti aggiunti al polimero PVC variano in base alle proprietà desiderate. A seconda dell'utilizzo finale, il contenuto di plastificante varia tra il 15 e il 60%, con valori medi per la maggior parte delle applicazioni flessibili compresi tra il 35 e il 40%. Altri plastificanti quali adipati, trimellitati, organofosfati e olio di soia epossidato possono essere utilizzati come ammorbidenti per il PVC. Queste sostanze rappresentano solo una piccola frazione del totale dei plastificanti in uso. Le informazioni relative all'impatto sull'ambiente e sulla salute umana prodotto da questi plastificanti usati nel PVC sono limitate e per una valutazione adeguata sarebbe necessario acquisire ulteriori dati. Per questo motivo nel presente paragrafo vengono trattati esclusivamente degli ftalati, che sono i plastificanti più importanti dal punto di vista delle quantità prodotte e quelli sui quali sono attualmente in corso le principali valutazioni di rischio per l'ambiente e la salute.

Gli ftalati sono sostanze chimiche di grande consumo, cinque delle quali, a causa dei potenziali rischi per la salute umana e l'ambiente, sono inseriti nei primi



tre elenchi di priorità per la valutazione di rischio, ai sensi del Regolamento 793/93 sulle sostanze esistenti. Le valutazioni di rischio relative a queste cinque sostanze vengono svolte da Stati membri relatori. Le valutazioni del rischio per il DEHP, il DIDP, il DINP e il DBP sono state portate a termine o è previsto che lo siano entro l'anno 2000, mentre quella per il BBP si concluderà entro il 2001.

Il DEHP, il DINP e il DIDP sono potenzialmente soggetti a *bioaccumulazione*. Le valutazioni del rischio condotte ai sensi del Regolamento 793/93 hanno concluso che il potenziale di bioaccumulazione del DBP, DINP e DIDP non crea preoccupazione, mentre sono attualmente ancora in corso di valutazione i potenziali effetti sull'ambiente del DEHP e del BBP. Gli ftalati a catena lunga presentano una scarsa biodegradabilità se sottoposti ai normali processi di trattamento dei reflui e vengono solo parzialmente degradati nei normali impianti di trattamento dei percolati e delle acque reflue, dove si accumulano nei solidi sospesi. Alcuni ftalati, così come i loro metaboliti e prodotti di degradazione possono nuocere alla salute umana (in particolare al fegato e ai reni per quanto riguarda il DINP e ai testicoli per quanto riguarda il DEHP). Sono in corso di valutazione potenziali proprietà dannose per il sistema endocrino.

Tutti gli ftalati usati in grandi quantità nelle applicazioni del PVC sono oggi *ubiquitari nell'ambiente*. Il trasporto nell'aria e la percolazione da alcune lavorazioni sono ritenute essere i principali canali tramite i quali gli ftalati entrano nell'ambiente. Queste sostanze sono presenti in elevate concentrazioni, soprattutto nei sedimenti e nei fanghi di acque reflue. In Danimarca è stato segnalato che le concentrazioni di alcuni ftalati possono superare i valori limite fissati a livello nazionale per l'utilizzo dei fanghi di acque reflue in agricoltura.

#### GESTIONE DEI RIFIUTI DI PVC

I servizi della Commissione hanno commissionato quattro studi aventi lo scopo di valutare gli aspetti tecnici delle principali alternative disponibili per la gestione dei rifiuti di PVC:

riciclaggio meccanico,  
riciclaggio chimico,  
incenerimento e  
messa in discarica.

La gestione dei rifiuti di PVC deve essere valutata nel contesto della politica europea di gestione dei rifiuti. La Comunicazione della Commissione concernente il riesame della Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti ha confermato "la gerarchia di principi secondo cui *priorità assoluta rimane la prevenzione della produzione di rifiuti, seguita dal recupero e, infine, dallo smaltimento sicuro*". Si afferma inoltre che, "ove ciò sia valido per l'ambiente, si dovrebbe dare la preferenza al recupero di materiale rispetto alle operazioni di recupero dell'energia. Questo principio si basa sul fatto che il recupero del materiale ha un maggiore effetto, rispetto al recupero dell'energia, sulla prevenzione della produzione dei rifiuti. Comunque, sarà necessario tener conto degli effetti ambientali, economici e scientifici delle due opzioni. La valutazione di tali effetti potrebbe portare, in taluni casi, a preferire l'opzione di recupero dell'energia". Nella sua Risoluzione del 24 febbraio 1997, il Consiglio ha approvato questa gerarchia di principi.

#### SITUAZIONE ATTUALE E SVILUPPI FUTURI

##### SITUAZIONE ATTUALE

La quantità totale dei rifiuti di PVC è funzione del consumo di PVC. Tuttavia, poiché i cicli di vita possono superare i 50 anni per alcune applicazioni come i tubi e i serramenti, vi è uno "tempo di latenza" tra il consumo di PVC e la presenza di PVC nel flusso dei rifiuti. I prodotti in PVC hanno raggiunto una notevole quota di mercato negli anni Sessanta. Considerando cicli di vita superiori a 30 anni, si prevede che

intorno al 2010 le quantità di rifiuti di PVC cominceranno ad aumentare significativamente.

Poiché il PVC viene utilizzato in una vasta gamma di applicazioni, le previsioni degli aumenti dei rifiuti di PVC nell'UE sono incerte. I più recenti e più dettagliati dati disponibili sulle quantità di rifiuti sono le stime effettuate dagli operatori del settore e sono basate su calcoli che utilizzano le quantità prodotte annualmente e il ciclo di vita medio dei prodotti. Si stima che nel 1999 i rifiuti totali di PVC siano stati nella Comunità circa 4,1 milioni di tonnellate, di cui 3,6 milioni di tonnellate di rifiuti post-consumo e 0,5 milioni di tonnellate di scarti pre-consumo. Questi ultimi vengono generati durante la produzione di semilavorati e manufatti di PVC, così come durante la lavorazione e l'installazione dei prodotti in PVC. Attualmente i rifiuti di PVC sono composti per due terzi da PVC flessibile e per un terzo da PVC rigido.

Circa un milione di tonnellate di PVC proviene dai rifiuti generati nei settori delle costruzioni e della demolizione. Un altro milione di tonnellate di PVC è contenuto nei rifiuti solidi urbani, che comprendono sia i rifiuti domestici, sia i rifiuti prodotti dalle attività commerciali e industriali ad essi assimilabili. Vengono generate circa 700.000 tonnellate di rifiuti da imballaggi in PVC e circa 700.000 tonnellate di PVC si trovano nei veicoli destinati alla rottamazione e nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.

Attualmente nella Comunità il principale metodo di smaltimento per tutti i tipi di rifiuti post-consumo è la messa in discarica. Ciò vale pertanto anche per i rifiuti a fine vita di esercizio di PVC. Attualmente vengono messi in discarica approssimativamente da 2,6 a 2,9 milioni di tonnellate di rifiuti di PVC all'anno. Il riciclaggio meccanico si applica solo a una piccola frazione dei rifiuti a fine vita di esercizio (circa 100.000 tonnellate). Ogni anno vengono incenerite nella Comunità circa 600.000 tonnellate di PVC.

#### **SVILUPPI FUTURI: SCENARIO DI RIFERIMENTO**

Questo scenario descrive la situazione relativamente alle quantità di rifiuti di PVC e ai principali metodi di smaltimento dei rifiuti prevista per gli anni 2000, 2010 e 2020, supponendo che non vengano adottate misure specifiche per il PVC, ad eccezione di quelle di carattere giuridico, amministrativo o volontario già in vigore o in preparazione a livello comunitario e nazionale. In questo scenario viene assunta l'attuazione delle direttive presenti e future concernenti la messa in discarica, l'incenerimento, l'imballaggio, i veicoli destinati alla rottamazione e i rifiuti di materiale elettrico e dell'industria elettronica.

Nel contesto dello scenario di riferimento definito per i rifiuti di PVC, le modifiche apportate alla gestione dei rifiuti, a seguito dell'adozione di nuove misure legislative di nuove pratiche, avrà i seguenti effetti:

la direttiva sulle discariche produrrà alcuni importanti cambiamenti nella gestione dei rifiuti, dovuti principalmente ai previsti aumenti dei costi di gestione delle discariche. Alcuni Stati membri, in particolare la Germania, l'Austria, i Paesi Bassi e la Danimarca, hanno annunciato politiche nazionali di divieto della messa in discarica dei rifiuti organici non trattati, ivi comprese le materie plastiche, ad eccezione dei rifiuti di PVC per la Danimarca,

nei prossimi decenni è previsto un aumento significativo del riciclaggio, in particolare per quei flussi di rifiuti per i quali verranno fissati degli obiettivi di riciclaggio. Dovrebbe aumentare anche il recupero di energia per i rifiuti che non possono essere riciclati.

In che misura questo influirà sul trattamento dei rifiuti di PVC verrà discusso in maggior dettaglio nei seguenti paragrafi dedicati alle principali alternative disponibili per la gestione dei rifiuti.

### **RICICLAGGIO MECCANICO**

Vengono definiti di riciclaggio meccanico i processi durante i quali i rifiuti di PVC vengono trattati solo meccanicamente, principalmente mediante frantumazione, agliatura e macinazione. I materiali riciclati risultanti (in polvere) possono essere utilizzati per la produzione di nuovi manufatti. La qualità dei riciclati di PVC può essere molto variabile a seconda del grado di contaminazione e della composizione del materiale raccolto. La qualità dei riciclati determina il grado al quale il materiale vergine può essere sostituito dai riciclati: i riciclati "ad alta qualità" possono essere riutilizzati nelle stesse applicazioni del PVC, mentre i riciclati "a bassa qualità" da frazioni di rifiuti misti possono in genere solo essere riutilizzati in manufatti di altri materiali (riciclaggio "di risulta").

### **RICICLAGGIO CHIMICO**

Il riciclaggio chimico prevede una serie di processi durante i quali le molecole polimeriche che costituiscono i materiali plastici vengono scisse in molecole più piccole. Queste possono essere monomeri direttamente utilizzabili per produrre nuovi polimeri o altre sostanze che possono essere utilizzate altrimenti, come materiali di partenza in processi dell'industria chimica di base. Nel PVC si verifica, oltre alla scissione della struttura molecolare del polimero, l'emissione del cloro fissato alle catene sotto forma di acido cloridrico (HCl). A seconda della tecnologia di processo, l'HCl può essere riutilizzato, previa purificazione, oppure deve essere neutralizzato per formare vari prodotti di cui alcuni possono essere utilizzati mentre altri devono essere smaltiti.

In pratica, negli ultimi 5 anni, solo poche iniziative sono sfociate, o potranno sfociare nel prossimo futuro, nella costruzione di impianti industriali per il riciclaggio chimico. I processi di riciclaggio chimico possono essere classificati in base alla loro capacità di trattare rifiuti con un alto o un basso tenore in cloro, tenendo conto che il contenuto massimo di PVC trattabile con tecnologie per un basso tenore in cloro è del 4%-5%. Due dei tre impianti per il riciclaggio chimico di rifiuti a basso tenore in cloro esistenti sono stati chiusi per motivi economici e di approvvigionamento. Per i rifiuti ricchi di PVC è attualmente operativo un impianto che utilizza una tecnologia basata sull'incenerimento con recupero dell'HCl. Due impianti pilota diventeranno operativi nei prossimi anni.

Secondo diverse valutazioni del ciclo di vita, alcuni processi di riciclaggio chimico darebbero risultati decisamente migliori, in termini di energia utilizzata e riscaldamento globale, rispetto all'incenerimento e alla messa in discarica dei rifiuti solidi urbani. Inoltre alcuni processi consentono il recupero del cloro, riducendo così il fabbisogno di cloro di nuova produzione mediante elettrolisi dei cloruri alcalini, che è una tecnologia ad alto impiego energetico. Le valutazioni del ciclo di vita effettuate non hanno consentito di esprimere preferenza per una delle tecnologie di riciclaggio chimico esaminate. Dal punto di vista ambientale è preferibile il riciclaggio meccanico diretto dei rifiuti ricchi di PVC, soprattutto quando questo consente di ottenere prodotti d'alta qualità e non richiede operazioni di cernita o trattamenti preliminari dispendiosi.

I plastificanti vengono trasformati in materie prime insieme alle parti organiche del PVC. Gli stabilizzanti che contengono metalli pesanti si trasformano per lo più in residui solidi che, con tutta probabilità, dovranno essere *messi in discarica*. Nella maggior parte delle tecnologie di riciclaggio chimico dedicate, le emissioni di altre sostanze che possono dare problemi (a parte i residui solidi) sono contenute. Non si possono trarre conclusioni certe sulla formazione di diossine. Normalmente le condizioni di riduzione e le temperature elevate favoriscono la scissione e impediscono la formazione di diossine, come accade per le condizioni operative in alcuni processi.

## **ALTRE TECNOLOGIE DI RICICLAGGIO E DI RECUPERO INCLUSO IL CO-INCENERIMENTO**

Recentemente è stato sviluppato un nuovo processo di dissoluzione-precipitazione basato su principi fisici, senza rottura delle molecole polimeriche nei loro componenti. Il processo è stato appositamente creato per materiali compositi che contengono PVC e altri componenti. Il PVC viene separato dai componenti che costituiscono il materiale composito mediante dissoluzione selettiva, quindi tutto il composto di PVC viene rigenerato mediante precipitazione. In seguito, il PVC e gli altri componenti possono essere riutilizzati.

### **INCENERIMENTO**

I rifiuti di PVC destinati all'incenerimento vengono trattati per lo più negli inceneritori di rifiuti urbani. Questi rifiuti si ritrovano anche negli inceneritori degli ospedali, poiché queste strutture utilizzano diverse applicazioni in PVC. All'interno della Comunità vengono incenerite circa 600.000 tonnellate di rifiuti di PVC all'anno. Il PVC rappresenta il 10% circa dei rifiuti di plastica inceneriti e lo 0,7% circa del totale dei rifiuti inceneriti.

Tra il 38% e il 66% del cloro contenuto nei flussi di rifiuti destinati all'incenerimento proviene da rifiuti di PVC. Le altre fonti principali sono le sostanze putrescibili (circa il 17%) e la carta (10%). In media si può calcolare che il 50% circa del cloro presente negli inceneritori è dovuto alla presenza di PVC.

Quando vengono inceneriti, i rifiuti di PVC generano nel gas di scarico acido cloridrico (HCl) che deve essere neutralizzato, a meno che non venga utilizzata una speciale tecnologia che consente di riutilizzare l'HCl. Attualmente questa particolare tecnologia viene utilizzata solo in 5 impianti in Germania e 3 impianti sono in costruzione. Tutti i gas acidi generati durante l'incenerimento dei rifiuti solidi urbani (oltre all'HCl, soprattutto ossidi di zolfo) devono essere neutralizzati prima di poter liberare nell'atmosfera il gas rimanente. La normativa comunitaria prevede già dei valori limite d'emissione per l'acido cloridrico, che attualmente sono tuttavia in corso di revisione in vista dell'introduzione di limiti più ridotti.

Per rientrare nei valori limite d'emissione dell'HCl, vengono iniettati degli agenti di neutralizzazione, soprattutto calce, che servono a neutralizzare i componenti acidi del gas di scarico. Esistono quattro processi di neutralizzazione principali:

- a secco,
- a semisecco,
- a semiumido e
- a umido.

Per ulteriori informazioni su questi processi consultare la Tabella 3.

Il contributo che l'incenerimento dei rifiuti di PVC potrebbe dare alle emissioni di diossine è stato al centro di un importante dibattito scientifico, essendo il PVC il materiale che attualmente contribuisce in misura maggiore alla formazione di cloro negli inceneritori. Tra il 1993 e il 1995 il contributo dato dagli inceneritori alle emissioni totali di diossine all'interno della Comunità è stato pari a circa il 40%.

Sono stati valutati i principali oneri ambientali prodotti dai tre scenari, ivi inclusi i relativi effetti sulla salute umana. Per quanto possibile, e quindi con una particolare attenzione agli effetti sull'inquinamento atmosferico, sono stati valutati i costi esterni associati a ciascun scenario. Dai calcoli relativi a tutti gli scenari emergono benefici dal punto di vista ambientale. In base ai valori che nello studio sono considerati la stima "migliore" per ciascuno degli oneri esaminati, i benefici stimati per i tre scenari ammontano rispettivamente a 190, 140 e 50 € per tonnellata "dirottata" per il periodo 2000-2020. A questi risultati contribuiscono in larga misura, in primo luogo, le mancate emissioni derivanti dalla trasformazione del PVC vergine (nel caso del riciclaggio ad alta qualità) e, in secondo luogo, le mancate emis-

sioni derivanti dagli inceneritori (incluse le emissioni indirette associate alla trasformazione degli agenti di neutralizzazione).

#### DISCARICA

La messa in discarica è il sistema più comunemente usato per lo smaltimento dei rifiuti di PVC. Non sono disponibili cifre precise in merito ed esistono notevoli differenze tra le varie stime effettuate, che arrivano fino a 2,9 milioni di tonnellate di rifiuti di PVC messe in discarica ogni anno. Si stima che, negli ultimi 30 anni, siano già state messe in discarica diverse decine di milioni di tonnellate di rifiuti di PVC. Nel 2001 gli Stati membri dovranno attuare le disposizioni della Direttiva 1999/31/CE sulla messa in discarica dei rifiuti. Ai sensi della direttiva, le discariche devono soddisfare una serie di requisiti tecnici riguardanti la protezione del terreno e delle acque, tra cui la raccolta del colaticcio, l'impermeabilizzazione del letto e il controllo delle emissioni di gas. Tutti i materiali messi in discarica, PVC incluso, sono soggetti a diverse condizioni reattive, determinate da parametri quali temperatura, umidità, presenza di ossigeno, attività di microorganismi e dall'interazione tra i diversi parametri nelle varie fasi del processo di invecchiamento delle discariche. Si possono distinguere quattro fasi principali:

breve fase aerobica iniziale,

fase anaerobica acidogenica (durata variabile, superiore a quella della fase aerobica),

fase anaerobica metanogenica (fino a diversi secoli),

fase aerobica finale.

In caso di incendi accidentali nelle discariche, i prodotti di PVC contribuiscono sicuramente alla formazione di diossine e furani, però attualmente non è possibile valutare in quale misura, a causa delle difficoltà inerenti alla raccolta dei dati necessari.

#### ALTRI ASPETTI ORIZZONTALI RELATIVI AL PVC

L'analisi condotta in questo documento si concentra su due aspetti principali: l'uso di additivi nel PVC e la gestione dei rifiuti di PVC. Nell'ambito di un'ampia consultazione in materia di PVC emergono tuttavia anche altri aspetti più generali e orizzontali. Per quanto riguarda il tipo di strumenti utilizzabili per attuare una strategia comunitaria orizzontale relativa al PVC, è disponibile una serie di misure, obbligatorie e volontarie:

Iniziativa volontarie, tra cui l'attuazione degli impegni volontari esistenti, a livello nazionale e comunitario, nonché lo sviluppo di iniziative volontarie nuove. Come detto più sopra, *l'industria europea del PVC ha sottoscritto un impegno volontario sullo sviluppo sostenibile del PVC*. Anche se questo rappresenta un importante primo passo, è ancora necessario lavorare per garantire una partecipazione effettiva dell'industria al raggiungimento degli obiettivi comunitari in questo ambito. Va sottolineato che i servizi della Commissione stanno preparando una Proposta di regolamento quadro riguardante gli accordi comunitari in materia ambientale da sottoporre al Consiglio e al Parlamento per l'approvazione.

Potrebbero essere proposte misure legislative. Per esempio potrebbero essere presentate una Proposta di direttiva sul PVC che affronti le problematiche legate alla gestione dei rifiuti di PVC e altre misure legislative che affrontino l'uso degli additivi sulla base di tutte le valutazioni scientifiche esistenti, inclusi i risultati delle valutazioni di rischio. Inoltre potrebbero essere adottate alcune raccomandazioni per favorire l'attuazione di una strategia comunitaria.

Potrebbe essere proposto un insieme di strumenti diversi, che combini impegni volontari, raccomandazioni e regolamenti, nonché adeguamenti della normativa esistente. Una tale serie di strumenti sarebbe in linea con il concetto di co-regolamentazione, un *approccio mirante a combinare strumenti volontari e obbligatori*.

Oltre a un approccio basato sulla gestione dei rifiuti di PVC e sugli additivi, è stata sollevata la questione di una politica di sostituzione potenziale per determinate applicazioni di PVC, atta alla promozione di prodotti più sostenibili nell'ambito di una politica integrata sui prodotti. Tale politica sostitutiva potrebbe investire determinate applicazioni che non possono essere separate dal flusso dei rifiuti generici e, quindi, sono difficili da riciclare, per esempio imballaggi, autoveicoli, apparecchiature elettriche ed elettroniche. Una potenziale politica sostitutiva andrebbe sostenuta da una valutazione completa e oggettiva dei principali impatti ambientali sia del PVC, sia dei potenziali sostituti durante il loro completo ciclo di vita. Questo documento si concentra sul tema dell'approccio ai problemi ambientali creati dal PVC principalmente attraverso politiche in materia di additivi e di gestione dei rifiuti.

#### CONCLUSIONI

Nel presente documento sono state individuate ed espresse alcune problematiche, riguardanti l'impatto ambientale e sulla salute umana del PVC. Queste sono per lo più associate all'uso di determinati additivi e alla gestione dei rifiuti di PVC. Sulla base dell'analisi condotta sono state identificate alcune alternative che potrebbero garantire un approccio efficace alla gestione dei rifiuti e agli additivi, da valutarsi alla luce dei risvolti ambientali ed economici, con l'intento di ridurre l'impatto del PVC sulla salute umana e sull'ambiente durante il suo ciclo di vita. È stata proposta una consultazione pubblica sul PVC sulla base di queste alternative. A questo proposito la Commissione invita tutte le parti interessate a discutere e a preparare osservazioni sul presente documento in vista dell'udienza pubblica che verrà organizzata nel mese di ottobre 2000.

Sia le precisazioni tecnologiche degli Allegati, sia i riferimenti bibliografici sono riportati nel testo originale del LIBRO VERDE della CEE sul PVC (2000).

#### FTALATI

*N.B. Una parte delle pubblicazioni sugli ftalati sono già state trattate nella sezione del POLIVINILCLORURO, questi riferimenti sono in larga parte più recenti.*

Gli ftalati sono additivi che vengono inclusi, come ammorbidenti, nella composizione di moltissimi prodotti industriali ma specialmente di materie plastiche costituite da PVC, allo scopo di rendere i manufatti più flessibili eliminando la loro intrinseca rigidità (Fay et al., 1999). Tra i principali prodotti che possono contenere il bis(2-etilesil)ftalato (DEHP), l'ammorbidente più comune, questi autori annoverano le vernici, gli inchiostri, le piastrelle per pavimenti, le tappezzerie, le tende per doccia, le calzature, le borse di plastica, i fogli di plastica per involgere cibi, i giocattoli per bambini, e le tubature per uso medico-sanitario. Gli stessi ricercatori segnalano che tale molecola può essere rinvenuta nelle discariche dei rifiuti urbani.

La molecola dello ftalato migra fuori anche dal prodotto solido che l'ha contenuta con una velocità costante e si diffonde nell'ambiente, nel suolo, nell'aria, nell'acqua, nei cibi. Essa non esprime una grave tossicità acuta, ma può provocare danni in seguito all'esposizione prolungata di settori di popolazioni più suscettibili, come le donne gravide ed i bambini (Latini, 2000).

Più recentemente, Latini et al. (2004) confermano che gli ftalati, introdotti dagli anni 1930 come ammorbidenti del PVC - altrimenti rigido - per conferirgli flessibilità, vengono rilasciati dai manufatti di plastica, col tempo e

con l'uso, e si diffondono nell'ambiente diventando inquinanti ubiquitari. Questi autori sottolineano che i bambini sono ritenuti la popolazione più a rischio essendo esposti attraverso numerose sorgenti: latte materno, formulati di latte per l'infanzia, alimenti nipiologici, aria di ambienti confinati, polvere dell'aria, contenente *DEHP*, assunta per via cutanea o per via gastroenterica.

Un settore di popolazione più a rischio di esposizione agli ftalati è costituito dai pazienti sottoposti ad emodialisi per insufficienza renale. L'organismo di questi soggetti si carica della molecola di ammorbidente liberata dai tubi di PVC-*DEHP* in cui scorre il sangue verso e dallo strumento di dialisi il quale, da parte sua, non estrae lo ftalato. Questo fenomeno è considerevole dal momento che i trattamenti dialitici si ripetono costantemente e frequentemente. Gli autori di questa pubblicazione (Dine et al., 2000) sottolineano che questo tipo di esposizione può essere prevenuto se si scelgono con cura i tubi di plastica per dialisi.

Un esempio delle possibilità di miglioramento della nocività degli ammorbidenti presenti nel PVC, ottenuto con una diversa combinazione di ftalati è stato fornito da Kambia et al. (2001). Questi ricercatori hanno impiegato, in venti pazienti sottoposti ad emodialisi di mantenimento, tubi di PVC additivato con solo *DEHP* o con una miscelazione di *DEHP* e di *TOTM* (*trioctyltrimellate*). Nel secondo caso di ammorbidimento, il rilascio di ftalato è stato statisticamente minore che non nel primo.

McKee et al. (2000) hanno riferito sugli studi eseguiti da un Comitato di Esperti del Centro Nazionale per il Programma Tossicologico di Valutazione dei Rischi per la Riproduzione Umana (*NTP-CERHR*) su sette esteri dello ftalato: *DBD*, *BBP*, *DnHP*, *DEHP*, *DnOP*, *DINP*, e *DIDP*.

La letteratura scientifica ha riportato che il *DEHP* è responsabile, negli animali sperimentali, di nocività sia per l'apparato riproduttivo maschile sia per quello femminile. Rais-Barami et al. (2004) hanno descritto infertilità dell'animale sperimentale, con oligospermia nel maschio e disfunzioni ovariche nella femmina.

Gray et al. (2000) hanno trovato che questo ftalato agisce come anti-androgeno nelle fasi della differenziazione sessuale, provocando malformazioni dell'apparato riproduttivo con: demascolinizzazione, riduzione della distanza ano-genitale, agenesia dei capezzoli, ritenzione dei testicoli, ipospadia, agenesia dell'epididimo, presenza di una tasca vaginale, ipotrofia od agenesia delle ghiandole genitali accessorie nell'adulto.

Gli effetti nocivi degli ftalati sulla riproduzione e sullo sviluppo sono stati confermati da Foster et al. (2001).

Lowekamp-Swan e Davis (2003) hanno trovato in laboratorio, su modelli con animali sperimentali, che gli ftalati, prodotti, usati e diffusi in quantità considerevoli, svolgono un'attività nociva per l'apparato riproduttivo femminile, ed hanno pubblicato dati scientifici utili per comprendere il rischio potenziale di tali molecole per la donna. Questi autori hanno descritto un abbassamento della concentrazione ematica dell'estradiolo, un prolungamento del ciclo dell'estro, e un'anovulazione nell'animale maturo.

Di recente, anche Koch et al. (2006) hanno sottolineato che le donne gravide devono essere protette dall'esposizione a dosi eccessive del *DEHP*.

L'esposizione del feto e del neonato al *DEHP* può colpire anche altri punti critici dello sviluppo oltre all'apparato riproduttivo. Essi sono: fegato, rene, polmone, cuore, secondo Tickner et al. (2001). Questi autori suggeriscono che la sostituzione del PVC con altri materiali plastici potrebbe ridurre l'esposizione alla diossina che deriva dalla produzione e dallo smaltimento del PVC, oltre i rischi propri del VCM.

Il bambino infante succhia regolarmente oggetti solidi, eventualmente giocattoli di materiale plastico ammorbidito con ftalati, contenuti in genere per il 30-45 % in peso, e può estrarne dinamicamente una discreta parte mediante la saliva, ingerendola senza indugio (Bouma e Schakel, 2002).

Koch et al. (2003) hanno determinato, nell'urina di 85 soggetti adulti di nazionalità tedesca, i metaboliti dei principali ftalati, trovando che tale popolazione è esposta al *DEHP* più gravemente del previsto, e sostengono che il *DEHP* è della massima importanza riguardo ai problemi per la salute pubblica non solo in seguito all'entità della sua produzione, del suo uso, della sua diffusione e della sua onnipresenza, ma soprattutto perché è un potente perturbatore endocrino, tanto da essere nocivo per la riproduzione e per lo sviluppo.

L'azione di perturbazione del sistema endocrino e di nocività per lo sviluppo ad opera di certi ftalati è confermata dalla ricerca di Adibi et al. (2003) che hanno studiato in parallelo due coorti di 30 donne gravide ciascuna, una a New York, l'altra a Krakow (Polonia). Gli autori hanno trovato una considerabile esposizione agli ftalati, e che la via inalatoria, in questi casi, è apparsa un'importante via di esposizione al *DEHP*.

Tali prerogative di questo ftalato, tanto diffuso nell'ambiente, sono confermate da Koch et al. (2004) secondo i quali il bambino è gravemente suscettibile alla perturbazione del sistema endocrino.

Koo e Lee (2005) hanno condotto una ricerca su donne e su bambini in Korea ed hanno segnalato una volta in più che il *DEHP* è teratogeno, oltre che perturbatore del sistema endocrino.

Alcune ricerche hanno messo in evidenza che il *DEHP* può essere veicolato dai cosmetici, anche se in concentrazioni modeste: lacca per capelli, profumi, deodoranti e netta-unghie (Koo e Lee, 2004). Tale possibilità di inquinamento ambientale per via dei cosmetici, anche se gli autori esprimono perplessità sui rischi ad essa collegata, è stata confermata da Hubinger e Havery (2006) che hanno studiato la composizione di 48 prodotti cosmetici: prodotti per parrucchieri, deodoranti, lozioni e creme, preparati per le unghie, profumi, e saponi per il corpo.

Altre recenti ricerche (Shea, 2003) hanno riferito che gli ftalati, aggiunti al PVC come ammorbidenti - conferirgli flessibilità e durata - negli animali sperimentali, sono stati trovati responsabili di morte fetale, di malformazioni, e di nocività per la riproduzione. Questo autore ha segnalato che due dei principali ftalati (il *DEHP* e il *DINP*), contaminanti ubiquitari, presenti nel cibo, nell'aria di ambienti confinati, nei suoli, nei



**sedimenti di fondo dei corpi idrici, sono divenuti causa di particolare preoccupazione e quindi oggetto di ricerche più approfondite in relazione con le esposizioni pediatriche.**

***Fin qui sono stati riferiti i risultati della ricerca scientifica. È doveroso, per un approccio etico, riferire anche ciò che è stato recentemente divulgato dalla consorceria internazionale di produttori e di rivenditori di composti di plastica resi flessibili e più duraturi mediante ftalati (Google, DEHP, immagini, 12/12/06):***

**GLI ESPERTI CONFERMANO CHE NON ESISTONO RISCHI PER LA SALUTE UMANA DA PARTE DEL *DEHP*, pertanto non è necessaria alcuna riduzione di rischio per la popolazione generale.**

**IL RISCHIO COLLEGATO CON GLI AMMORBIDENTI DEL PVC È CHIARAMENTE ESAGERATO.**

**LE CONCENTRAZIONI DEGLI FTALATI NELLA POLVERE DELLE ABITAZIONI NON SONO FONTE DI PREOCCUPAZIONE.**

**È SULLA BASE DELLE DIFFERENZE DI SPECIE ESISTENTE TRA UOMO E RODITORI CHE LA *IARC*, PER CONTO DELLA *WHO*, HA CONFERMATO CHE IL *DEHP* NON È CANCEROGENO.**

***L'autore della presente nota lascia il lettore libero di scegliere ma ricorda la congiura del silenzio postulata da Silbergeld (1997).***