

## Tutto sul PVC

Storia, produzione, trasformazione, mercato e sostenibilità attuale e futura. Tutto quello che avreste voluto sapere su una delle materie plastiche più diffuse al mondo. [Aggiornato settembre 2015]

### PREMESSA

Lo scopo di questo documento è quello di dare un aggiornamento sulla evoluzione del [PVC](#) e della sua filiera produttiva, in particolare in Italia, e dare dimostrazione dell'importanza di tale industria e di come abbia operato negli ultimi anni per raggiungere sempre più elevati livelli di sostenibilità ambientale e di salvaguardia della salute dei lavoratori operanti nel settore e dei consumatori.

Si vuole dare una informazione basata su fatti e dati tecnici oggettivi e scientifici a tutti ed in particolare a chi, sulla base di valutazioni emotive e prese di posizione preconcepite, vede ancora il PVC come un materiale da non utilizzare ed in difficoltà.

**Uno dei più studiati.** Innanzitutto vogliamo sottolineare che il PVC è senza alcun dubbio uno dei prodotti più studiati e conosciuti dal punto di vista tecnico-industriale, scientifico e regolatorio di compatibilità con la salute e l'ambiente. Per far ciò, oltre ad una descrizione degli sviluppi tecnologici che hanno coinvolto i processi di produzione della filiera del cloro/PVC polimero e della sua trasformazione, sono indicati e presi a riferimento studi di settore sviluppati non solo dalla stessa industria del PVC ma anche, e soprattutto, da Istituzioni internazionali ed europee.



**Difetti o virtù?** Molte volte posizioni preconcepite fanno diventare difetti i pregi. Di seguito due esempi:

- il fatto che i prodotti in PVC siano resistenti alla degradazione, che qualcuno vede come difetto è in effetti un pregio; le nuove tecnologie/sistemi di riciclo fanno sì che la vita media già lunga di molti prodotti in PVC è di molto allungata. L'allungamento della vita in uso porta anche un significativo risparmio in termini di consumo di risorse non rinnovabili che deve aggiungersi al fatto positivo che il PVC polimero è composto per solo il 43% da risorse non rinnovabili quali il petrolio;
- i cavi in PVC sono talvolta valutati superficialmente in modo negativo a causa della presenza di cloro senza tener conto che il PVC è un materiale difficilmente infiammabile ed autoestinguente, con un basso calore di combustione rispetto ai materiali alternativi e non produce gocce fuse durante un incendio.

**Importanza della filiera.** L'industria del PVC è un'industria "matura" che nasce nel 1936 e i cui processi di produzione sono stati in grado di adeguarsi ai sempre più restrittivi standard per la

protezione dei lavoratori, consumatori ed ambiente. Il PVC è allo stesso tempo un prodotto di “massa” e la sua industria è “rilevante” sia a livello nazionale (oltre 1000 aziende di trasformazione e ca 22.500 addetti diretti), europeo (circa 200.000 addetti diretti con stima indicativa di oltre 4.000 aziende ) e mondiale.

Quindi l'industria del PVC ed i prodotti in PVC sono una realtà importante economicamente e socialmente e come tutte le altre industrie e prodotti ha molti pregi e magari qualche difetto sicuramente perfezionabile ma che comunque rispetta le attuali regolamentazioni.

L'importanza della filiera industriale del PVC in Italia è stata evidenziata attraverso uno studio (disponibile su richiesta) finanziato dal PVC Forum Italia e sviluppato da Plastic Consult che ha evidenziato per l'Italia (2010):

1. l'impatto sociale della filiera in termini di numero di addetti diretti ed indiretti e fatturato,
2. punti di forza e di debolezza dovuti alla specifica situazione italiana,
3. azioni che i vari soggetti interessati (aziende, Istituzioni e Organi di Regolamentazione) potrebbero portare avanti per supportare la filiera nell'incrementare le sue capacità produttive e quindi occupazionali.

### **PVC: COS' È, COME SI PRODUCE**

**Cos'è il PVC.** Il policloruro di vinile è una delle materie plastiche più utilizzate al mondo. Il consumo mondiale di PVC ha superato nel 2014 oltre 30 milioni di tonnellate, mentre il consumo in Europa si è attestato sulle 8 ml di tonnellate. In Italia sono state trasformate nel 2014 circa 650.000 tonnellate di PVC.

Il polimero si ottiene dalla polimerizzazione del cloruro di vinile monomero. Il polimero che è formato dal 57% di cloro, proveniente dal sale da cucina, e per il restante 43% da carbonio ed idrogeno, viene additivato con altre sostanze, come stabilizzanti e lubrificanti, per conferirgli specifiche caratteristiche fisico-meccaniche allo scopo di dare le idonee caratteristiche prestazionali necessarie ai molti tipi di manufatti per la cui produzione il PVC può essere usato.

**Produzione del PVC.** Il polimero del Cloruro di Vinile, scoperto a metà dell'800, è una polvere bianca. E' infatti dell'inizio del 900 il primo brevetto sul processo produttivo per la sintesi del cloruro di vinile monomero (CVM) via acetilene ed acido cloridrico. Successivamente ulteriori brevetti sono stati sviluppati per la produzione del CVM attraverso il processo di cracking del dicloroetano (DCE); il DCE può oggi essere prodotto sia con la reazione tra etilene e acido cloridrico sia con la sintesi diretta tra etilene e cloro.

Anche il processo di polimerizzazione è stato sottoposto a continui sviluppi tecnologici sia allo scopo di velocizzare la reazione di polimerizzazione che per produrre PVC a pesi molecolari (lunghezza della catena di unità monometriche) diversi e più idonei a dare al manufatto le specifiche caratteristiche prestazionali volute.

Il polimero per essere trasformato in prodotto finito con le caratteristiche desiderate deve essere additivato con altre sostanze; quindi insieme al processo di polimerizzazione sono state continuamente sviluppati sistemi di additivazione sempre più capaci di rendere il PVC non solo più lavorabile ma anche capace di presentare le migliori caratteristiche prestazionali per ciascun manufatto finale.

## TUTTO SUL PVC

Media 2006-2014	Valore %
Edilizia/costruzioni	34,22%
Imballaggio	15,48%
Elettricità	7,96%
Cartotecnica	5,22%
Mobile/arredamento	4,43%
Tempo libero	3,42%
Agricoltura	2,36%
Calzature/abbigliamento	1,60%
Elettrodomestici	1,36%
Trasporto	1,61%
Telecomunicazioni	1,95%
Diversi*	10,64%
Export compound	9,72%
<b>Totale</b>	<b>100%</b>

**A cosa serve.** Il PVC è una delle materie plastiche più diffuse e utilizzate al mondo in migliaia di applicazioni, dall'edilizia all'imballaggio alimentare e farmaceutico, dai presidi medico-chirurgici ai materiali per la protezione civile, dalla cartotecnica alla moda e al design. Di seguito sono elencati i principali settori applicativi del PVC (valore medio 2006-2014 in Italia – elaborazione su dati Plastic Consult).

*\*Articoli medicali, usi tecnici, altri (valigeria/pelletteria, lastre espanse, nastri trasportatori, etc).*

**Il futuro del PVC.** Proprio le capacità di innovazione tecnico-prestazionale che di sostenibilità delle produzioni e dei prodotti, fanno del PVC un materiale sempre nuovo e sempre più aderente ai tempi e alle necessità del momento della Società e del Mondo. A questo proposito si rimanda al programma di sostenibilità della filiera del PVC europea VinylPlus e, per quanto riguarda i risultati ottenuti, al Progress Report emesso ogni anno in cui sono ufficializzati i risultati raggiunti.

E' importante sottolineare infatti il contributo che la filiera del PVC sta dando:

- all'ottenimento di prodotti ad elevata prestazione ma a costi accessibili a tutti anche in momenti di crisi economica come quello vissuto in questi anni;
- alla riduzione delle emissioni di gas serra,
- alla riduzione dei consumi di energia e materie prime non rinnovabili attraverso le nuove tecnologie di riciclo meccanico, come materia prima o come energia,
- all'utilizzo di sostanze sempre più compatibili con l'ambiente e la salute, in alcuni casi anche in anticipo rispetto a quanto è stato e verrà ancora richiesto nel futuro dal Regolamento REACH,
- al Made in Italy,
- all'economia nazionale con le sue oltre 1200 aziende di produzione e trasformazione (a cui devono essere aggiunti gli assemblatori ed i distributori).

### IMPORTANZA SOCIO ECONOMICA DELLA FILIERA DEL PVC IN ITALIA

Proprio a conferma di quanto in premessa, vogliamo dare un quadro dell'importanza socio-economica dell'intera filiera del PVC nazionale, dalla produzione della resina alla produzione di compound, dall'industria delle macchine di trasformazione alla trasformazione vera e propria, ricordando il contributo che il PVC dà e potrà ancor più dare alla crescita del Made in Italy.

## TUTTO SUL PVC

**Qualche numero sul settore.** L'aggiornamento di una precedente indagine del 2002-2003 promossa nel 2010 dal PVC Forum Italia, sulla filiera produttiva del PVC in Italia, ha confermato il peso e l'importanza della filiera sull'intero sistema industriale nazionale:

- oltre 1.000 il numero di aziende coinvolte nella filiera di produzione/trasformazione. A queste devono aggiungersi le migliaia di piccole aziende che utilizzano i manufatti in PVC, tra cui per esempio gli installatori/assemblatori di profili.
- ca 45.500 gli addetti direttamente coinvolti nel sistema produttivo (ca 22.500) o nell'indotto e nei settori a valle (altri 23.000 ca)
- oltre 8.000 ml € il fatturato annuo

Naturalmente i valori socio-economici di oggi sono leggermente minori di quelli elaborati nel 2010, in cui si faceva riferimento ad una trasformazione di 800.000 tonnellate del 2010 contro le attuali 650.000 tonnellate, ma danno comunque un'immagine dell'importanza della filiera di trasformazione del PVC per l'Italia che, nonostante l'impatto negativo della crisi, è sempre seconda solo alla Germania.

**Il mercato italiano.** Di seguito vengono riportati i dati (dal sito [www.pvcforum.it](http://www.pvcforum.it) dell'associazione italiana del PVC) relativi alla trasformazione di PVC in Italia nel periodo 2006-2014, cioè prima e durante l'attuale crisi mondiale. Vengono anche riportate le tonnellate di PVC polimero trasformato in Italia suddiviso per ciascun settore applicativo ed evidenziati quei settori in cui il PVC è particolarmente coinvolto.

	2014		2013		2012		2011		2010		2009		2008		2007		2006	
	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%
Estrusione tubi	96.000	14,8	91.000	14,2	101.000	15,5	118.000	16,2	131.000	17,2	143.000	20	168.000	20	180.000	18	194.000	20,1
Estrusione prof. fileti per infissi	15.000	2,3	19.000	3,0	19.000	2,9	21.500	2,9	22.000	2,9	23.000	3	26.000	3	26.000	3	25.000	2,6
Estrusione altri prof. fileti	75.000	11,5	76.000	11,8	78.000	11,8	90.000	12,3	94.000	12,4	98.000	13	109.000	13	123.500	13	120.000	12,4
Estrusione film	3.500	0,5	3.000	0,5	2.500	0,4	3.000	0,4	3.000	0,4	2.500	0	4.500	1	7.000	1	4.500	0,5
Calend. dreture	88.000	13,5	90.000	14,1	107.000	16,2	117.500	16,1	130.000	17,1	118.000	16	146.000	17	178.000	16	186.500	19,3
Altre tecnologie	32.000	4,9	32.000	5,0	34.000	5,2	39.500	5,4	42.000	5,5	42.500	6	48.000	6	58.500	6	46.500	4,8
Export compound	25.500	3,9	29.000	4,5	26.500	4,0	25.500	3,5	23.000	3,0	23.000	3	22.500	3	24.000	3	28.500	3
<b>TOTALE PVC RIGIDO</b>	<b>335.000</b>	<b>51,5</b>	<b>340.000</b>	<b>53,1</b>	<b>368.000</b>	<b>55,8</b>	<b>415.000</b>	<b>56,8</b>	<b>443.000</b>	<b>58,6</b>	<b>445.000</b>	<b>61</b>	<b>525.000</b>	<b>61</b>	<b>597.000</b>	<b>61,1</b>	<b>605.000</b>	<b>62,7</b>
Rivestimento cavi	65.000	10,0	62.000	9,7	62.000	9,4	68.000	9,3	67.000	8,8	65.000	9	78.500	9	93.000	10	90.000	9,3
Estrusione tubi/pro fileti	66.000	10,2	67.000	10,5	66.000	10,0	73.000	10,0	73.000	9,6	72.000	10	80.000	9	87.500	9	73.500	7,6
Estrusione film/foglie	21.500	3,3	19.000	3,0	17.000	2,6	19.000	2,6	17.000	2,2	17.000	2	18.500	2	21.000	2	22.000	2,3
Calend. dreture	28.500	4,4	27.500	4,3	27.000	4,1	30.000	4,1	31.000	4,1	30.000	4	34.000	4	42.000	4	38.000	3,9
Spalmature	32.500	5,0	35.000	5,5	35.500	5,4	37.000	5,1	39.000	5,1	33.000	5	40.500	5	44.000	5	41.000	4,2
Altre tecnologie	38.000	5,8	33.500	5,1	33.000	5,0	40.000	5,5	43.000	5,7	35.000	5	42.000	5	47.500	5	52.000	5,4
Export compound	63.500	9,8	56.000	8,8	51.500	7,8	48.000	6,6	45.000	5,9	33.000	4,5	41.500	4,8	45.000	4,6	43.500	4,5
<b>TOTALE PVC PLASTIFICATO</b>	<b>315.000</b>	<b>48,5</b>	<b>300.000</b>	<b>48,9</b>	<b>292.000</b>	<b>44,2</b>	<b>315.000</b>	<b>43,2</b>	<b>315.000</b>	<b>41,4</b>	<b>285.000</b>	<b>39</b>	<b>335.000</b>	<b>39</b>	<b>380.000</b>	<b>38,9</b>	<b>380.000</b>	<b>37,3</b>
<b>TOTALE PVC</b>	<b>650.000</b>	<b>100</b>	<b>640.000</b>	<b>100</b>	<b>660.000</b>	<b>100</b>	<b>730.000</b>	<b>100</b>	<b>760.000</b>	<b>100</b>	<b>730.000</b>	<b>100</b>	<b>860.000</b>	<b>100</b>	<b>977.000</b>	<b>100</b>	<b>965.000</b>	<b>100,0</b>

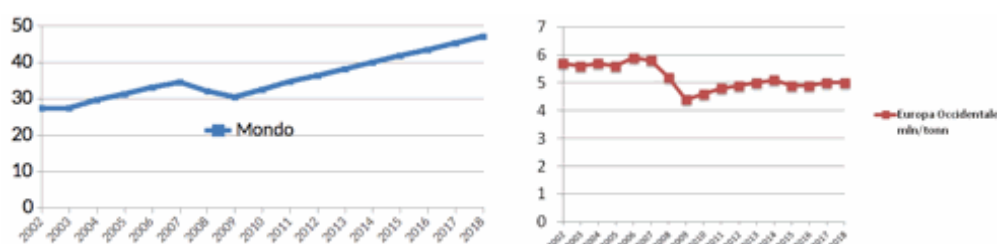
**Così in Europa.** La mappatura delle capacità produttive nell'Europa a 27, riportata da un documento ufficiale dell'UE di qualche anno fa (documento BREF sulla definizione delle migliori tecnologie di produzione dei polimeri nella parte relativa al PVC), evidenziava una capacità massima di produzione di PVC polimero di ca 7,2 milioni di tonnellate.

## TUTTO SUL PVC

Nel 2006, il mercato europeo del PVC (comprese Est Europa e Turchia) è risultato essere di ca 8.100.000 tonnellate e, senza la crisi si poteva prevedere un fabbisogno di oltre 9.000.000 di tonnellate nel 2011-2013.

Purtroppo la crisi economica ha modificato gli scenari previsionali del 2006. Prendendo ad esempio l'Europa occidentale, come si può vedere dal seguente grafico, vi è stata una forte riduzione (circa del 20%) delle quantità di PVC prodotto e trasformato in Europa occidentale in linea con la riduzione delle altre plastiche.

Il trend storico del mercato del PVC e le ultime previsioni al 2015 del mercato mondiale del PVC elaborati da ECVM/PlasticsEurope, l'associazione europea delle materie plastiche, è mostrato di seguito (in milioni di tonnellate):



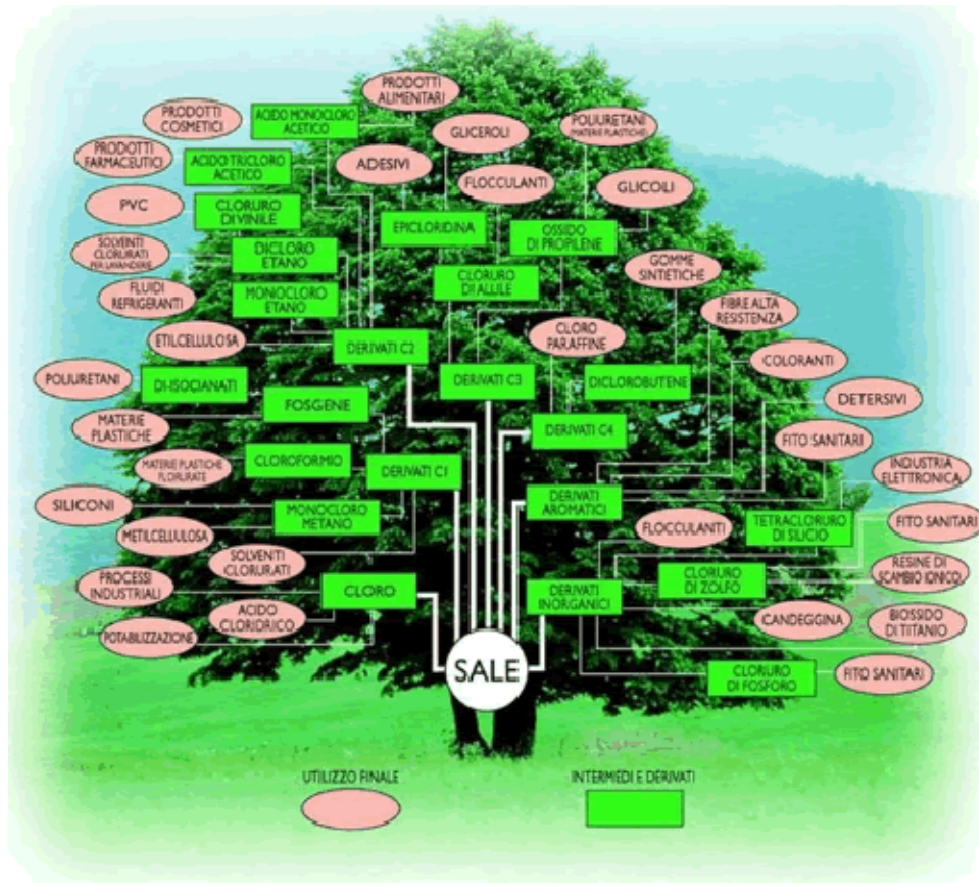
Dai due diagrammi precedenti risulta evidente che, senza alcuna azione di supporto all'industria e al mercato interno, per ritornare ai quantitativi trasformati in Europa occidentale e di conseguenza anche in Italia, prima del 2008, bisognerà attendere ben oltre il 2016 previsto all'inizio della crisi, mentre altre aree del mondo hanno già registrato un significativo recupero.

### LE MATERIE PRIME ED IL PROCESSO DI PRODUZIONE DEL PVC POLIMERO

Il PVC deriva da 2 risorse naturali: sale (57%) e petrolio (43%). L'elettrolisi del cloruro di sodio (sostanzialmente il sale da cucina) produce cloro e soda caustica (NaOH). Il cloro, che è il composto alogeno più abbondante in natura, è essenziale per tutta l'industria chimica come il sale lo è per la vita. Infatti oltre l'85% dei prodotti farmaceutici e oltre la metà dei prodotti chimici dipendono dalla chimica del cloro.

La figura seguente "l'albero del cloro" illustra le principali famiglie di prodotti derivanti dalla chimica del cloro (Fonte: [www.cloro.org](http://www.cloro.org)).

# TUTTO SUL PVC



Sul sito [www.eurochlor.org](http://www.eurochlor.org) è possibile consultare l'elenco degli impianti produttivi attivi in Europa, con indicazioni su capacità produttiva, tecnologia di produzione e localizzazione geografica.

Di seguito, sempre da fonte Eurochlor, vengono inoltre evidenziate la produzione europea di cloro e i settori applicativi in cui il cloro prodotto viene utilizzato riferiti al 2013:

## TUTTO SUL PVC

EUR. CHLORINE PRODUCTION 2013	KTONNES	%
GERMANY	4,271	45.2
BELGIUM + THE NETHERLANDS	1,527	16.1
FRANCE	1,024	10.8
FI + NO + SE + PL	752	8.0
PT + CH + GR + RO + UK	758	8.0
SPAIN	481	5.1
CZ + SK + HU + AT	412	4.4
ITALY	229	2.4
<b>TOTAL EURO CHLOR</b>	<b>9,454</b>	<b>100.0</b>

EUR. CHLORINE APPLICATIONS 2013	KTONNES	%
PVC	3,157	33.0
ISOCYANATES e OXYGENATES	2,873	30.0
INORGANICS	1,434	15.0
OTHER ORGANICS	909	9.5
EPICHLOROHYDRIN	477	5.0
CHLOROMETHANES	440	4.6
SOLVENTES	271	2.8
<b>TOTAL</b>	<b>9,561</b>	<b>100.0</b>

Poiché oltre 1/3 del cloro prodotto viene utilizzato nel PVC, qualora in Europa l'industria di produzione del PVC fosse messa in difficoltà, non solo si avrebbe un forte negativo impatto sulla produzione di cloro ma anche sull'industria chimica in generale con il rischio di delocalizzazione verso Paesi extra europei.

Come prima detto, la produzione di cloro comporta inevitabilmente la produzione di soda NaOH che è una importante materia prima per molti settori industriali e merceologici e viene utilizzata per la neutralizzazione di sostanze acide, nell'industria della detergenza, nella produzione dei saponi, nel trattamento acque e nell'industria della carta.

Per poter produrre PVC il cloro viene fatto reagire con l'**etilene** proveniente da impianti cracking del petrolio per formare prima il dicloroetano (**EDC**) che poi viene trasformato in cloruro di vinile monomero (**CVM**). Le molecole del CVM vengono unite in un processo chiamato polimerizzazione per formare la resina: una polvere bianca e fine che, una volta mescolata agli additivi, conferisce al PVC le sue qualità speciali.

**Processo produttivo.** Il PVC viene prodotto principalmente attraverso processi in sospensione ed in emulsione. Viene prodotto anche con il processo in massa ed il monomero utilizzato per produrre copolimeri cloruro di vinile – acetato di vinile, in ambedue i casi la richiesta di mercato è poco significativa.

Le tecnologie di produzione del PVC sono state oggetto di ricerche approfondite nel corso dei decenni, soprattutto per ciò che concerne il loro impatto sull'ambiente e sulla sicurezza dei lavoratori e sulle emissioni inquinanti.

Oggi su tutti gli impianti di produzione di PVC possono essere utilizzati processi con controllo automatico, a ciclo chiuso e con sistemi di contenimento e abbattimento delle emissioni, tali da consentire livelli di sicurezza, sia per i lavoratori, che per le popolazioni residenti in prossimità degli stabilimenti, e notevolmente superiori ai pur stringenti limiti imposti dall'attuale normativa in materia.

Di seguito alcuni dettagli sui processi produttivi della catena di produzione del PVC a partire dagli impianti di produzione di cloro e di DCE. Per semplicità non viene descritto invece il processo di produzione di etilene.

### Produzione di cloro

Il cloruro sodico disciolto in acqua e sottoposto ad elettrolisi si scinde in cloro, idrogeno, idrato sodico. Dopo i necessari trattamenti di purificazione, l'idrogeno viene destinato alla combustione. L'idrato sodico in soluzione acquosa viene in parte utilizzato nello stabilimento di produzione come neutralizzatore di acidità, mentre la maggior parte è venduto per gli usi industriali e civili. Il cloro viene per lo più destinato alla produzione di Dicloroetano (DCE) via clorurazione diretta con etilene. Talvolta una piccola quantità può essere destinata alla produzione nello stesso sito produttivo di ipoclorito sodico in soluzione, prodotto che trova il suo utilizzo principalmente negli usi civili.

### Dicloroetano (DCE) e cloruro di vinile (CVM)

La produzione di Dicloroetano via clorurazione diretta avviene tramite una reazione tra cloro ed etilene, ad una certa temperatura ed in presenza di un apposito catalizzatore di reazione.

Dai prodotti della sintesi del DCE (dicloroetano) si ottengono per condensazione una fase liquida e una gassosa, oltre, naturalmente, al DCE grezzo. L'acqua di processo, dopo il recupero delle sostanze organiche clorate e dei residui di catalizzatore in essa contenuti, viene avviata ad un idoneo sistema di trattamento acque, mentre i gas di reazione, dopo il recupero del DCE (sotto forma di tracce) in essi contenuto, vengono inviati ad un impianto di termodistruzione.

Il DCE grezzo deve essere purificato per separare i sottoprodotti più leggeri e più pesanti (le cosiddette "teste" e "code") i quali vengono poi avviati a recupero o a termodistruzione. Il DCE una volta purificato può essere inviato in forni di cracking dove ad alte temperature viene scisso in cloruro di vinile (CVM) e in acido cloridrico.

L'acido cloridrico in uscita dal forno di cracking viene fatto reagire di nuovo con etilene in un reattore affinché con una reazione di Oxyclorurazione venga di nuovo convertito in DCE per essere ritornato in alimentazione dei forni di cracking.

IL CVM, dopo opportuna purificazione, viene stoccato ed inviato (via tubazione o anche via nave) agli impianti di polimerizzazione per produrre il PVC.

### Produzione di polivinilcloruro (PVC)



# TUTTO SUL PVC

Il CVM viene alimentato in reattori agitati insieme ad altri additivi quali catalizzatori di reazione, sospendenti, antiincrostanti. I reattori sono raffreddati ad acqua, con o senza condensatore supplementare di raffreddamento. Alla fine della fase di polimerizzazione il reattore contiene del CVM che non ha reagito (8-15% del totale reagito a secondo del tipo di PVC desiderato) ed una sospensione acquosa di particelle solide di PVC.

La tecnologia attualmente disponibile consente ed assicura il recupero pressoché totale del monomero attraverso le seguenti operazioni, tutte rigorosamente a circuito chiuso:

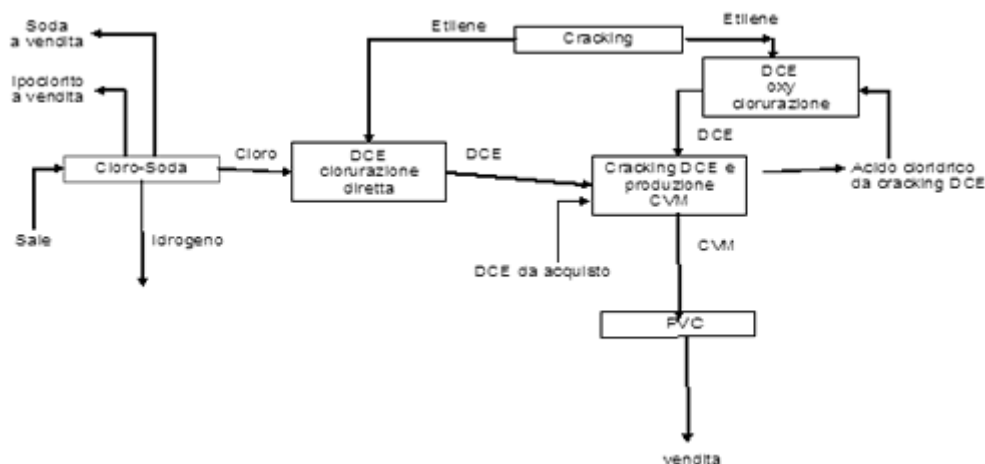
- scarico della fase gassosa nel circuito del CVM;
- estrazione in corrente di vapore (strippaggio) del monomero presente nella torbida;
- lavaggio e bonifica del reattore. Dopo lo strippaggio il polimero contiene ancora tracce di CVM.
- 
- Una volta effettuata la fase di strippaggio del monomero, le particelle solide di PVC vengono inviate nella successiva fase di essiccamento, previa centrifugazione nel caso del PVC sospensione, per l'eliminazione dell'acqua di cui era rimasto imbevuto. Anche in fase di polimerizzazione i vari sfiati finiscono al termodistruttore e l'acqua della torbida è inviata a impianto di trattamento. L'aria di essiccamento, invece, viene immessa direttamente in atmosfera previa depurazione delle polveri in essa contenute.

Il complesso dei trattamenti previsti per una corretta gestione ambientale consente di abbassare la concentrazione degli inquinanti immessi nell'ambiente molto al di sotto dei limiti di legge nazionali o locali (di solito più restrittivi) e talvolta al di sotto delle soglie di rilevanza analitica. Di seguito si riporta uno schema del flusso produttivo di un ciclo integrato di produzione di PVC.

## Produzione di polivinilcloruro (PVC)

Il complesso dei trattamenti previsti per una corretta gestione ambientale consente di abbassare la concentrazione degli inquinanti immessi nell'ambiente molto al di sotto dei limiti di legge nazionali o locali (di solito più restrittivi) e talvolta al di sotto delle soglie di rilevanza analitica. Di seguito si riporta uno schema del flusso produttivo di un ciclo integrato di produzione di PVC.

## Flusso produttivo di un ciclo integrato di produzione

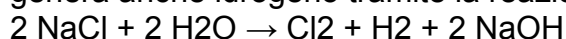


### L'INNOVAZIONE DEI PROCESSI DI PRODUZIONE: DAL CLORO ALL'ECVM CHARTER

**Celle a membrana in sostituzione di celle a mercurio e celle a diaframma.** Il cloro viene prodotto per elettrolisi di cloruro di sodio sciolto in acqua. Per moltissimi anni è stata utilizzata la tecnologia di elettrolisi tramite celle ad amalgama di mercurio, ma oggi esistono altri tipi di elettrolisi che eliminano completamente i problemi ambientali e per la salute legati alle vecchie tecnologie: le celle a membrana. In pochissimi anni in Europa dovrebbe essere completata la sostituzione della tecnologia delle celle a mercurio e a diaframma con quella delle celle a membrana con alcuni impianti di produzione che potrebbero essere riconvertiti ed altri che potrebbero essere definitivamente chiusi.

Oltre a eliminare l'impatto ambientale del mercurio, la nuova tecnologia delle celle a membrana permette di ridurre di almeno il 25% il consumo di energia per produrre cloro con la corrispondente riduzione delle emissioni di gas serra (CO<sub>2</sub> equivalente).

**Produzione di idrogeno come combustibile pulito.** Insieme al cloro, il processo di elettrolisi genera anche idrogeno tramite la reazione chimica seguente:



Una molecola di cloro produce una molecola di idrogeno che può essere utilizzato come combustibile. Esso è considerato un combustibile "pulito" in quanto genera energia senza produrre CO<sub>2</sub>, quindi senza emettere gas serra.

**Processi di polimerizzazione a ciclo chiuso.** È stata sviluppata nell'ultimo decennio la tecnologia di polimerizzazione cosiddetta "a ciclo chiuso" che ha evitato la necessità di aprire il reattore dopo ogni singolo processo di polimerizzazione. Il processo a ciclo chiuso garantisce l'effettuazione di decine e decine di cicli di polimerizzazione e l'apertura del ciclo viene decisa solo quando si ritiene necessario controllare lo stato di pulizia del reattore stesso o effettuare interventi programmati di manutenzione.

**Ridotti consumi di acqua.** La produzione della resina di PVC necessita di acqua per far avvenire e controllare la reazione di polimerizzazione. Negli ultimi anni molti sforzi sono stati fatti per ridurre tali consumi di acqua di polimerizzazione ed oggi sono state messe a punto e disponibili (per esempio attraverso sistemi di ultrafiltrazione) tecnologie che permettono di riutilizzare la stessa acqua in un successivo processo di polimerizzazione. Con queste tecniche si può contenere, fino a dimezzarli, i consumi di acqua (cfr. "Investment in climate protection" in: PVC today - Summer 2010).

**Adozione e rispetto dell'ECVM Charter.** I produttori europei di PVC tendono costantemente a migliorare le efficienze dei loro impianti e a ridurre l'impatto ambientale degli stessi. A questo scopo tramite la propria associazione europea ECVM (European Council of Vinyl Manufacturers) hanno deciso di applicare un proprio "volontario" protocollo di riferimento, l'ECVM Charter, a cui tutti devono far riferimento per raggiungere i migliori standard ambientali. Il primo protocollo risale al 1995 e fissava i limiti di emissione in aria e acqua.

Fissare limiti sempre più restrittivi sia attraverso le normative che anche attraverso l'ECVM Charter ha spinto l'industria europea a mettere a punto ed adottare sempre più innovativi sistemi di contenimento ed abbattimento delle emissioni in aria ed acqua e ad ottimizzare al massimo il riciclo o la distruzione dei prodotti/sottoprodotti così contenuti/abbattuti.

Tra gli obiettivi dell'industria di produzione si sottolinea in particolare l'adozione di nuove tecniche e sistemi di monitoraggio dell'ambiente di lavoro che sono stati messi a punto per assicurare e garantire ambiente e salute. Tutte le aziende che hanno aderito nel tempo a questo protocollo sono sottoposte a verifiche da parte di Enti terzi i cui risultati sono pubblicati all'interno dei Progress report di Vinyl 2010 (cfr. [www.vinylplus.eu](http://www.vinylplus.eu)).

### ADDITIVAZIONE E TRASFORMAZIONE DEL PVC



Mentre il PoliVinilCloruro è un polimero, con il termine PVC normalmente si intende in realtà una miscela formata dal polimero e da altre sostanze che conferiscono le caratteristiche idonee alle applicazioni desiderate. A seconda delle varie applicazioni e manufatti, vengono impiegate diverse tipologie di additivi:

- Stabilizzanti che impediscono l'invecchiamento e la degradazione termica del prodotto,
- Plastificanti per conferire al prodotto flessibilità ed elasticità,
- Lubrificanti per facilitare la lavorazione della miscela nelle macchine trasformatrici o per conferire ai corrispondenti manufatti particolari caratteristiche, ad esempio la resistenza alla luce e all'atmosfera,
- Pigmenti per colorare.

La trasformazione può avvenire o direttamente da resina miscelata con gli additivi in fase di produzione del manufatto o anche attraverso una fase intermedia detta di compoundazione in cui viene prodotto un blend già predisposto per essere sottoposto alla tecnica di trasformazione desiderata.

### NUOVI ADDITIVI E NUOVE FORMULAZIONI

Di seguito vengono presentate con maggior dettaglio tre tra le più importanti famiglie di additivi ed in particolare evidenziate le sostanze che, utilizzate già da oggi, caratterizzeranno sempre più il PVC del futuro rendendolo sempre più sostenibile. Tra gli additivi che non sono state considerati in dettaglio in questo documento vi sono i **lubrificanti**, i **pigmenti** e i **filler**. Di seguito viene evidenziata comunque la loro importanza nel produrre dell'articolo in PVC e nel conferirgli la prestazione desiderata:

- lubrificanti: servono per abbassare la viscosità della massa polimerica e/o come agenti "scivolanti" tra il polimero e fuso e le pareti metalliche durante la lavorazione. Normalmente sono saponi metallici, cere minerali o paraffiniche siliconi, etc

## TUTTO SUL PVC

---

- pigmenti: sono utilizzati sostanzialmente per dare il colore desiderato al manufatto, possono essere a base organica o a base inorganica e a seconda dell'applicazione devono soddisfare diverse necessità come per esempio il mantenimento del colore e la stabilità termica e/o alla luce.

- riempitivi o filler: per lo più particelle solide minerali (silicati, carbonati, etc), sostanzialmente chimicamente inerti che vengono incorporate nel PVC per migliorare alcune proprietà (scorrevolezza, miscibilità, resistenza all'urto, brillantezza superficiale, caratteristiche antinfiamma, etc) e, talvolta, permettono di ottimizzare i costi formulativi.

**Plastificanti.** I plastificanti sono le sostanze che vengono aggiunte alla plastica per renderla flessibile, resiliente e più facile da maneggiare. Molti prodotti, tra cui presidi chirurgici salvavita, cavi elettrici, film, tessuti sintetici per abbigliamento e calzature, componenti per l'industria dell'auto e pavimentazioni devono le loro caratteristiche di flessibilità e morbidezza proprio ai plastificanti utilizzati nella loro produzione. I plastificanti, ed in particolare gli ftalati, sono tra le sostanze chimiche più studiate da un punto di vista ambientale e tossicologico; negli anni scorsi attraverso un processo di 'Risk Assessment' condotto dalla Comunità Europea e, successivamente tramite regolamentazione REACH. A seguito di questi studi, i plastificanti, sono soggetti ad una strettissima regolamentazione che ne assicura l'utilizzo in tutta sicurezza. A livello Europeo è di particolare importanza il "regolamento 793/93/CE: valutazione e controllo del rischio delle sostanze esistenti".

### Principali tipologie di plastificanti

Ftalati a basso peso molecolare (< C8): DEHP, BBP, DBP, DIBP. Sono regolati nel loro utilizzo ed inseriti nell'annesso XIV del Regolamento REACH come "Substances of Very High Concern"; sono sempre meno utilizzati.

Ftalati a alto peso molecolare (> C8): DINP, DIDP, DUP, DIUP, DTDP, FTALATI LINEARI (C7-C9, C7-C11, C9-C11). Sono caratterizzati dall'ottimale bilanciamento dei criteri di selezione, idoneo per la maggioranza delle applicazioni. Altre caratteristiche sono la facilità di gelificazione, l'efficienza ed una volatilità che li rende utilizzabili per le applicazioni più comuni. Per quanto concerne le applicazioni, alcuni sono universali (i cosiddetti General Purpose) cioè adatti a tutte le applicazioni; altri plastificanti sono utilizzati specificamente per pavimentazioni e, in taglio con altri plastificanti speciali, per la produzione di compound destinati ad applicazioni varie; membrane per edilizia, rivestimenti vari per edilizia, interni auto, cavi per medio-alte temperature, plastisol per rivestimenti metallici, tessuti spalmati.

Esteri del cicloesano (DINCH). Incolore e con eccellenti prestazioni a basse temperature e bassa viscosità iniziale su plastisol. Applicazioni: è consigliato per l'uso in prodotti medicali, giocattoli e contatto con alimenti.

Trimellitati: TOTM (TEHTM), TM7-9, TM8-10. Eccellente resistenza alle alte temperature, da buona a ottima flessibilità alle basse temperature, processabilità comparabile o migliore di alcuni ftalati, resistenza alla migrazione, Applicazioni: cavi elettrici, cavi per cablaggi auto, interni auto, compound medicali.

Polimerici. Tra le caratteristiche si segnalano: resistenza alla migrazione a contatto con oli, grassi ed idrocarburi, resistenza alla migrazione a contatto con altri materiali termoplastici, adesivi, vernici, ecc., bassa volatilità, buona resistenza alle alte temperature. Applicazioni: cavi oleoresistenti, cavi resistenti alla migrazione, membrane resistenti al bitume, tubi per il passaggio di idrocarburi e/o liquidi alimentari, nastri adesivi, foglie per arredamento, cartellonistica, nastri trasportatori anche per contatto alimenti, scarpe/stivali di sicurezza.

Esteri Alifatici: DOA (DEHA), DINA, DIDA, DOS, DOZ. Caratteristiche: eccellente resistenza alle basse temperature, bassa viscosità su plastisol. Applicazioni: contatto con gli alimenti e altre

## TUTTO SUL PVC

---

applicazioni che richiedono resistenza alle basse temperature.

Esteri epossidici. Sono principalmente utilizzati come co-stabilizzanti. Fra gli esteri epossidici, l'ESBO è inserito in normative alimentari.

Altri plastificanti: Citrati, benzoati, Alchil Sulfonati, Cloroparaffine, DEHT, TXIB.

Bioplastificanti: sta prendendo sempre più piede negli ultimi anni una nuova famiglia di plastificanti prodotti da materie prime vegetali. I bio-plastificanti stanno sempre più offrendo un'alternativa atossica ed ecosostenibile ai plastificanti tradizionali come gli ftalati a basso peso molecolare, assicurando prestazioni simili.

Molte aziende italiane, europee e mondiali stanno mettendo in commercio bioplastificanti provenienti da differenti materie prime vegetali.

**Stabilizzanti.** La trasformazione del PVC passa sempre attraverso un processo termico che rischierebbe di degradare le catene polimeriche. Per prevenire questa possibilità e per garantire la durata del materiale, sono stati sviluppati una serie di composti chimici che ne evitano la degradazione e conferiscono ai manufatti le proprietà richieste: gli stabilizzanti.

Nel corso del tempo ed in funzione delle applicazioni, sono stati sviluppati sistemi sempre più complessi che permettono di ottenere prestazioni superiori, nel rispetto della sicurezza e dell'ambiente:

- stabilizzanti a base di **calcio**, principalmente utilizzati per film rigidi e film atossici per usi alimentare e farmaceutico nonché per sostituire gli stabilizzanti a base di piombo;
- stabilizzanti **liquidi**, utilizzati per applicazioni varie in PVC plastificato, lastre e rivestimenti suolo;
- stabilizzanti a base di **stagno**, utilizzati principalmente per PVC rigido, compreso film atossici per usi alimentare e farmaceutico.



Oltre agli aspetti ambientali, i nuovi sistemi stabilizzanti facilitano il riciclo degli articoli in PVC, perseguendo gli obiettivi di VinylPlus (Vinyl 2010), associazione che attua a livello europeo il programma previsto dall'Impegno Volontario dell'industria del PVC.

Un primo obiettivo raggiunto nel 2001 è stato quello di eliminare l'utilizzo del cadmio come stabilizzante per la produzione di manufatti in PVC. Un altro impegno riguarda gli stabilizzanti al piombo in Europa (EU-28) che sono stati progressivamente banditi e saranno totalmente sostituiti per la fine del 2015 soprattutto grazie all'uso di sistemi a base di calcio (Calcio-Zinco e Calcio organici). Nel 2014 il consumo degli stabilizzanti al piombo nell'EU-28 risulta diminuito del 86% rispetto al 2007.

I principali sistemi di stabilizzazione delle mescole di PVC sono quindi significativamente cambiati negli ultimi anni e gli stabilizzanti oggi utilizzati sono:

## TUTTO SUL PVC

---

- Stabilizzanti a base di calcio :il consumo\* ha raggiunto circa 92.000 tonnellate nel 2014, mentre gli stabilizzanti al piombo scendevano sotto le 14.000 ton.
- Stabilizzanti allo Stagno: principalmente utilizzati per film rigidi e film atossici per usi alimentare e farmaceutico, hanno avuto un consumo\* di 11.000 ton. nel 2014 in EU 28. Alcuni tra gli stabilizzanti allo stagno (quali il DBT e DOT) hanno subito delle restrizioni nell'uso (Annex XVII del Regolamento Reach). Sono comunque disponibili sul mercato o in fase di sviluppo prodotti sostitutivi per la maggioranza delle applicazioni.
- Stabilizzanti liquidi (comunemente denominati Liquid Mixed Metals): il consumo\* ha raggiunto le 13.000 ton. nell'anno 2014.
- 

*\*Vendite in EU 28 di stabilizzanti formulati, riportate dai produttori soci della ESPA.*

Come si può intuire dal successo dei nuovi sistemi alternativi al piombo, le prestazioni e i costi di questi nuovi stabilizzanti sono sostanzialmente analoghi ai prodotti tradizionali e consentono l'eliminazione di sostanze potenzialmente pericolose (es. cadmio, piombo, ecc.) con ovvi benefici sia nella filiera produttiva che nell'intero ciclo di vita dei manufatti.

**Antifiamma.** Composti organici contenenti cloro frenano la reazione di combustione; quindi il PVC che contiene cloro nella catena polimerica è già di per sé una materia plastica con ottima resistenza alla fiamma. Talvolta però l'aggiunta di altri additivi, tra cui in particolare i plastificanti (vedi cap 5.2), riduce proporzionalmente tale proprietà.

Nella progettazione di manufatti flessibili antifiamma sono possibili tre linee di intervento per una corretta formulazione del prodotto:

- 1) la scelta del plastificante;
- 2) la scelta di un additivo antifiamma;
- 3) l'aggiunta di materiali inerti (cariche) antifiamma.

Di seguito sono elencate le sostanze con caratteristiche antifiamma che sono oggi disponibili sul mercato per conferire al manufatto in PVC le opportune caratteristiche di resistenza alla fiamma:

- Plastificanti: alchil aril fosfati; triaril fosfati; cloroparaffina.
- Additivi ritardanti di fiamma: triossido di antimonio; zinco borato; zinco stannato e zinco idrossistannato.
- Cariche: idrossido di magnesio; alumina triidrata.

E' necessario altresì tenere presente che le direttive comunitarie antifiamma già in vigore in alcuni settori (come il settore delle pavimentazioni, dell'arredamento e delle carte da parati) e in via di definizione in altri, richiedono oltre alla resistenza alla fiamma anche una bassa emissione di fumi. In tal caso gli additivi da usare sono sempre gli stessi ma i rapporti variano a favore dei prodotti con maggior efficienza verso i fumi che nell'ordine sono:

- alchil aril fosfati
- zinco borato
- zinco stannato / zinco idrossistannato
- idrossido di magnesio
- alumina triidrata

### COMPOUND

I compound di PVC si ottengono miscelando la resina di PVC con i diversi additivi (stabilizzanti, plastificanti, lubrificanti, filler e pigmenti), necessari per fornire al prodotto le caratteristiche desiderate. I compound possono essere in granuli o in "dry blend".

I granuli si ottengono riscaldando la miscela desiderata e inviandola ad un estrusore. Dagli estrusori escono “spaghetti” omogenei di compound di PVC che vengono tagliati da lame apposite in forma di granulo. In forma “dry blend”, invece, il polimero viene miscelato con gli additivi necessari, setacciato e imballato come polvere asciutta.

I compound di PVC vengono impiegati per una vastissima gamma di applicazioni quali: profili in espanso, rivestimenti, soglie, profili finestra, profili trasparenti o colorati vari, condutture, profili per persiane avvolgibili, canalette per cavi elettrici. Ma anche manufatti stampati a iniezione, spine e prese elettriche, scocche per computer, curve e raccordi, articoli tecnici; cavi elettrici (isolamento/protezione), cavi cross-lincabili, profilati e cavi trasparenti.

Il compound di PVC può essere di fatto assimilato ad una materia prima attraverso la quale produrre il manufatto finale.

### TECNICHE DI TRASFORMAZIONE

**Calandratura.** Derivata dalle tecniche di produzione dell'industria cartaria e della gomma, la calandratura è stata il primo procedimento adottato per la lavorazione delle materie plastiche ed è divenuta di largo uso soprattutto per la trasformazione del PVC in film e fogli di varia larghezza e spessore, con un'ampia gamma di finiture superficiali.

Le principali applicazioni sono: fogli e lastre per la successiva termoformatura in imballaggi o componenti sagomati, fogli rigidi e plastificati, più o meno sottili, per l'industria cartotecnica o per la stampa (per es. carte di credito) per tovagliati, abbigliamento, rivestimenti murali e decorativi, tende o altri particolari per l'arredamento.

Processo: Il materiale plastico viene dapprima addizionato con stabilizzanti, lubrificanti, coloranti, ecc., e successivamente trattato a caldo in apposite macchine, nelle quali viene trasformato in una massa omogenea. Viene quindi immesso nella calandra vera e propria, costituita da una serie di cilindri paralleli (in numero variabile tra 4 e 5) e via via più vicini tra loro. All'uscita della calandra il semilavorato passa alla bobinatrice, se in film, o al taglio, se in lastra.



**Estrusione.** È il procedimento di trasformazione delle materie plastiche attualmente più diffuso e impiegato prevalentemente, ma non esclusivamente, per la produzione di manufatti continui come tubi, profilati (importante il segmento telai per finestre), film sottili, rivestimenti continui, cavi e fili, ecc. Il corpo principale della macchina impiegata in questo processo, detta trafilatura o estrusore, è costituito da un cilindro entro il quale ruota una vite senza fine. Per accelerare i tempi di lavorazione e migliorare le caratteristiche di alcuni prodotti si vanno diffondendo estrusori a due o più viti.



Nella lavorazione, la miscela di PVC è immessa nella tramoggia nel cilindro, ove viene progressivamente riscaldata fino a fusione, anche per effetto del lavoro meccanico della vite stessa che, ruotando la omogeneizza e la trasporta, sospingendola verso il foro d'uscita. Questo, detto filiera o matrice, è sagomato secondo il profilo che si vuol dare al manufatto: può essere quindi a sezione piatta per la produzione di film o di laminati, a sezione di corona circolare per la produzione di tubi o film tubolari, a sezione elaborata per la produzione di profilati. All'uscita della filiera il prodotto viene raffreddato in modo che assuma definitivamente la forma voluta. La tecnica dell'estrusione è talvolta abbinata alla tecnica del soffiaggio per la produzione di corpi cavi (ad esempio bottiglie).

**Soffiaggio.** È la tecnica usata per la produzione di oggetti cavi a corpo unico, come bottiglie e flaconi, in una infinita gamma di dimensioni, forme e colori, trasparenti e opache. La resistenza del PVC agli oli e grassi e la sua inerzia chimica lo rendono idoneo a contenere un'ampia gamma di prodotti, da quelli alimentari ai detersivi, ai prodotti farmaceutici e cosmetici. La tecnica del soffiaggio è sempre abbinata ai procedimenti di estrusione (in prevalenza) o di presso-iniezione. Nell'abbinamento estrusione-soffiaggio, dopo aver introdotto e chiuso uno spezzone di tubo plastico entro lo stampo, viene immessa aria in modo da "gonfiarlo" e farlo aderire perfettamente alle pareti dello stampo stesso, che costituisce l'impronta negativa dell'oggetto. Dopo una breve pausa per il raffreddamento, lo stampo viene aperto, il manufatto estratto ed il ciclo ricomincia.

**Metallizzazione.** I film calandrati in PVC rigido possono essere sottoposti a successivi trattamenti di nobilitazione, tra i quali ricordiamo la metallizzazione, ottenuta per sublimazione di alluminio sotto vuoto spinto. Il film metallizzato trattato con lacche trasparenti e colorate, è largamente utilizzato per i prestigiosi effetti estetici che consente di ottenere, ad esempio, nel confezionamento della regalistica e dei dolciumi (caramelle, cioccolatini uova pasquali, etc.).

**Iniezione-soffiaggio.** Nella tecnica di iniezione-soffiaggio, la materia plastica allo stato semifluido viene dapprima iniettata attorno ad un cannello di soffiaggio, quindi chiusa nello stampo. Immettendo aria attraverso il cannello il materiale plastico aderisce alle pareti dello stampo, analogamente a quanto avviene nell'estrusione-soffiaggio.

**Stampaggio a iniezione.** È il processo dove esiste probabilmente il maggior numero di variabili su cui agire per ottenere un conveniente valore del rapporto prestazione/costo nel manufatto. Lo stampaggio ad iniezione permette di produrre oggetti o componenti anche molto complessi (dal corpo delle macchine da scrivere e dei calcolatori alle protesi artificiali da trapianto) con grande precisione di particolari.





Le tecniche usate sono di due tipi, in relazione alle caratteristiche della pressa. Nella pressa a pistone il materiale plastico è immesso in un cilindro riscaldato, dove viene reso fluido e spinto da un pistone verso un piccolo ugello. Nella pressa a vite il materiale plastico, immesso nel cilindro riscaldato, viene spinto verso l'ugello da una vite rotante. In ambedue i casi il materiale, riscaldato fino alla fusione, viene iniettato a pressione in uno stampo fino a riempirne completamente la cavità. Avvenuta la solidificazione per raffreddamento, può essere aperto lo stampo per estrarne il manufatto.

**Espansione.** L'espansione è una tecnica di lavorazione con la quale si varia il peso specifico del polimero di partenza per ottenere materiali più leggeri a struttura cellulare, con applicazioni nell'isolamento termico e acustico, nelle finte pelli, nelle strutture alleggerite (tubi e profilati, battiscopa, ecc.). Gli espansi in PVC possono essere rigidi, semi rigidi, flessibili, in funzione della formulazione impiegata e del grado di espansione. La struttura cellulare può essere ottenuta mediante:

- miscelazione di gas allo stato fluido;
- liberazione di gas durante la fase di riscaldamento da parte di agenti espandenti precedentemente miscelati alla resina;
- liberazione di gas a seguito di reazioni chimiche fra sostanze già contenute nella miscela opportunamente predisposta.

**Termoformatura.** La termoformatura permette di modellare per effetto della pressione i film termoplastici rigidi, convenientemente riscaldati (ma senza raggiungere la temperatura di fusione), realizzando alveolature e cavità. Le proprietà del PVC permettono di ottenere così imballaggi, anche trasparenti, modellati in corrispondenza alla forma dell'oggetto da contenere, come per esempio i blister dei prodotti farmaceutici.

Nella termoformatura sotto vuoto la lastra di materiale plastico viene fissata ad un supporto sovrastante lo stampo e riscaldata. Viene poi aspirata l'aria dallo spazio che separa il foglio plastico dallo stampo, creandovi una depressione: il foglio plastico viene spinto contro lo stampo dalla pressione atmosferica sovrastante, e ne assume la forma.

Nella termoformatura sotto pressione, invece, la lastra plastica riscaldata viene fatta aderire allo stampo dalla pressione esercitata mediante aria compressa (a 3-5 atmosfere).

**Rivestimento.** Le tecniche usate per rivestire con materiali plastici le superfici di altri materiali sono essenzialmente due:

- rivestimento per immersione in letto fluido o in plastisol;
- rivestimento per spalmatura.

Nell'immersione, usata soprattutto per rivestire oggetti di metallo, la materia plastica in polvere è tenuta in sospensione con una corrente di aria calda in un ambiente chiuso. L'oggetto da rivestire, pre-riscaldato, è introdotto in questo "letto fluido" cosicché la polvere aderisce alla sua superficie

formando uno strato dello spessore voluto. È quindi immesso in un forno di cottura dove il calore trasforma il rivestimento in uno strato continuo.

Lo stampaggio per "immersione in plastisol" consiste nell'immergere in un plastisol semi liquido, per breve tempo, stampi metallici o in porcellana, pre-riscaldati o no; dopo di che gli stampi vengono sollevati e si procede alla gelificazione in forno dello strato che si è depositato sulla loro superficie; a raffreddamento avvenuto l'estrazione dallo stampo si realizza senza particolari difficoltà data l'elasticità del prodotto. Questa tecnica viene impiegata nella fabbricazione di stivali, guanti, manopole, ecc.

Nella "spalmatura", che è la più importante fra queste tecnologie (impiegata soprattutto per plastificare un supporto di tessuto) un velo sottile di plastisol pastoso viene distribuito sul supporto da rivestire. Questo trattamento viene effettuato in impianti in continuo di grandi dimensioni: nella prima sezione di essi la pasta viene uniformemente distribuita, per azione di una "racla" (o spatola), sul supporto tessile da rivestire. Il nastro spalmato passa quindi in un forno caldo, dove avviene la gelificazione dello strato di plastica, e infine attraverso cilindri di raffreddamento e di goffatura. Con questo procedimento si realizzano le finte pelli supportate da tessuti di tipo tradizionale, o anche da "tessuti non tessuti" in resine sintetiche.

**Stampaggio rotazionale.** È un procedimento di lavorazione applicabile a mescole di PVC in polvere (dry blends) o sotto forma di pasta (plastisol). La mescola è introdotta in uno stampo cavo che viene collocato in un forno e fatto ruotare attorno a due assi perpendicolari; la forza centrifuga fa aderire la materia plastica allo stampo, opportunamente riscaldato, fino alla sua gelificazione; il pezzo viene poi raffreddato ed estratto.

Esempi di applicazioni:

- la produzione dei cruscotti per auto, articoli che in passato venivano realizzati per termoformatura ed oggi invece, con la tecnologia più avanzata dello stampaggio rotazionale, direttamente da polvere;
- la produzione di bambole, palloni, ecc., ottenuti da plastisol.

### PRODOTTI E APPLICAZIONI DEL PVC

Di seguito sono riportati i molteplici manufatti che possono essere prodotti in PVC nei vari settori applicativi, di cui riportiamo anche la traduzione in inglese con la quale si trovano spesso in commercio.

EDILIZIA:

Piping and fittings for water distribution, irrigation and sewers: tubi e raccordi per la distribuzione dell'acqua, l'irrigazione e le fognature

Grey water recycling kits: attrezzature per il riciclo delle acque di scarico

Electrical conduits: condotti elettrici

Siding: rivestimenti per pareti

Awnings: tende da sole

Soffit: intradossi (parte superiore interna di arco o architrave)

Skirting: zoccolature

Weather stripping: sigilli per l'isolamento dagli agenti atmosferici

Gutters: grondaie

Downspouts: tubi pluviali

Decking & fencing: impalcature e recinzioni

Window: finestre

Door frames: strutture per porte

Cladding: rivestimenti

Landfill liners: rivestimenti per discariche

Geomembranes: geomembrane

Swimming pool liners: rivestimenti per piscine

Single-ply roofing: membrane per tetti a singolo strato

Conveyor belts: nastri trasportatori

Piping used in food processing, chemical processing & other manufacturing: tubi utilizzati nei processi alimentari, chimici e altre produzioni

Floor & wall coverings: coperture per pavimenti e pareti

Coated paneling: pannelli di rivestimento

Adhesives: adesivi

Maintenance coating: rivestimenti di mantenimento

### **IL RICICLO ED IL RECUPERO DEL PVC POST CONSUMO**

L'utilizzo di PVC riciclato aiuta a raggiungere gli obiettivi di efficienza delle risorse e consente di preservare risorse naturali. È stato calcolato che con il PVC riciclato è possibile ottenere un risparmio di CO<sub>2</sub> fino al 92%. La domanda di energia primaria del PVC riciclato è generalmente tra il 45% e il 90% inferiore rispetto alla produzione di PVC vergine (a seconda del tipo di PVC e del processo di riciclo).

Inoltre, secondo una stima prudenziale, per ogni kg di PVC riciclato vengono risparmiati 2 kg di CO<sub>2</sub>. Su questa base, il risparmio di CO<sub>2</sub> derivante dal riciclo di PVC in Europa è attualmente intorno a 1 milione di tonnellate l'anno.

Alcuni settori applicativi sono già normati (packaging, elettronici/elettrotecnici) e il riciclo avviene all'interno di sistemi di raccolta istituzionalizzati (Conai, Corepla, ecc.).

Per gli altri settori non regolamentati, i progetti di riciclo sono stati gestiti fino al 2010 nell'ambito del progetto Vinyl 2010 dell'industria europea del PVC e dai suoi network nazionali, in collaborazione con le associazioni settoriali dei convertitori, i riciclatori, le istituzioni preposte e le organizzazioni.

Nel 2011 con la firma del nuovo Impegno Volontario della filiera europea del PVC, VinylPlus, l'industria si è impegnata a riciclare 800.000 tonnellate/anno di PVC post consumo (con l'inclusione dei settori normati) entro il 2020, di cui 100.000 tonnellate con tecnologie di riciclo innovative.

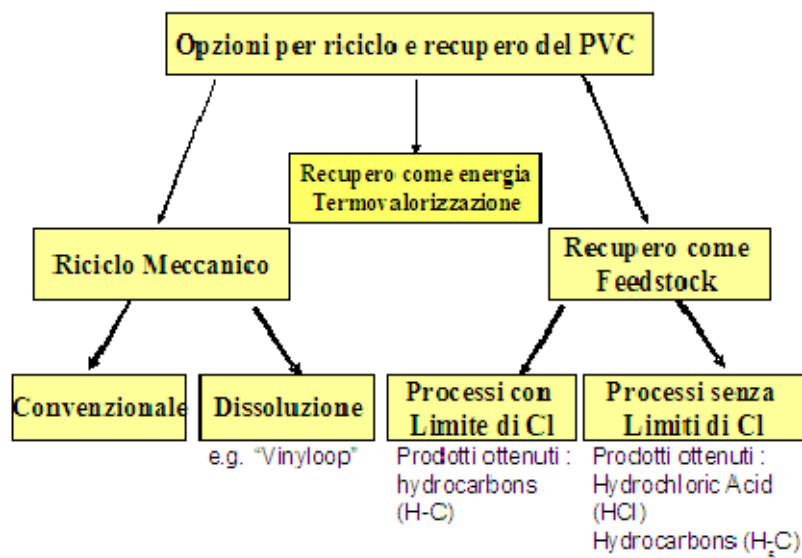
**Le opzioni del riciclo e del recupero del PVC.** Il PVC è un materiale riciclabile e concretamente riciclato. L'industria europea del PVC ha investito, sta investendo ed investirà allo scopo di aumentare significativamente gli attuali livelli di recupero, nello sviluppo di nuove tecnologie di riciclo in particolare nei seguenti campi:

- prevenzione per evitare i rifiuti (riutilizzo degli sfridi di lavorazione e riduzione dei rifiuti provenienti dagli impianti di produzione e trasformazione),
- riciclo meccanico del materiale di rifiuto (quando e ove possibile) nello stesso settore di provenienza,
- riciclo meccanico in settori alternativi,
- recupero come materia prima (feedstock) per altri settori produttivi,
- recupero dell'energia (termica e/o elettrica) ancora disponibile ed utilizzabile presente nei rifiuti di PVC.

Per quanto riguarda la termo-valorizzazione dei manufatti in PVC post consumo, le modifiche formulative richieste dalle nuove normative e da azioni volontarie della filiera del PVC, promosse anche dal PVC Forum Italia, hanno portato a:

- nuovi prodotti in cui sono sostanzialmente assenti i metalli pesanti ed altre sostanze pericolose con conseguente riduzione dei sottoprodotti da incenerimento;
- nuove tecnologie disponibili per l'abbattimento dei fumi e delle sostanze solide, anche attraverso un loro riutilizzo come previsto per esempio nel processo Neutrec.

Il riciclo meccanico ha un senso ecologico ed economico laddove vi siano quantità sufficienti di rifiuti omogenei, separati e selezionati con bassi livelli di contaminazione. In questi casi la qualità dei materiali riciclati spesso permette la produzione di prodotti uguali o simili. Prodotti come tubazioni, rivestimento di tetti e profili finestra vengono già riciclati. Il riciclo meccanico è possibile anche nel caso di plastiche mescolate. Richiede però un miglioramento della selezione e delle tecniche di riciclo.

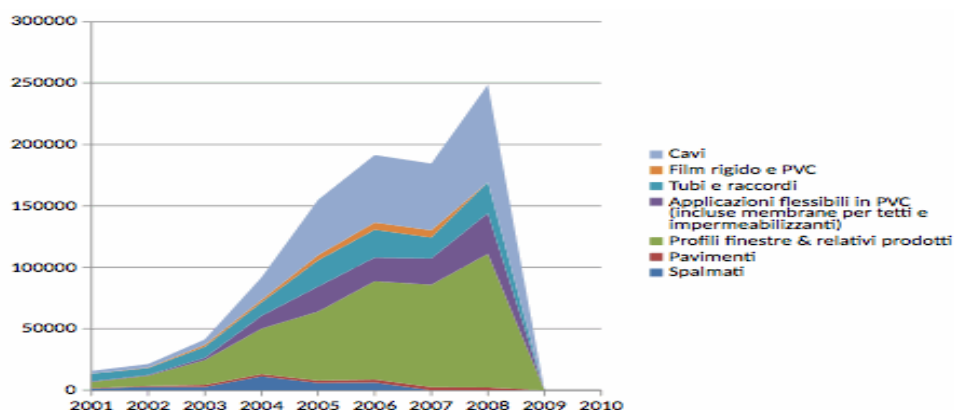


**Risultati del Programma Vinyl 2010.** Il programma decennale Vinyl 2010 si è concluso con il raggiungimento dell'obiettivo di riciclare ulteriori 200.000 tonnellate di PVC post-consumo rispetto ai volumi del 1999 con l'esclusione dei settori applicativi già normati per legge, come per esempio l'imballaggio.

Nel 2010, infatti, grazie agli schemi di raccolta e riciclo promossi da Vinyl 2010 sono state riciclate 260.842 tonnellate di PVC.

Questi schemi sono stati gestiti dall'industria europea del PVC nell'ambito di Vinyl 2010, in collaborazione con i network nazionali (tra cui il [PVC Forum Italia](#)), le associazioni settoriali dei convertitori, i riciclatori, le istituzioni preposte e un'organizzazione specifica: Recovinyl.

[Recovinyl](#) ha il compito di facilitare la raccolta, la selezione, lo smistamento e il riciclo di rifiuti misti in PVC post-consumo, provenienti principalmente dal settore edilizia e costruzioni ed opera oggi in quasi tutti i Paesi europei inclusi i nuovi Stati membri della UE. Dalla sua costituzione nel 2005 i volumi di PVC post-consumo riciclati sono saliti da 16.000 a 254.814 tonnellate/anno nel 2010.



**I risultati del programma VinylPlus nel periodo 2011-2014.** VinylPlus è il nuovo Impegno Volontario decennale per lo sviluppo sostenibile dell'industria europea del PVC. Lanciato nel 2011, il programma è stato sviluppato in un processo di dialogo aperto con le parti interessate: l'industria, le organizzazioni non governative (ONG), i legislatori, i rappresentanti pubblici e gli utenti. Sono state identificate cinque sfide chiave sulla base delle "System Conditions for a Sustainable Society" di The Natural Step relative a recupero e riciclo, riduzione delle emissioni,

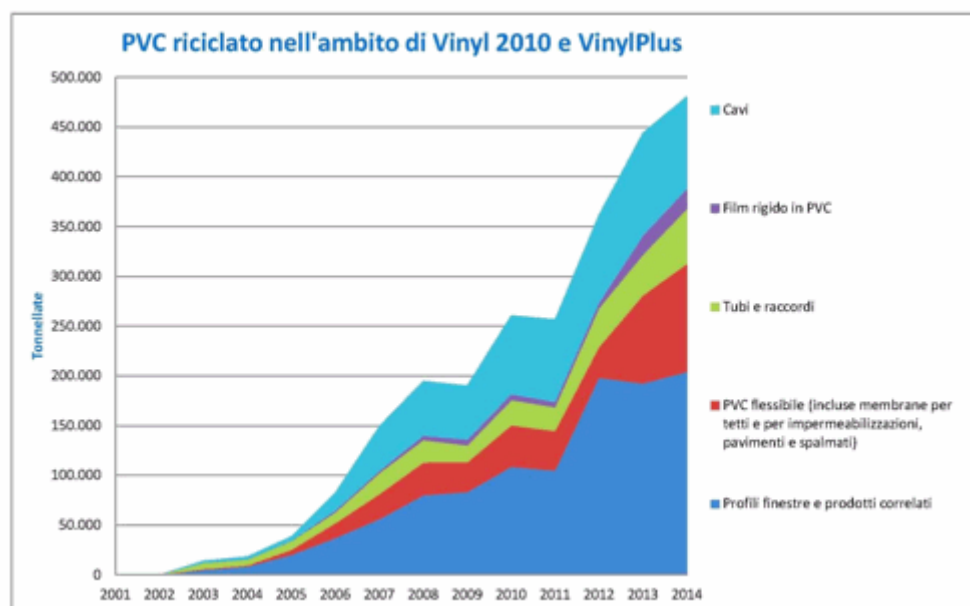
## TUTTO SUL PVC

uso sostenibile degli additivi, efficienza energetica e consapevolezza della sostenibilità. L'area interessata dal programma è l'Europa dei 27 più Norvegia e Svizzera ([www.vinylplus.eu](http://www.vinylplus.eu)).

Il nuovo Impegno Volontario prevede l'obiettivo di riciclare 800.000 tonnellate/anno di PVC entro il 2020, di cui 100.000 attraverso tecnologie innovative in grado di riciclare i rifiuti in PVC difficili da trattare. Nelle quantità da riciclare questa volta sono considerate anche il riciclo dei settori già normati per legge.

Come supporto a VinylPlus per lo sviluppo di sistemi di riciclo a "loop chiuso", attraverso il coinvolgimento di un sempre maggior numero di aziende trasformatrici, è stato creato Recovinyl. A Recovinyl ([www.recovinyl.com](http://www.recovinyl.com)) è stato dato inizialmente l'obiettivo di facilitare la costruzione di sistemi di collettamento e riciclo, mentre ora ha il compito di consolidare e rendere disponibili una sempre maggiore quantità di PVC da riciclare, per soddisfare quella domanda di PVC riciclato che essa stessa ha contribuito a creare. Compito di Recovinyl è anche quello di certificare le tonnellate riciclate che vengono poi ufficializzate attraverso l'annuale Progress Report.

Nel seguente diagramma sono riportati i dati relativi alle quantità riciclate per settore applicativo nel periodo 2001-2014.:



**Riciclo di PVC in Italia.** La produzione totale di riciclato in Italia è stimata in circa 65-70.000 tonnellate di cui la componente post-consumo è tra il 20 ed il 30% .

Come parte del PVC Network europeo, PVC Forum Italia non solo sostiene e collabora con i progetti integrati a livello europeo per lo sviluppo della raccolta e del riciclo di manufatti in PVC a fine vita, ma altresì ha promosso e promuove specifiche iniziative sul territorio.

Una di queste, promossa in collaborazione con Vinyl 2010, riguarda uno studio di fattibilità per verificare se sia possibile riutilizzare il PVC proveniente da demolizioni per alleggerire il cemento. Il cemento alleggerito, oggi prodotto con altri materiali plastici ed espansi, viene correntemente utilizzato principalmente per basamenti e soffitti, laddove occorre un materiale più leggero e con migliore isolamento acustico e termico.

Lo studio di fattibilità ha dimostrato, grazie ai dati tecnici ed economici ottenuti, che "è tecnicamente ed economicamente possibile utilizzare il PVC, proveniente da ristrutturazioni e demolizioni o da altre fonti, per produrre un cemento alleggerito commerciabile".

## TUTTO SUL PVC

---

In particolare lo studio ha dimostrato che, per molte applicazioni, il cemento alleggerito con PVC è competitivo rispetto a quello ottenuto con altri materiali, e che è possibile utilizzare PVC rigido, flessibile o misto. Il cemento alleggerito sperimentato per lo studio ha ricevuto la certificazione DICHIAR-A del Politecnico di Torino che ne attesta la sostenibilità.

Alcuni altri progetti di raccolta e riciclo di manufatti in PVC fine vita in Italia sostenuti dal PVC Forum sono stati:

- Il progetto **“Re-Win”** per valutare gli schemi esistenti di raccolta e riciclo dei serramenti in PVC a fine vita
- Il progetto di **“raccolta di PVC rigido in isole ecologiche”**.
- Il progetto **UPU**, sull'utilizzo di riciclato plastificato come strato interno di tubazioni per fognature,

I principali **mercati di sbocco** per il PVC rigido riciclato sono:

- Barriere antirumore
- Profili per recinzioni, parapetti
- Panchine in PVC miscelato ad altre plastiche
- Pedane antiscivolo
- Pavimentazioni o percorsi pedonali
- Paraurti angolari e orizzontali
- Rallentatori stradali
- Paraspruzzi per autocarri
- Sistemi di drenaggio e pavimentazione per stalle e percorsi ippici
- Blocchi e pareti di cemento alleggerito con PVC rigido o plastificato di riciclo.

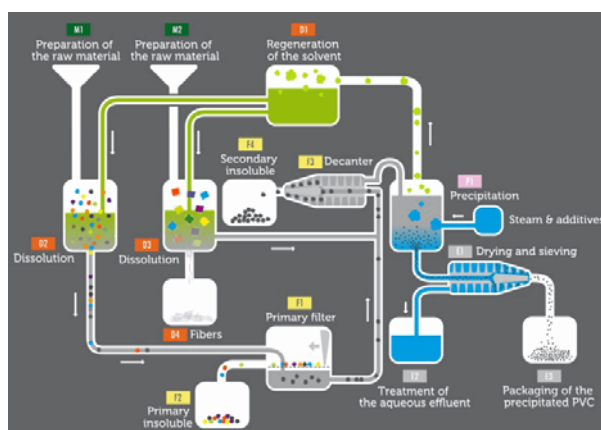


**L'impianto Vinyloop.** In Italia, sempre nell'ambito dei progetti supportati da Vinyl 2010/VinyIPlus, opera l'impianto Vinyloop® basato sulla tecnologia di riciclo chimico sviluppata da Solvay. L'impianto produce compound di PVC da rifiuti post consumo di manufatti composti di PVC rigido e plastificato. Attualmente Vinyloop® ricicla prevalentemente cavi in PVC post-consumo, ma è possibile anche riciclare altri manufatti sia rigidi che flessibili ed in particolare teloni, finte pelli, tessuti spalmati.

Nello stesso impianto di Ferrara vengono riciclati anche teloni in PVC tramite un processo simile, il processo Taxyloop®. Con questo processo si possono ottenere 580 kg di PVC riciclato, 410 kg di fibra e 10 kg di residuo decantato ogni 1.000 kg di teloni.

Oltre al PVC, anche le fibre ottenute sono di alta qualità, tanto che ne è stata certificata la conformità con lo standard Öko Tex 100 (lo standard ecologico tedesco per il tessile).

## TUTTO SUL PVC



Il processo VinyLoop è una tecnologia di riciclo fisico, a base solvente, per rifiuti e scarti di PVC a fine vita. Il prodotto ottenuto è un compound di PVC riciclato di alta qualità, simile al vergine. Il processo si avvale di una fase di dissoluzione selettiva in solvente (miscela brevettata) seguita da una filtrazione in due fasi, la seconda delle quali decisamente più sofisticata ed efficace, effettuata grazie ad una decantazione centrifuga che permette di eliminare le contaminazioni di dimensioni più piccole ancora presenti. Successivamente si separa il solvente per evaporazione e si ottiene il compound di PVC per precipitazione. Le fasi finali prevedono una essiccazione e l'imballaggio del prodotto ottenuto. Messa a punto a livello industriale per alcune tipologie di rifiuti, il prodotto ottenuto può essere utilizzato per la produzione di articoli in PVC quali ad esempio membrane per impermeabilizzazione, tubi plastificati, pavimentazioni, soles per calzature, stivali, profili tecnici ed articoli stampati ad iniezione.

Lo scopo originale del processo brevettato VinyLoop è stato quindi quello di riciclare materiali compositi che non possono essere riciclati in modo soddisfacente dai più comuni processi di macinazione e selezione.

La qualità del prodotto riciclato è simile al vergine e permette l'utilizzo del compound di PVC riciclato per la produzione di articoli normalmente ottenuti con materie prime vergini. In questo modo si evita di indirizzare allo smaltimento rifiuti altrimenti non recuperabili con evidenti vantaggi di riutilizzo di risorse e riduzione dei rifiuti. Inoltre il compound di PVC riciclato può essere commercializzato come un componente chiave di eco-efficienza dei prodotti finiti.

L'impatto ambientale positivo del riciclaggio è stato valutato grazie ad una analisi del ciclo di vita (LCA). Il PVC riciclato ottenuto è stato confrontato con Compound PVC prodotto in via convenzionale. I metodi di Life Cycle Assessment (LCA), come da ISO Standard di ISO1440-44, sono stati utilizzati in questo studio che è stato criticamente recensito da DEKRA. Si è evidenziato che con i suoi benefici ambientali in termini di risparmio energetico e riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, VinyLoop® R-PVC è una risorsa importante per produrre un impatto ambientale minore e prodotti di prestazioni di alta qualità tecnica.

**Riciclo come feedstock.** Di seguito due esempi di possibile tecnologie sotto valutazione:

- Linde/Sumimoto che usa il processo di Gasificazione,
- NKT-Watech che usa il processo di Pirolisi con estrazione dei metalli.

Operano in difetto d'aria e permettono di ottenere oli o gas da utilizzare come materia prima per la produzione di energia. Non sono ancora tecnologie industrialmente applicabili e necessitano di ulteriori sviluppi.



## TERMOVALORIZZAZIONE

La termovalorizzazione delle materie plastiche, incluso il PVC, ha lo stesso impatto della termovalorizzazione di qualsiasi altro tipo di rifiuto. Ha il vantaggio di sfruttare il loro potere calorico per produrre energia termica o elettrica riducendo il consumo di risorse (petrolio). I moderni impianti di termovalorizzazione dei rifiuti:

- assicurano che le emissioni siano molto al di sotto dei limiti di legge fissati per tutti composti emessi,
- dimostrano che per alcune categorie di composti, tra i quali quelli più sotto osservazione, non esiste relazione tra la composizione del rifiuto e la composizione dei fumi,
- permettono di recuperare alcuni prodotti di combustione come per esempio l'HCl eventualmente proveniente dalla combustione del PVC.

### Impianto di termovalorizzazione e diossine

A fronte delle conoscenze dei meccanismi di formazione dei microinquinanti tipo diossine, la comunità scientifica ormai unanimemente ritiene che alle materie plastiche in generale ed al PVC in particolare, non possa essere addebitata la responsabilità circa la presenza di diossine nei fumi emessi dai termovalorizzatori.

In conclusione, fin dalla seconda metà degli anni ottanta il problema del contenimento delle emissioni di tutti gli inquinanti atmosferici, compreso i microinquinanti organici e le diossine, è stato considerato risolto a livello scientifico e tecnologico. L'incenerimento dei rifiuti ha cominciato ad essere applicato in misura significativa e senza timori di alcun genere, tanto è vero che in molte grandi città europee sono stati realizzati inceneritori di grandi capacità in prossimità, se non addirittura all'interno, di centri abitati come per esempio a Vienna, Zurigo, Londra e Parigi.

### L'esempio di Amburgo

In tutti i processi di combustione e quindi anche nell'incenerimento degli RSU, a causa delle molte sostanze presenti, vengono prodotti diversi gas acidi e rifiuti solidi. Tra i gas prodotti ci sono il cloro e l'acido cloridrico (presenti come già detto anche in assenza di PVC nelle RSU), i composti solforati e quelli azotati.

I rifiuti solidi prodotti da un inceneritore per RSU sono di 3 tipi: ceneri di fondo (o bottom ash), ceneri leggere (o fly ash) e residui di neutralizzazione.

Di seguito sono illustrate le innovazioni tecnologiche che permettono di ridurre le emissioni gassose ed i rifiuti solidi.

### Abbattimento dei gas e riduzione dei rifiuti solidi

Mentre l'abbattimento dell'HCl prima del suo invio a camino è facilitato dalle caratteristiche chimiche dello stesso ed il cloro permette di catturare meglio i metalli pesanti, è più difficile rimuovere le emissioni di SOx a cui dovrebbe essere imputato il maggior contributo alle piogge acide.

## TUTTO SUL PVC

---

Di seguito vengono illustrate come le nuove tecnologie permettono oggi di ridurre, e talvolta anche di azzerare, le emissioni di gas.

I gas acidi vengono per lo più neutralizzati aggiungendo sostanze alcaline per abbattere principalmente HCl e SO<sub>x</sub>, producendo così i relativi sali. Le quantità di residui di neutralizzazione dipende dal tipo di tecnologia utilizzata (dry, semi dry, wet, semi wet).

Prendendo come esempio l'incenerimento dei Rifiuti Solidi Urbani, assumendo che il PVC sia indicativamente responsabile della metà della produzione di HCl mentre il legno, la carta e gli altri materiali presenti sono responsabili della produzione del resto, è stato valutato che:

a) Usando la tecnologia wet o semi-wet i residui prodotti, che sono presenti in quantità minore rispetto agli altri sistemi, possono essere addebitati al 50% alla SO<sub>x</sub> e al 50% al HCl. Al PVC presente negli RSU in questo caso è addebitabile solo il 25% dei residui di neutralizzazione prodotti.

b) per la tecnologia dry o semi dry solo il 15% del totale dei residui è imputabile al cloro presente nel PVC contenuto dagli RSU.

I processi tradizionali di neutralizzazione, basati sull'utilizzo di calce idrata, prevedono l'invio dei residui in centri di stoccaggio per rifiuti speciali e/o pericolosi. Oggi invece sono disponibili altri processi che permettono il riciclo di una buona parte dei residui di neutralizzazione; tra questi il processo **NEUTREC®** che utilizza bicarbonato di sodio iniettato a secco nei fumi acidi, dopo averli fatti passare in un filtro elettrostatico per eliminare la maggior parte delle ceneri volanti.

Il bicarbonato di sodio neutralizza gli acidi (acido cloridrico, anidride solforosa,...) e li trasforma in sali sodici (cloruro, solfato, fluoruro,...) che vengono catturati tramite una sezione di filtrazione e raccolti, mentre i fumi depurati possono essere dispersi in atmosfera.

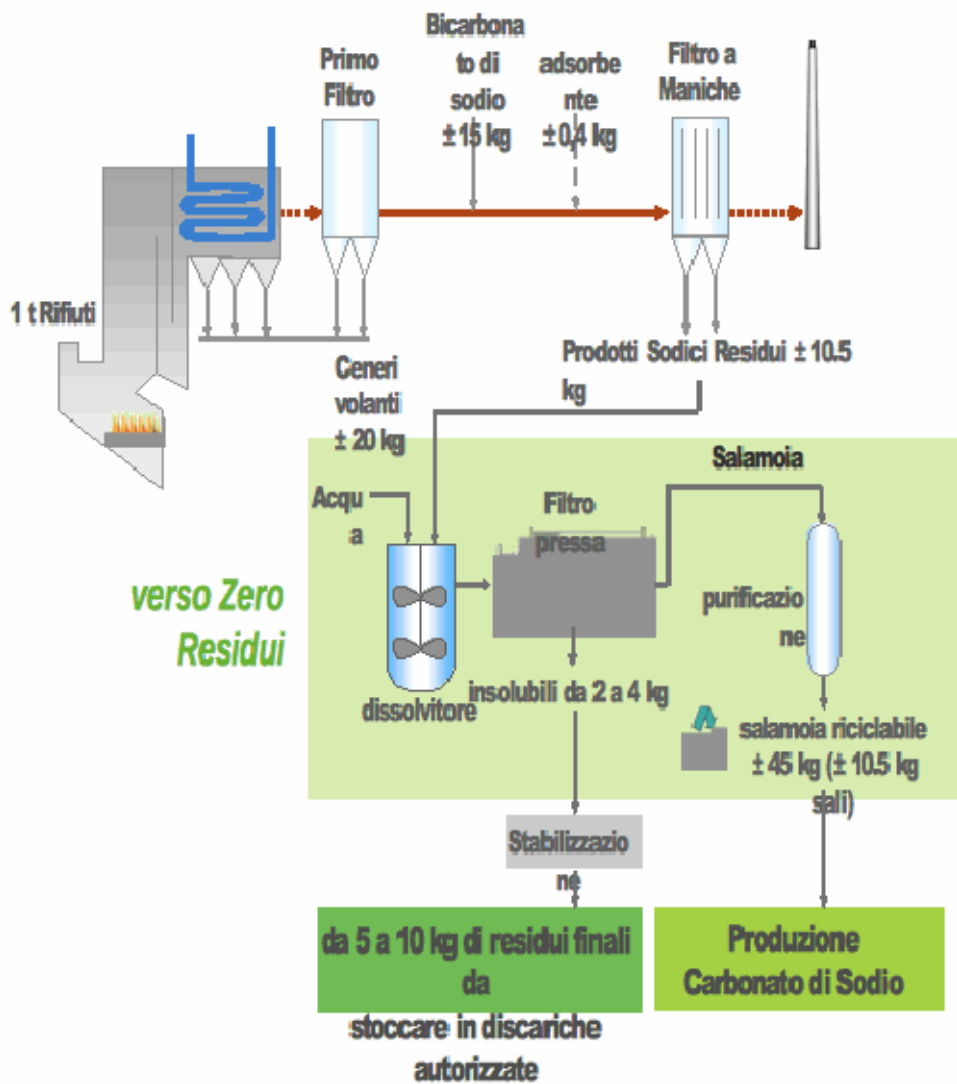
Da sottolineare che il bicarbonato di sodio contribuisce anche all'assorbimento di una buona parte dei metalli pesanti e delle diossine, se iniettato insieme al carbone attivo.

I sali di sodio generati dalla neutralizzazione dei gas acidi (Prodotti Sodici Residui - PSR), una volta raccolti nello stadio di filtrazione finale, possono essere recuperati in una piattaforma dedicata, dove sono disciolti in acqua, additivati per favorire la precipitazione dei metalli e sottoposto ad un'operazione di filtrazione.

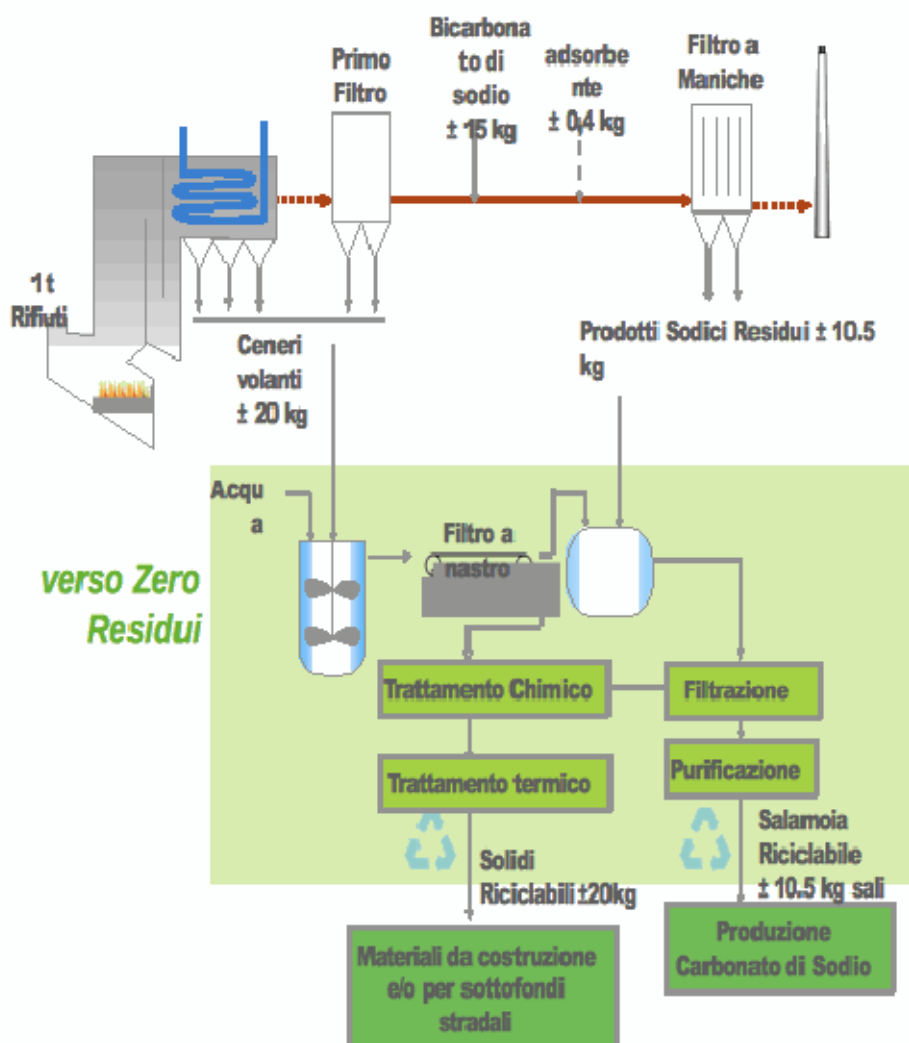
La fase insolubile viene inviata allo smaltimento mentre la fase solubile (salamoia), dopo essere stata ulteriormente purificata e rettificata, viene inviata nei cicli industriali per la produzione di carbonato di sodio, una materia prima particolarmente usata per esempio per produrre il vetro.

Questo processo di recupero viene illustrato nella figura seguente (processo **Solvay®/Resolest®**):

## TUTTO SUL PVC



Un ulteriore sviluppo del processo di recupero (**Revasol®**), attualmente nella fase di pilota industriale, porta al riciclo anche della fase insolubile che, come prima detto, con il processo Solvay®/Resolest® viene inviata allo smaltimento. In questo caso invece la fase insolubile viene recuperata per essere utilizzata come materiale da costruzione o sottofondi stradali:



I primi rifiuti solidi di un termovalorizzatore sono le ceneri di fondo che rappresentano la parte solida pesante residuo della combustione. Durante questa fase di combustione si formano anche particelle solide più leggere, contenenti anche metalli, che vengono trascinate dai gas prodotti; per evitare di essere rilasciate in atmosfera, le particelle solide devono naturalmente essere assorbite o abbattute per essere tolte dalla fase gas inviata a camino.

Quindi un primo step è quello di "catturare" le particelle solide tramite per esempio filtri meccanici o elettrostatici, si producono così le cosiddette "fly ash".

Il recupero di questa frazione insieme al recupero dei residui di neutralizzazione è possibile utilizzando processi di recupero e riciclo come i processi Resolest e Revasol illustrati precedentemente. Il contributo del PVC alla produzione sia di bottom ash e fly ash è molto limitata ed è stimata intorno allo 0,5% delle ceneri totali prodotte.

Sulla influenza della presenza di metalli pesanti nel PVC inviato a incenerimento e quindi sulla quantità di rifiuti prodotti si deve inoltre sottolineare:

1) il contributo in metalli pesanti dovuto al PVC è stato poco significativo se si eccettua il cadmio che però non è stato più volontariamente utilizzato, a partire dagli inizi degli anni 2000, da parte della filiera del PVC europea prima di essere proibito per legge a partire dal 2012

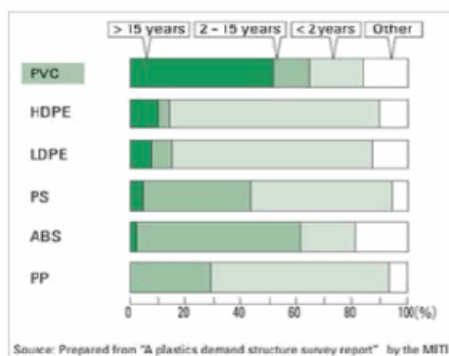
## TUTTO SUL PVC

2) formulazioni contenenti metalli pesanti nella stabilizzazione sono sempre meno utilizzate e sostituite con altre sostanze chimiche non pericolose secondo le indicazioni Reach.

### IL CONTRIBUTO DEL PVC ALLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI CO2

Come già detto il PVC è al 57% costituito da Cloro, derivante dal sale comune, mentre solo per il 43% è composto da carbonio (38%) e idrogeno (5%) derivante da petrolio. Proprio la ridotta presenza di carbonio, solo il 38%, fa sì che il PVC, rispetto ad altri materiali concorrenti, dia un minor contributo alla emissione di CO2 anche nella fase di smaltimento/termovalorizzazione.

Il PVC è usato in moltissime applicazioni, le più importanti sono: tubi per trasporto acqua potabile e fognature, film per imballaggio ed agricoltura, serramenti ed avvolgibili, cavi elettrici, pavimenti, componenti per industria automobilistica e dei trasporti, applicazioni medicali, cartotecnica, etc. A seconda del tipo di applicazione, il PVC ha tempi di vita differenti ma la maggior parte delle applicazioni ha una vita utile molto lunga, fino a molto oltre i 50 anni.



Ed il fatto che il PVC è un materiale "durevole" ancor più contribuisce a ridurre il suo livello di emissioni di CO2.

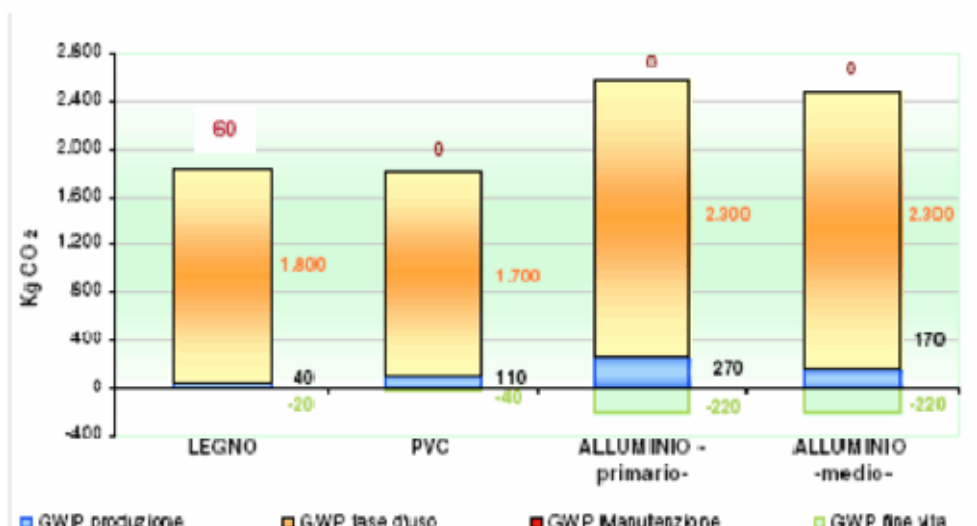
Nella figura a sinistra (fonte [www.pvc.org](http://www.pvc.org)) viene mostrata per vari materiali la suddivisione tra quantità di materiale utilizzato per un articolo in funzione del suo tempo di vita.

Di seguito alcuni esempi del contributo alla riduzione delle emissioni dei gas serra da parte di alcune delle principali applicazioni del PVC. Alcuni dati sono presi da alcuni studi di Ciclo di Vita prodotti dal PVC Forum Italia dove sono state calcolate le emissioni di CO2 in confronto ad altri materiali competitori. Altri sono invece presi da un rapporto promosso da ICCA.

PVC Forum Italia ha commissionato due studi di LCA su serramenti e tubazioni in PVC allo Studio Associato Life Cycle Engineering ([www.studiolce.it](http://www.studiolce.it)), specializzato nella realizzazione di valutazioni ambientali specifiche (LCA, ecodesign, ecolabelling). Uno dei due principali indicatori utilizzati è stato proprio il GWP (Global Warming Potential), e cioè il contributo al riscaldamento globale valutato come emissioni di CO2e.

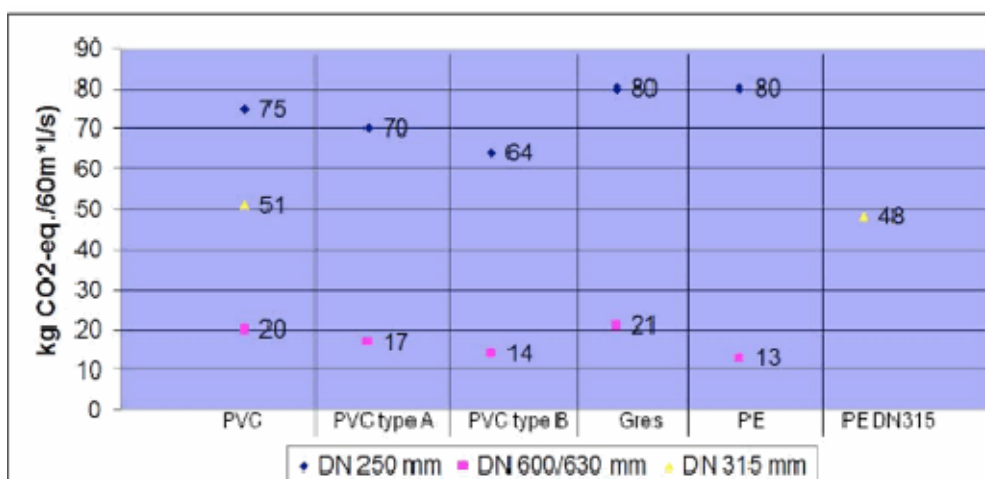
I risultati dello studio sulle **finestre** mostrati nella figura seguente, dimostrano l'ottimo comportamento del PVC in termini emissioni di CO2e.

## TUTTO SUL PVC



Anche le tubazioni in PVC vantano buone performance nelle emissioni di CO<sub>2</sub>e.

La tabella seguente riporta i risultati relativi alla produzione e messa in opera di 60 m di tubazione per unità di portata.



L'**ICCA** (International Council of Chemical Associations), l'associazione mondiale dell'industria chimica, ha commissionato alla McKinsey & Company una analisi sul contributo che l'industria chimica sta dando e che potrà dare in futuro all'abbattimento delle emissioni dei GHG.

Il rapporto promosso da ICCA riporta al suo interno una lista di applicazioni che sono state utilizzate per lo studio e per ogni applicazione sono state evidenziate le emissioni nel ciclo di vita del prodotto "chimico" e quelle di un'alternativa "non chimica", da cui si ricava due parametri di confronto e cioè il Net Abatement Emission ed il Gross Saving Ratio X.

Un primo parametro è il Gross Saving che definisce la quantità di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti (CO<sub>2</sub>e) che l'industria chimica fa risparmiare. Dividendo Gross Saving con la quantità di CO<sub>2</sub>e emessa dal prodotto durante tutto il suo ciclo di vita si ottiene il Gross Saving Ratio X. Un terzo parametro è il Net Emission Abatement, cioè la differenza tra il Gross Saving, cioè le emissioni di CO<sub>2</sub>e che si risparmiano facendo uso dei prodotti dell'industria chimica rispetto a quelle che si hanno per la loro produzione e smaltimento.

## TUTTO SUL PVC

Di seguito vengono riportati alcuni esempi che si limitano alle più importanti applicazioni che coinvolgono il PVC sia come singolo materiale, come per esempio i serramenti, che insieme alle altre materie plastiche, come per esempio tubazioni, packaging e plastiche per auto o agricoltura.

Applicazione	X	Net (MtCO <sub>2e</sub> ) Abatement
Packaging	1.75	222
Plastiche per Auto	2.89	124
Tubazioni	2.25	65
Plastiche per Agricoltura	1.50	30
Serramenti	2,73	19

Tutti gli esempi e dati suddetti indicano come il PVC attraverso le sue più importanti applicazioni del PVC dia un significativo contributo alla riduzione dei GHG da solo o insieme alle altre materie plastiche.

L'utilizzo di materiali alternativi al PVC, ove possibile, dovrebbe quindi portare ad un significativo incremento delle emissioni di CO<sub>2e</sub> e quindi nella direzione opposta di quella auspicata dall'Intergovernmental Panel on Climate Change.

### PVC ALTA QUALITA': ECCELLENTI PERFORMANCE A COSTI CONTENUTI

Il PVC è un materiale economico che oltre a far risparmiare denaro assicura prodotti sostenibili e sicuri per il consumatore e l'ambiente con elevate prestazioni tecniche.

La crisi economica con il minor potere di acquisto del cittadino e la minor disponibilità agli investimenti delle imprese comporta sempre più l'obbligo di scelte economiche oculate per spendere meno ma acquistare prodotti sicuri e sostenibili oltre che di elevata prestazione. I benefici del PVC quali lunga durata, prestazioni e flessibilità nell'uso sono state lungamente riconosciute in tutti i suoi settori applicativi ed in particolare nel settore delle costruzioni.

È inoltre oramai evidente a tutti che il PVC, considerato su tutto il suo ciclo di vita, sia oggi un materiale altamente competitivo in termini di impatto ambientale. Diversi recenti studi di eco-efficienza e analisi di ciclo di vita (LCA) sulle principali applicazioni del PVC hanno dimostrato come in termini di GER (richiesta di energia) e di GWP (Global Warming Potential) il PVC sia almeno equivalente ai materiali alternativi e, in molti casi, presenti vantaggi sia in termini di consumi totali di energia che di basse emissioni di CO<sub>2</sub>. Invece i suoi vantaggi nei costi di acquisto e in quelli di uso nel lungo periodo non sono stati sempre completamente apprezzati. Ma ora finalmente siamo in grado di dimostrare che il PVC è un vero prodotto "cost effective".

È stato infatti effettuato uno studio ("**PVC product competitiveness, a total cost of ownership approach**", Althesys Strategic Consultants) che mette in chiara evidenza i benefici nel lungo periodo dell'uso del PVC nelle costruzioni in termini di riduzione dei costi totali di acquisto, installazione, mantenimento e riparazione, smaltimento e riciclo.

Lo studio è stato promosso da ECVM (European Council of Vinyl Manufacturers) che rappresenta il 100% della produzione europea di PVC resina ed è una divisione di PlasticsEurope, l'associazione europea dei produttori di materie plastiche.

**Studio Althesys Strategic Consultants.** Lo studio è basato su dati reali rilevati in due distinti Paesi europei quali l'Italia e la Germania presi come campione uno del Nord Europa e l'altro del Sud Europa e si è concentrato in tre aree chiave delle costruzioni come le finestre, i pavimenti e le tubazioni.

È stata finalmente data dimostrazione che il PVC non solo è l'opzione più "efficiente" per quanto riguarda i costi di installazione, ma è anche la miglior opzione lungo tutto il tempo di vita in uso del prodotto rispetto ai materiali alternativi.

**PVC nell'industria delle costruzioni.** Ricordiamo che il polivinilcloruro (PVC), conosciuto anche come vinile, è una plastica versatile che offre una vasta gamma di prodotti rigidi e flessibili. Il PVC è ben conosciuto come un materiale durevole e resistente al fuoco e alla corrosione, facile da trasformare e riciclabile. Inoltre i costi energetici per la produzione di una tonnellata di PVC sono più bassi di quelli dei materiali alternativi mentre il PVC riciclato è sempre più utilizzato nella produzione di articoli in PVC.

**"Total Cost of Ownership" (TCO).** Si intende la somma di tutti i costi associati ad uno specifico prodotto durante l'intero ciclo di vita come per esempio i costi di acquisto, installazione, manutenzione e mantenimento in generale:

acquisto -> installazione -> uso -> mantenimento -> riparazione -> sostituzione -> smaltimento.

Althesys attraverso un'analisi comparativa dei costi di manufatti in PVC usati nelle costruzioni nei settori pavimenti, tubazioni e finestre, ha verificato che il PVC offre indiscutibili vantaggi nei costi, non solo per i bassi iniziali costi di acquisto e installazione, ma anche per il suo relativamente basso TCO.

### I risultati

L'analisi dei singoli materiali e il confronto tra loro ha permesso di dimostrare che per quanto riguarda il mercato italiano:

**Finestre:** Sono stati presi in considerazione come alternative il PVC, l'alluminio e il legno. Per il mercato italiano sono state prese a riferimento finestre delle seguenti dimensioni: 123 x 48 cm, con prestazioni termiche pari a 1,3 Uw/m<sup>2</sup>K e una vita utile di 30 anni:

- per quanto riguarda l'acquisto e l'installazione, le finestre in PVC risultano meno costose del 41% rispetto a quelle in alluminio e del 36% rispetto a quelle in legno;
- le finestre in PVC non necessitano particolari interventi di manutenzione salvo occasionali pulizie e lubrificazione dei cardini;
- tutti e tre i materiali permettono un risparmio netto durante i 30 anni di vita, cioè il risparmio dei costi energetici ottenuti superano i costi totali, il PVC ha un tempo di ritorno delle spese sostenute ("payback period") di 12 anni contro i 24 anni degli altri due materiali.

**Tubazioni:** Lo studio ha preso in considerazione sia tubazioni per acqua potabile con una vita utile di 100 anni che tubazioni per fognature con una vita utile di 50 anni. Come materiali alternativi al PVC nelle tubazioni per acqua potabile sono stati prese altre plastiche e i materiali ferrosi, mentre come materiali alternativi nelle tubazioni per fognature sono state considerate altre plastiche e materiali cementizi.

- le plastiche, e quindi anche il PVC, presentano costi totali più bassi rispetto ai materiali ferrosi e cementizi. Questo vantaggio non cambia con il crescere dei diametri anche se per il PVC viene ridotto con il diminuire del diametro;
- per tubazioni per acqua potabile i tubi in PVC mostrano il miglior TCO; il Polietilene è in media



del 9% più costoso, mentre la ghisa di circa il 26%;

- per fognature è il PE corrugato che presenta il più basso TCO con gli altri materiali più costosi: il PVC di circa il 6%, il calcestruzzo del 65% ed il cemento del 52%;

- i costi di riparazione e di smontaggio coprono circa il 10% del TCO, e anche per questo grazie al suo basso grado di rottura, le tubazioni di PVC permettono un buon risparmio economico durante la vita in opera.

**Pavimenti.** Lo studio ha preso in considerazione i pavimenti resilienti con un tempo di vita in uso di 20 anni. Sono stati suddivisi in due categorie: a basso e medio traffico (uffici, sale riunioni, negozi e classi) e ad alto traffico (hall, ingressi, reception e sale d'attesa). I materiali presi in considerazione sono stati: pavimenti in PVC di media ed alta qualità, gomma e linoleum:

- i pavimenti con più basso prezzo di acquisto sono normalmente quelli a più elevato TCO, infatti pulizia e manutenzione sono le voci di costo più significative in particolare nei luoghi ad alto traffico;

- per prodotti di qualità media i costi di "pulizia e manutenzione" per aree ad elevato traffico incidono fino al 92% del costo totale. Quindi sono questi i fattori che devono indirizzare la scelta del tipo di pavimento;

- meno pulizia significa anche risparmiare acqua ed energia, oggi tra i più importanti indicatori di sostenibilità;

- sono comunque i pavimenti in PVC di elevata qualità a mostrare il minore TCO sia in aree a basso, medio ed alto traffico.

Le conclusioni dello studio quindi si possono così riassumere:

**Finestre.** Quelle in PVC sono le meno costose per quanto riguarda l'acquisto rispetto a quelle in legno e alluminio e costano molto meno per il loro mantenimento; con le finestre in PVC si ottiene un risparmio netto ed un ritorno dell'investimento molto più veloce rispetto agli altri due materiali.

**Tubazioni.** Sia il costo di acquisto che il TCO del PVC è significativamente più basso rispetto ai materiali ferrosi e cementizi; il costo maggiore di un sistema di tubazioni è quello per l'installazione ed il PVC è ben posizionato; il basso grado di rottura dei tubi in PVC e la sua maggiore durata comporta minori costi di sostituzione.

**Pavimenti.** Pulizia e manutenzione sono il maggior elemento di costo. I pavimenti di PVC standard hanno un basso costo di acquisto ma non necessariamente il più basso TCO. I pavimenti PVC di nuova qualità sono la soluzione più economica grazie ai bassi costi di manutenzione richiesti.