



DIRETTIVE

**per l'eliminazione dei rifiuti, delle acque residue
e degli effluenti gassosi prodotti negli impianti
di lavaggio a secco (Lavaggio chimico con solventi)**

1987

Editore

Ufficio federale per la protezione dell'ambiente

Per scaricare il PDF

www.ambiente-svizzera.ch/pubblicazioni
(disponibile soltanto in formato elettronico)
Codice: VU-2306-I

© UFPA 1987

I N D I C E

	<u>Pagina</u>
I INTRODUZIONE	1
II BASI LEGALI	3
III CARICO AMBIENTALE DOVUTO AI SOLVENTI CLORATI	5
1 In generale	5
2 Proprietà e comportamento dei solventi clorati nell'ambiente	6
3 Carico per le acque di rifiuto e per le acque in generale	7
4 Carico per l'atmosfera	10
5 Problemi legati all'eliminazione dei sol- venti clorati	10
IV DESCRIZIONE DEL LAVAGGIO A SECCO	13
1 In generale	13
2 Operazioni	14
3 Macchine ed impianti	15
4 Descrizione delle singole operazioni	16
V ELIMINAZIONE DEI RIFIUTI, DELLE ACQUE RESIDUE E DEGLI EFFLUENTI GASSOSI	23
1 Eliminazione delle acque residue	23
2 Eliminazione dei rifiuti	30
3 Eliminazione degli effluenti gassosi	32
4 Manipolazione e deposito di solventi clorati	32
VI RIEPILOGO SULLE MISURE DA PRENDERE	35

I INTRODUZIONE

L'Ufficio federale per la protezione dell'ambiente (UFPA) pubblicò già nel 1979 la sua Comunicazione n. 16 concernente le acque residue provenienti da impianti per il lavaggio chimico dei tessili (lavaggio a secco). All'epoca ci si occupò unicamente di trattare il problema dell'eliminazione delle acque residue.

Nel frattempo, per quanto concerne gli impianti per il lavaggio chimico, sono stati compiuti importanti progressi che hanno permesso di ridurre il carico ambientale provocato dai solventi e, più in generale, si sono acquisite nuove conoscenze ed esperienze nel campo dell'eliminazione dei rifiuti e degli effluenti gassosi. Per questi motivi l'UFPA ha incaricato un piccolo gruppo di lavoro di rielaborare ed aggiornare la comunicazione n. 16.

Le presenti "Direttive per l'eliminazione dei rifiuti, delle acque residue e degli effluenti gassosi prodotti negli impianti di lavaggio a secco", elaborate con il consenso delle due associazioni mantello del settore del lavaggio chimico, sostituiscono la comunicazione n. 16 del 1979.

II BASI LEGALI

Ordinanza generale sulla protezione delle acque

L'articolo 20 dell'ordinanza generale del 19 giugno 1972 sulla protezione delle acque esige che siano sfruttate tutte le possibilità per eliminare in modo innocuo le acque di rifiuto e, se necessario, che queste ultime siano rimosse separatamente.

Ordinanza sull'immissione delle acque di rifiuto

Secondo la cifra 49 "Solventi clorati", colonna III dell'allegato dell'ordinanza dell'8 dicembre 1975 sull'immissione delle acque di rifiuto, per l'immissione in una canalizzazione pubblica allacciata ad una stazione di depurazione comunale vale il valore limite di 0,1 mg/l (misurato come Cl).

Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico

Secondo la cifra 85 dell'allegato 2 dell'ordinanza del 16 dicembre 1985 contro l'inquinamento atmosferico gli effluenti gassosi delle macchine per il lavaggio a secco di abiti devono essere depurati mediante un filtro a carbone attivo o mediante un dispositivo equivalente.

Ordinanza sul traffico dei rifiuti speciali

Secondo le disposizioni dell'ordinanza del 12 novembre 1986 sul traffico dei rifiuti speciali i residui contenenti solventi provenienti dal lavaggio a secco devono essere eliminati come rifiuti speciali.

III CARICO AMBIENTALE DOVUTO AI SOLVENTI CLORATI

1 In generale

Nel corso degli ultimi anni l'impiego come solventi degli idrocarburi alogenati volatili nell'industria e nell'artigianato per gli scopi più diversi ha registrato un continuo aumento. A causa della loro grande capacità di dissolvere i grassi e gli oli queste sostanze, dette in seguito "solventi clorati", vengono utilizzate in numerosi settori, principalmente per pulire e sgrassare. In molti campi i solventi clorati hanno sostituito gli idrocarburi (soprattutto benzina), impiegati in precedenza, che presentavano però lo svantaggio di essere altamente infiammabili e comportavano il rischio di esplodere.

Fra i solventi clorati più diffusi citiamo il percloroetilene, il tricloroetilene, l'1,1,1-tricloroetano e il cloruro di metile o diclorometano. Nel 1985 sono state importate in Svizzera 25'000 tonnellate di solventi clorati così ripartite: 4'200 tonnellate di tricloroetilene, 8'700 di percloroetilene, 5'600 di 1,1,1-tricloroetano e 6'500 di cloruro di metile. In pratica il consumo annuo di detti solventi corrisponde alla loro quantità liberata nell'ambiente durante un anno. Gli odierni metodi d'analisi ci permettono di accertare anche tracce di questi solventi nell'aria, nell'acqua e nel suolo.

Per ridurre il carico ambientale dovuto ai solventi clorati occorre assolutamente ridurre il più possibile le perdite ricorrendo alle tecnologie più moderne. Considerato che i solventi clorati, nelle condizioni esistenti in natura, non sono praticamente degradabili biologicamente, è essenziale, soprattutto in vista della protezione delle acque sotterranee, evitare assolutamente qualsiasi infiltrazione nel sottosuolo.

2 Proprietà e comportamento dei solventi clorati nell'ambiente

Contrariamente a quanto generalmente si crede, i solventi clorati sono caratterizzati da una buona solubilità nell'acqua. Se tali solventi entrano in contatto con l'acqua, questa può venire contaminata fino ad un livello di concentrazione corrispondente alla saturazione.

Nel lavaggio a secco dei tessuti si impiegano soprattutto il percloroetilene e, in quantità nettamente inferiore, l'1,1,1-tricloroetano. Oltre a questi solventi, a volte si impiegano anche idrocarburi fluoroclorati (F 11, F 113). Per contro il cloruro di metilene e il tricloroetilene non sono impiegati per la pulitura a secco. I dati principali dei solventi utilizzati sono riassunti nella tabella seguente:

Designazione	Percloroetilene	1,1,1-tricloroetano	F 11	F 113
Formula chimica	$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	CCl_3-CH_3	CCl_3F	$\text{Cl}_2\text{FC}-\text{CClF}_2$
Peso molecolare	165,85	133,42	137,4	187,4
Peso specifico (Densità in g/cm^3 a 20°C)	1,62	1,32	1,48	1,56
Punto di ebollizione ($^\circ\text{C}$)	121	74	24	48
Solubilità nell'acqua (mg/l)	150	1320	1100	170

Come praticamente tutti gli altri solventi clorati, anche il percloroetilene - al quale in particolare si riferisce quanto segue - non viene degradato dai micro-organismi. I processi di trasformazione chimica del percloroetilene nell'acqua si svolgono molto lentamente: il tempo di dimezzamento, cioè il tempo

necessario perchè una determinata concentrazione si riduca della metà, è di circa sei anni. Per contro nella fase gassosa (atmosfera, troposfera) il percloroetilene viene ossidato fotochimicamente abbastanza in fretta, ossia in pochi giorni o settimane. I prodotti che ne risultano sono l'acido cloridrico, l'acqua e l'anidride carbonica.

3 Carico per le acque di rifiuto e per le acque in generale

Studi effettuati presso gli impianti di depurazione delle acque (IDA) hanno rivelato che le acque di rifiuto non trattate possono contenere solventi clorati: il tenore varia fra 1 e 100 µg/l con valori massimi di parecchie centinaia di µg/l. Nell'IDA, mediante immissione di aria, queste sostanze possono essere eliminate in larga misura. Le concentrazioni misurate nelle acque di rifiuto non depurate non sono tuttavia da ricondurre unicamente alle acque residuali delle aziende di lavaggio a secco, ma comprendono la totalità del carico proveniente dal bacino imbrifero dell'IDA in questione.

Le esperienze finora fatte e le attuali conoscenze permettono di concludere che il percloroetilene in concentrazioni non superiori a 100 µg/l non perturbano il processo di degradazione biologica aerobica. Per contro si riscontrano disfunzioni all'IDA già quando pochi litri di percloroetilene, per esempio per un errore di manipolazione, pervengono nelle canalizzazioni e da queste nel digestore. Tali quantità bastano per perturbare o paralizzare completamente i processi biologici nel digestore. In simili casi non resta altro da fare che vuotare completamente il digestore e distruggere i fanghi, anche se l'operazione comporta spese non indifferenti. Nelle canalizzazioni i solventi clorati possono essere estremamente pericolosi per il personale addetto ai lavori (allo stato gassoso i solventi clorati sono più pesanti dell'aria: prendendone il posto provocano una rarefazione dell'ossigeno; hanno effetto narcotizzante).

Per quanto concerne le possibilità di contaminazione delle acque con solventi clorati bisogna considerare due vie:

Una parte dei solventi clorati perviene nei corsi d'acqua direttamente o per il tramite degli impianti di depurazione delle acque; un'altra parte, si perde nell'aria per evaporazione e ricade insieme alla pioggia. I solventi clorati che hanno raggiunto le acque di superficie insieme alle acque residue, in un modo o nell'altro, finiscono per ritornare nell'atmosfera. Per proteggere le riserve sotterranee di acqua bisogna evitare che le acque di superficie che alimentano falde freatiche vengano inquinate dai solventi clorati. Infatti contrariamente a quanto avviene per le acque di superficie, i solventi clorati possono essere eliminati dalle acque sotterranee solo mediante rinnovamento totale della massa d'acqua. Come dimostrato da molti esempi, gli inquinamenti delle acque sotterranee ad opera di solventi clorati sono spesso dovuti a manipolazioni sbagliate, a fughe, ad avarie o al percolamento proveniente da una discarica. Già piccole quantità di solventi clorati, se filtrano nel sottosuolo, possono alterare per lungo tempo le riserve sotterranee di acqua. Se non sono impermeabili, anche le canalizzazioni che servono ad evacuare i solventi clorati possono rappresentare un pericolo per le acque sotterranee. Essendo il valore di tolleranza di solventi clorati nell'acqua potabile di 25 µg/l, 1 kg di solventi basta per mettere in forse l'impiego come acqua potabile di una quantità di 40'000 m³ d'acqua.

Tra il 1981 e il 1983 l'Ufficio federale per la protezione dell'ambiente ha condotto uno studio sulla presenza di idrocarburi clorati volatili nelle acque svizzere. La tabella che segue riassume i risultati di detto studio.

Ambiente \ Solvente	Percloro- etilene	Tricloro- etilene	1,1,1- tricloro- etano	Tetra- cloro- metano	Tri- cloro- metano	Di- cloro- metano
Atmosfera (ppt)	20	30	120		500	30
Pioggia ($\mu\text{g}/\text{l}$)	0,1-5	0,1-1				
Laghi ($\mu\text{g}/\text{l}$)	0,06	0,015	0,008	0,025	0,01	
Corsi d'acqua ($\mu\text{g}/\text{l}$) Media '82/'83 di 155 campioni	0,274	0,058	0,063	0,019	0,062	
Acque sotterranee ($\mu\text{g}/\text{l}$) Media di 92 campioni	0,8	0,92	0,27	0,008	0,021	
Acque di rifiuto ($\mu\text{g}/\text{l}$) - non trattate - trattate	15 1	5 0,35	0,4 0,025	0,15 0,03	0,7 0,9	2,5

Le concentrazioni relativamente basse registrate nei corsi d'acqua non devono far dimenticare il fatto che, in corsi d'acqua minori con bacino imbrifero fortemente urbanizzato, dette concentrazioni possono assumere valori nettamente più elevati.

Benché il percloroetilene sia - come già detto - dotato di una buona solubilità nell'acqua, esso tende ad arricchirsi nella catena alimentare a causa della sua ancora migliore solubilità nei grassi. In un simile caso si parla di bioaccumulazione: con ciò si intende l'aumento della concentrazione di una sostanza in un essere vivente o in un suo tessuto determinato rispetto alla concentrazione di detta sostanza nell'ambiente circostante. Si definisce anche il fattore di accumulazione biologica come il rapporto fra la concentrazione di una sostanza in un essere vivente o in un suo tessuto determinato e la concentrazione di detta sostanza nell'ambiente circostante, allo stato di equilibrio.

Per esempio nei tessuti grassi delle trote il fattore di accumulazione biologica del percloroetilene è risultato essere di circa 40. A titolo di paragone il fattore di accumulazione biologica dell'esaclorobenzolo - un pesticida molto conosciuto, ma che oggi non viene più utilizzato in Svizzera - è uguale a 8'000. Moltiplicando la concentrazione effettiva di tali sostanze nelle acque per il loro fattore di accumulazione biologica si ottengono le concentrazioni finali di tali sostanze nei tessuti adiposi. È quindi possibile, se le concentrazioni di tricloroetilene e di percloroetilene nell'acqua sono particolarmente elevate, che le concentrazioni di tali sostanze nei tessuti adiposi raggiungano valori altrettanto elevati quanto potrebbero esserlo quelli dell'esaclorobenzolo, citato più sopra.

4 Carico per l'atmosfera

In Svizzera il consumo annuo di idrocarburi alogenati volatili è di circa 25'000 tonnellate all'anno di cui la maggior parte finisce come perdita nell'aria. Dette sostanze contribuiscono dunque all'inquinamento dell'atmosfera; i dispositivi e i processi antinquinamento di cui dispongono oggi le aziende di pulitura a secco permettono di ridurre fortemente le perdite di idrocarburi alogenati volatili e quindi di lottare contro l'inquinamento atmosferico in generale.

5 Problemi legati all'eliminazione dei solventi clorati

L'eliminazione non corretta di rifiuti contenenti idrocarburi alogenati volatili può avere gravi conseguenze per l'ambiente. Infatti, se tali rifiuti finiscono in una discarica per rifiuti domestici, possono inquinare le acque sotterranee. Se invece vengono bruciati in un impianto d'incenerimento non munito di

un dispositivo di lavaggio dei fumi, i residui della combustione, in particolare l'acido cloridrico, si diffondono nell'aria. Occorre pertanto, a seconda delle possibilità, sottoporre i rifiuti provenienti dal lavaggio a secco dei tessili ad un trattamento che permetta un ricupero quantitativo dei solventi clorati oppure ad un incenerimento che tenga conto delle esigenze di protezione dell'ambiente.

IV DESCRIZIONE DEL LAVAGGIO A SECCO

1 In generale

Per "lavaggio a secco" si intende il lavaggio di abiti, di pellicce e di pelli, di tessuti d'arredamento (come tende, tappeti e federe di mobili imbottiti), nonché di capi d'abbigliamento in cuoio, effettuata mediante solventi organici.

In Svizzera, fra grandi e piccole, esistono circa 650 aziende del genere con un totale di 800 impianti.

Il consumo totale annuo di solventi clorati per il lavaggio a secco è di circa 3'000 - 4'000 tonnellate. Oltre al percloroetilene, viene impiegato anche l'1.1.1-tricloroetano. Quest'ultimo solvente è utilizzato soprattutto negli impianti dell'ultima generazione, nei quali le emissioni nell'aria sono state eliminate e le quantità di acque residue sensibilmente ridotte. In tali impianti, che funzionano a "sistema chiuso", si possono usare anche i fluorocloroidrocarburi (F 11 e F 113). In rari casi si impiega ancora il cosiddetto "white spirit" (una miscela di idrocarburi a base di benzina).

2 Operazioni

Nel lavaggio a secco si distinguono le seguenti operazioni principali:

<p style="text-align: center;"><u>Lavaggio</u></p> <p style="text-align: center;">Pulitura dei tessuti nel tamburo di lavaggio, mediante un solvente.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Centrifugazione</u></p> <p style="text-align: center;">Dopo la pulitura nel tamburo di lavaggio, separazione del solvente mediante centrifugazione.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Asciugatura</u></p> <p style="text-align: center;">Dopo la centrifugazione, asciugatura mediante aria calda dei tessuti resi umidi dal solvente.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Ricupero del solvente</u></p> <p style="text-align: center;">Mediante filtraggio e distillazione del solvente usato e mediante condensazione del solvente contenuto nell'aria impiegata per l'asciugatura.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Epurazione degli effluenti gassosi</u></p> <p style="text-align: center;">Eliminazione del solvente contenuto negli effluenti gassosi mediante un sistema a carbone attivo o mediante condensazione a bassa temperatura (refrigeratore).</p>
<p style="text-align: center;"><u>Rigenerazione del carbone attivo</u></p> <p style="text-align: center;">Ricupero del solvente imprigionato nel carbone attivo mediante vapore d'acqua.</p>

A seconda dell'importanza dell'azienda di lavaggio a secco e del tipo di impianti di cui dispone, dette operazioni si svolgono in un'unica macchina oppure, separatamente, in diversi gruppi di macchine. Contrariamente a quanto avviene nel lavaggio convenzionale con acqua, nel lavaggio a secco i solventi vengono, nella misura del possibile, recuperati.

3 Macchine e impianti

In un'azienda di lavaggio a secco le macchine e gli impianti seguenti sono necessari:

- macchine per il lavaggio vero e proprio dei tessili e per la separazione del solvente dopo il lavaggio (macchine per lavare con tamburo di lavaggio) come pure un impianto per l'asciugatura dei tessili puliti (riscaldatore d'aria, ventilatore e refrigeratore) (fig. 1);
- impianto per il recupero del solvente usato (apparecchi per la condensazione, il filtraggio e la distillazione) (fig. 1 + 2);
- apparecchi per il recupero del solvente contenuto negli effluenti gassosi dell'impianti e dei locali di lavoro (impianto a carbone attivo o refrigeratore) (fig. 3).

La tabella che segue fornisce un quadro sinottico delle installazioni e dei dispositivi presenti nelle aziende di lavaggio a secco con impianti a sistema "aperto" e "chiuso".

Macchine e dispositivi	SISTEMA APERTO con percloroetilene o 1.1.1-tricloro- etano	SISTEMA CHIUSO con		F 11 F 113
		percloro- etilene	1.1.1.-tri- cloroetano	
Tamburo per la- vaggio e centri- fugazione	presente	presente	presente	presente
Ricupero sol- vente da asciu- gatura: - mediante acqua di raffreddam. - mediante re- frigeratore	possibile possibile	possibile possibile	possibile possibile	non possibile possibile
Filtro per filtrare il solvente	di solito presente	di solito presente	di solito presente	di solito presente
Distillazione del solvente: - diretta con vapore acqua - indiretta	possibile ¹⁾ possibile	possibile possibile	non possibile possibile	non possibile possibile
Epurazione aria con carbone attivo o refri- geratore	necessaria ¹⁾²⁾	non necessaria	non necessaria	non necessaria

1) non possibile per 1'1.1.1-tricloroetano

2) per 1'1.1.1-tricloroetano possibile solo con refrigeratore

4 Descrizione delle singole operazioni

La merce destinata al lavaggio a secco viene messa in contatto con il solvente nel tamburo di lavaggio. Di solito il solvente circola in un circuito chiuso, passando attraverso un filtro. Normalmente nelle macchine più recenti la merce viene lavata

due volte: la seconda operazione di lavaggio avviene usando solvente appena distillato. Terminata l'operazione di lavaggio, si lascia scolare il solvente dal tamburo di lavaggio e la merce, intrisa del solvente rimasto, è sottoposta a centrifugazione. Si passa quindi all'asciugatura della merce mediante aria calda. L'effluente gassoso che ne risulta viene immesso in un circuito chiuso dove il solvente, attraverso un sistema di raffreddamento, si condensa. A seconda del tipo di impianto la condensazione del solvente avviene mediante raffreddamento indiretto con acqua oppure mediante aggregati di raffreddamento del tipo utilizzato nella tecnica di refrigerazione. In quest'ultimo caso, disponendo di una pompa termica, è possibile recuperare il calore di condensazione.

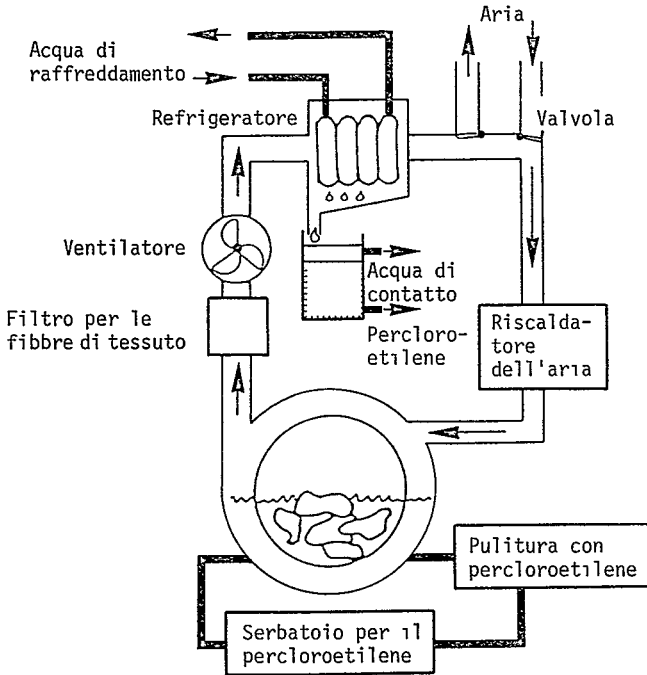
Se la condensazione del solvente contenuto nell'aria impiegata per l'asciugatura avviene mediante raffreddamento indiretto con acqua, il grado di eliminazione è limitato alla concentrazione di saturazione, che è funzione della rispettiva temperatura dell'acqua di raffreddamento. Per estrarre la totalità del solvente, si deve ricorrere a un ulteriore impianto a carbone attivo o a un altro impianto equivalente (p.es. impianto frigorifero funzionante come trappola mediante raffreddamento).

Il solvente recuperato nel corso dell'asciugatura dei tessuti, dopo essere passato attraverso un separatore d'acqua, viene reintrodotto nel serbatoio collettore. Il solvente usato, proveniente dal tamburo di lavaggio della prima operazione di lavaggio viene invece o reimpiegato direttamente per la stessa operazione del prossimo ciclo di pulitura o immesso nell'impianto di distillazione. La produzione di solvente fresco avviene mediante distillazione a pressione normale. Ad intervalli regolari, nell'impianto di distillazione, viene pure introdotto il materiale contenuto nei dispositivi di filtraggio, poiché l'agente filtrante utilizzato (generalmente farina fossile o tripoli) contiene lui pure del solvente recuperabile. La distillazione del solvente comporta, con l'andare del tempo, un accumu-

larsi dello sporco in un vero e proprio residuo di distillazione che deve essere eliminato. Detti residui di distillazione contengono di solito una quantità relativamente elevata di solvente. Se il solvente impiegato è il percloroetilene, si introduce del vapore d'acqua nell'ultima fase del processo di distillazione, il che permette di estrarre per distillazione la quasi totalità del solvente contenuto nei residui di distillazione e quindi di ricuperarlo. Se invece il solvente impiegato è l'1.1.1-tricloroetano l'estrazione del solvente avviene in modo indiretto mediante aumento della temperatura. Il percloroetilene ricuperato mediante distillazione viene poi fatto passare attraverso un separatore d'acqua, per separarlo appunto dall'acqua.

Gli effluenti gassosi degli impianti che non dispongono di refrigeratore deve passare attraverso un impianto a carbone attivo per l'epurazione dell'aria. Infatti mediante il carbone attivo il solvente contenuto negli effluenti gassosi può essere assorbito in modo quasi totale. Non appena il carbone attivo ha esaurito la sua capacità d'assorbimento, deve essere rigenerato. A questo scopo si fa passare vapore d'acqua sul carbone, il che provoca la liberazione del solvente; il vapore che ne risulta è composto da solvente e da acqua: mediante raffreddamento prima e passaggio attraverso un separatore di acqua poi si riesce a recuperare il solvente.

Fig. 1: Schema di pulitura a secco mediante percloroetilene (compresa la parte per il recupero del solvente)



Attualmente, solo pochi impianti di vecchia concezione che non abbiamo descritto precedentemente, sono rimasti in funzione. Si tratta di macchine con il cosiddetto "raffreddamento mediante nebulizzatore". Rispetto alle macchine di concezione più moderna la differenza consiste nel fatto che, per recuperare il solvente, al momento dell'asciugatura, l'acqua di raffreddamento non viene fatta scorrere in un dispositivo di raffreddamento, ma iniettata direttamente, sotto forma di fini goccioline, nella miscela calda di solvente e aria. Con un tale sistema però le perdite di solvente sono importanti. L'Ufficio federale per la protezione dell'ambiente raccomanda pertanto agli uffici cantonali preposti alla protezione delle acque di intervenire

presso le aziende che posseggono ancora tali tipi di macchine per indurle, nell'interesse della protezione dell'ambiente, a metterle al più presto fuori servizio (art. 20 dell'ordinanza generale sulla protezione delle acque).

Fig. 2: Schema della distillazione per macchine che funzionano con percloroetilene

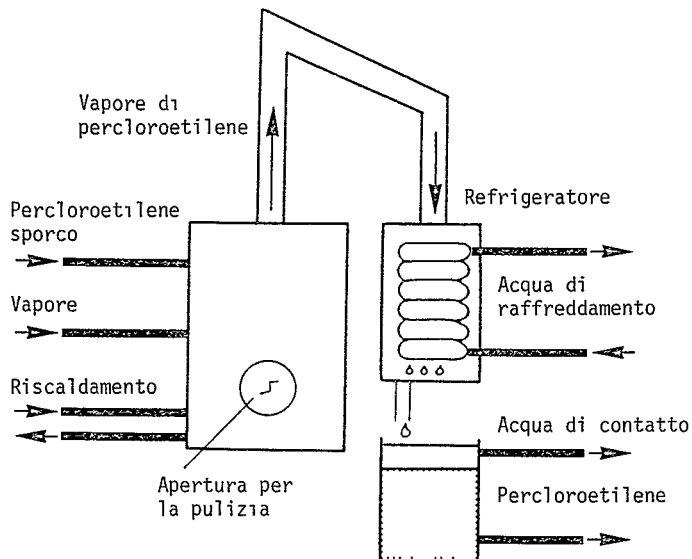
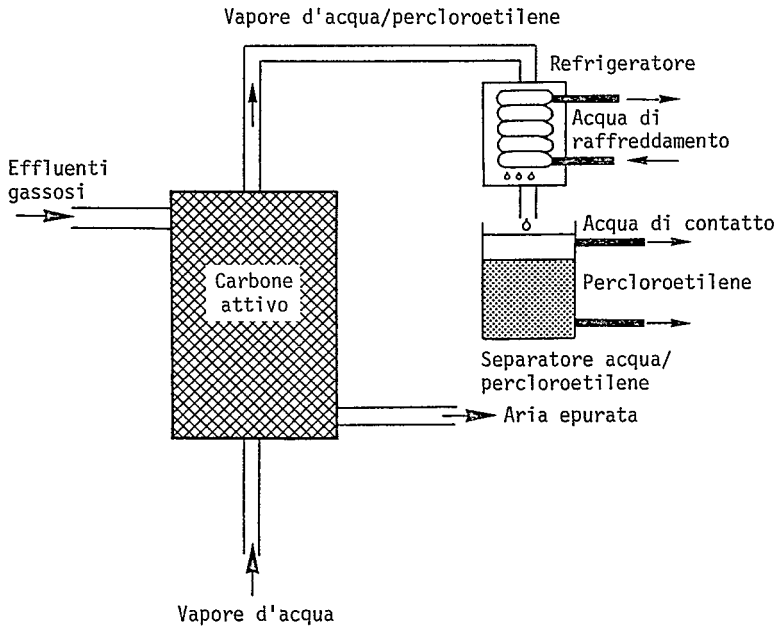


Fig. 3: Schema dell'epurazione con carbone attivo degli effluenti gassosi nelle macchine aperte che funzionano con percloroetilene



V ELIMINAZIONE DELLE ACQUE RESIDUE, DEGLI EFFLUENTI GASSOSI
E DEI RIFIUTI

1 Eliminazione delle acque residue

1.1 Quantità delle acque residue

Nelle aziende di lavaggio a secco si generano le acque residue seguenti:

- a) acqua usata per il raffreddamento (acqua di raffreddamento) che, in caso di funzionamento normale, non è contaminata da solvente;
- b) acqua proveniente dai diversi separatori che è contaminata da solvente e può contenerne una quantità corrispondente al grado di saturazione. Nelle pagine che seguono chiameremo quest'ultimo tipo di acqua residua "acqua di contatto".

La quantità media di acque residue prodotta da un impianto di lavaggio a secco con una capacità di 12 kg, che viene riempito 9 volte al giorno, cioè che pulisce al giorno circa 100 kg di merce, funzionante con percloroetilene e munito di un sistema a carbone attivo, può essere così riassunta:

Acqua di contatto

- asciugatura:	1 l/giorno
- distillazione normale (quotidiana):	2 l/giorno
- distillazione con vapore d'acqua (circa 20 l ogni 2 giorni):	10 l/giorno
- rigenerazione carbone attivo dell'impianto (2 x 30 l/settimana):	12 l/giorno
Quantità totale di acqua di contatto rapportata su un giorno (media):	<u>25 l/giorno</u> =====

Per i sistemi chiusi, venendo a mancare la rigenerazione del carbone attivo, la quantità totale di acqua di contatto si riduce a 13 l/giorno.

Acqua di raffreddamento

- recupero del solvente (raffreddamento per la condensazione del solvente nell'aria di asciugatura, raffreddamento dopo la distillazione):	2'200 l/giorno
- rigenerazione carbone attivo dell'impianto (2 x 750 l/settimana):	<u>300 l/giorno</u>
Quantità totale di acqua di raffreddamento rapportata su un giorno (media):	<u>2'500 l/giorno</u> =====

Per i sistemi chiusi, venendo a mancare la rigenerazione del carbone attivo, la quantità totale di acqua di raffreddamento si riduce a 2'200 l/giorno.

I dati di cui sopra mostrano che le acque residue si compongono per il 99 % di acqua di raffreddamento non contaminata e per circa l'1 % di acqua di contatto contaminata con il solvente.

Per il percloroetilene la concentrazione di saturazione nell'acqua essendo di 160 mg/l, la perdita specifica di solvente nell'acqua di contatto può essere stimata a 40 mg per chilo di merce pulita.

1.2 Regole per l'eliminazione delle acque residue

1.2.1 Acqua di raffreddamento

In nessun punto dell'impianto l'acqua di raffreddamento impiegata per la distillazione, per il recupero del solvente contenuto nell'aria di asciugatura o per la rigenerazione del carbone attivo entra in contatto con i solventi clorati. Tuttavia, siccome difetti nella tenuta delle condotte che potrebbero portare alla presenza di solventi nell'acqua di raffreddamento non possono essere esclusi, occorre prendere alcune misure di sicurezza:

Tecnicamente sono possibili le soluzioni seguenti:

- installare nel sistema dell'acqua di raffreddamento una valvola telescopica con deflusso libero. L'altezza della colonna dipenderà dalle condizioni di pressione esistenti nell'impianto. La pressione idrostatica nella colonna riempita d'acqua deve essere leggermente superiore alla pressione d'esercizio massima della macchina;
- installare un separatore di sicurezza indipendente per l'acqua di raffreddamento, se del caso approvato dall'autorità cantonale. Il separatore di sicurezza deve essere dimensionato in modo da poter trattenerne la totalità del solvente che potrebbe fuoriuscire in caso di perdita.

Se l'acqua di raffreddamento scorre in circuito chiuso ed il calore viene eventualmente recuperato o se si lavora con una torre di raffreddamento, non è necessario munire il sistema di raffreddamento di una valvola telescopica o di un separatore di sicurezza.

Avvertenza per impedire il riflusso nella rete dell'acqua potabile:

Per impedire che il solvente proveniente da un'azienda pervenga nell'acqua potabile bisogna ricorrere ad un interruttore anti-riflusso ai sensi delle "Prescrizioni per l'esecuzione d'installazioni d'acqua" della Società svizzera dell'industria del gas e delle acque (SSIGA). Secondo tali prescrizioni, per le aziende di lavaggio a secco, la soluzione più sicura per impedire il riflusso è l'interruzione della condotta mediante un bacino intermedio.

1.2.2 Acqua di contatto

A seconda del tipo di macchina ci sono vari separatori d'acqua di diverse dimensioni, situati in più punti, per garantire la separazione dell'acqua o dell'umidità. Detta acqua di contatto, contaminata con solvente, risulta dalle operazioni seguenti:

- ricupero del solvente dall'aria impiegata per asciugare la merce pulita. Nel corso di questa operazione, l'umidità contenuta all'inizio nei tessuti e l'acqua aggiunta insieme ad additivi per il lavaggio o per il pretrattamento vengono separate al momento della condensazione del solvente;
- distillazione del solvente: il solvente distillato contiene di solito ancora tracce di acqua che devono essere separate dal condensato dopo la distillazione;
- rigenerazione del carbone attivo: anche la rigenerazione del carbone attivo avviene mediante vapore d'acqua. L'acqua in-

trodotta mediante il vapore d'acqua deve poi essere separata dal solvente mediante un separatore. Quest'acqua di contatto non si forma nei sistemi chiusi, poiché essi non hanno bisogno di un dispositivo per rigenerare il carbone.

Di solito l'acqua di contatto è contaminata fino alla concentrazione di saturazione dal solvente utilizzato. Siccome l'eliminazione del solvente mediante un separatore a gravità è possibile solo fino alla concentrazione di saturazione e siccome il valore limite di 0,1 mg/l (misurato come Cl) fissato nell'ordinanza sull'immissione delle acque di rifiuto sarà notevolmente superato, si rende necessario un pretrattamento.

La scelta dei provvedimenti tecnici per il trattamento dell'acqua di contatto dipende essenzialmente dalla natura dell'azienda e dal tipo di impianto. Si distinguono i casi seguenti:

A Sistema chiuso

Nelle aziende che dispongono esclusivamente di impianti a sistema chiuso, si producono generalmente solo pochi litri d'acqua di contatto al giorno. Se l'azienda non intende munirsi di un sistema proprio di pretrattamento (vedi capitolo V, cifra 1.4), l'acqua di contatto deve essere consegnata ad un'altra azienda equipaggiata per il suo pretrattamento oppure deve essere eliminata insieme agli altri rifiuti contenenti solvente. Se non esiste un allacciamento alla rete delle canalizzazioni, l'installazione di un separatore di sicurezza non è necessaria (vedi capitolo V, cifra 1.3).

B Sistema aperto

Nelle aziende che dispongono di impianti a sistema aperto e di un sistema di assorbimento su carbone attivo l'acqua di contatto viene, di solito, immessa nelle canalizzazioni. Per eliminare il solvente dall'acqua di contatto è necessario installare

un impianto di pretrattamento (vedi capitolo V, cifra 1.4); detto impianto deve essere completato da un separatore di sicurezza (vedi capitolo V, cifra 1.3), che può essere integrato nell'impianto di pretrattamento.

1.3 Separatore di sicurezza per l'acqua di contatto

In caso di difetti di funzionamento, p. es. surriscaldamento della distillazione, grandi quantità di solvente possono pervenire nelle acque di scarico immesse nelle canalizzazioni. Siccome i vari separatori d'acqua installati in vari punti dell'impianto non sono, di solito, capaci di separare in modo sufficiente il solvente, questo finisce nelle canalizzazioni.

Per evitare che importanti quantità di solvente possano pervenire nelle canalizzazioni, le aziende nelle quali l'acqua di contatto viene scaricata nelle canalizzazioni devono munirsi di un separatore di sicurezza.

Un tale separatore di sicurezza deve avere un volume minimo di almeno 100 l e deve essere in grado di contenere la totalità del contenuto utile del sistema di distillazione. Inoltre il separatore di sicurezza deve essere costruito in modo tale da garantire che il solvente che vi si accumula sul fondo possa essere estratto. A tal proposito raccomandiamo i separatori con fondo inclinato. Il separatore deve pure essere munito di un indicatore che permetta di visualizzare il livello raggiunto dal solvente, p. es. un indicatore di riempimento a galleggianti, di modo che, non appena il solvente raggiunge un determinato livello, fissato in precedenza, si possa procedere tempestivamente allo svuotamento del separatore.

1.4 Impianto di pretrattamento dell'acqua di contatto

Per eliminare i solventi clorati disciolti esistono vari sistemi. L'eliminazione del solvente contenuto nell'acqua avviene sia per strippaggio, sia per assorbimento su materiale idoneo.

1.4.1 Strippaggio

Mediante insufflazione di aria nell'acqua contenente solvente è possibile eliminare quasi completamente il solvente. Mentre i sistemi più semplici permettono di raggiungere una concentrazione residuale inferiore a 1 mg/l, con i sistemi più complessi (p.es. evaporatore a film di liquido) si possono ottenere concentrazioni residuali inferiori a 0,1 mg/l.

Nei processi di strippaggio va osservato che le sostanze tensioattive (p.es. additivi di lavaggio) possono essere all'origine della formazione di schiuma. Nell'interesse della protezione dell'aria, si raccomanda di convogliare il solvente estratto mediante strippaggio in un impianto a carbone attivo.

1.4.2 Assorbimento

Per un'eliminazione efficace dei solventi clorati nell'acqua residua il carbone attivo si presta egregiamente come materiale d'assorbimento. Con tali impianti si possono ottenere concentrazioni residuali inferiori a 0,1 mg/l. Non appena il carbone attivo è saturo, bisogna sostituirlo. Il carbone attivo saturo di solvente non può essere eliminato insieme ai rifiuti domestici: deve essere trattato da una ditta specializzata.

1.5 Condizioni agevolate secondo l'articolo 11 dell'ordinanza sull'immissione delle acque di rifiuto

Le esperienze raccolte nella pratica mostrano che nel caso del trattamento dell'acqua di contatto non è sempre possibile rispettare rigorosamente il valore limite di 0,1 mg/l per i solventi clorati (misurato come Cl) fissato dall'ordinanza sull'immissione delle acque di rifiuto. Inoltre non esistono al momento metodi semplici d'analisi che permettano alle aziende di misurare i solventi clorati a tenori così bassi e quindi di effettuare il controllo autonomo sull'acqua di scarico.

Tenuto conto di tale stato di fatto e constatato che la quantità di solvente clorato immessa da un'azienda dopo pretrattamento è minima, l'Ufficio federale per la protezione dell'ambiente raccomanda agli uffici cantonali preposti alla protezione delle acque, in virtù dell'articolo 11 dell'ordinanza sull'immissione delle acque di rifiuto, di rialzare il valore limite dei solventi clorati per le aziende di lavaggio a secco e di fissarlo a

< 1 mg/l (misurato come Cl)

2 Eliminazione dei rifiuti

2.1 Tipi di residui

Nelle aziende di lavaggio a secco si producono i seguenti residui:

- residui di distillazione e agenti ausiliari di filtraggio ivi contenuti;
- cartucce di filtri (capsule di filtri);
- fibre provenienti dai tessuti lavati;
- materiale d'assorbimento (carbone attivo) proveniente dal trattamento dell'acqua di contatto.

Come dimostrato analiticamente, i residui di distillazione possono far registrare tenori di solvente pari al 50 % della loro massa. Siccome nell'azienda stessa non è possibile né determinare il tenore medio del solvente nei residui di distillazione, né eliminare completamente il solvente dai residui di distillazione, tali residui, unitamente agli agenti ausiliari di fil-

traggio e alle cartucce di filtri, devono essere considerati dei rifiuti speciali ed eliminati come tali. Detti residui non possono essere consegnati come rifiuti domestici.

Per contro le fibre provenienti dai tessuti lavati, che si producono essenzialmente durante l'operazione d'asciugatura e che quindi sono praticamente esenti da solvente, possono essere consegnate come rifiuti domestici.

2.2 Consegna dei rifiuti

L'eliminazione dei rifiuti contenenti solventi clorati deve avvenire secondo le disposizioni dell'ordinanza del 12 novembre 1986 sul traffico dei rifiuti speciali.

I rifiuti speciali possono essere consegnati solo ad un destinatario che sia disposto e abilitato a riceverli.

Per ogni rifiuto speciale che intende consegnare, il fornitore deve compilare ed utilizzare un gioco di bollette di scorta.

Se per il trasporto dei rifiuti speciali viene allestito un documento di spedizione, il fornitore deve provvedere affinché su quest'ultimo sia iscritto lo stesso destinatario che sulle bollette di scorta.

Il fornitore deve contrassegnare gli imballaggi e i recipienti nei quali sono trasportati i rifiuti speciali con l'iscrizione "RIFIUTI SPECIALI" e con il numero delle relative bollette di scorta.

3 Eliminazione degli effluenti gassosi

3.1 Protezione dell'aria

Nel caso delle aziende di lavaggio a secco sono applicabili segnatamente le prescrizioni dell'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA) di cui all'allegato 1, cifra 7 e all'allegato 2, cifra 85.

La concentrazione d'emissione di solventi quali il percloroetilene o il tricloroetilene non deve superare 100 mg/m^3 negli impianti con un flusso di massa pari o superiore a $2,0 \text{ kg/h}$ (allegato 1, cifra 7). Se il flusso di massa è inferiore a $2,0 \text{ kg/h}$, non è prescritto alcun valore limite d'emissione particolare; ciò nonostante anche l'aria di scarico di tali macchine deve essere depurata mediante un filtro a carbone attivo o mediante un dispositivo equivalente (allegato 2, cifra 85).

Se più impianti di lavaggio a secco funzionano insieme, per la concentrazione d'emissione dei solventi è determinante il flusso di massa totale degli impianti. Per le "macchine chiuse" senza aria di scarico, la disposizione dell'allegato 2, cifra 85 non è applicabile direttamente; ciò nonostante se la quantità di solvente emessa nell'aria è pari o superiore a $2,0 \text{ kg/h}$ (flusso di massa), anche una tale emissione deve dapprima essere convogliata in un sistema di depurazione idoneo.

4 Manipolazione e deposito di solventi clorati

Come dimostrato da recenti studi, in Svizzera già molte riserve di acqua sotterranea sono state contaminate, in parte anche in modo grave, da solventi clorati. Dette contaminazioni sono imputabili ad una mancanza di precauzione nell'operare e nel depositare tali solventi. In ogni azienda bisognerà avere la mas-

sima cura affinché i solventi clorati non possano né pervenire nella rete delle canalizzazioni, né infiltrarsi direttamente nel sottosuolo.

I locali nei quali sono installate macchine per il lavaggio a secco o nei quali sono depositati solventi clorati non devono essere muniti di pozzetti per il deflusso. I bordi del pavimento e la soglia del locale possono essere rialzati per contenere eventuali perdite. Il pavimento deve essere munito di un rivestimento resistente ai solventi e i punti permeabili devono essere resi impermeabili al fine di impedire qualsiasi perdita o infiltrazione di solventi. Si tratta in pratica di costruire un bacino di ritenuta capace di contenere tutto il solvente che potrebbe spandersi nel locale. Il calcestruzzo (beton) è permeabile ai solventi clorati. Per questa ragione si raccomanda di munire, per sicurezza, ogni macchina e, se necessario, anche gli altri apparecchi dell'azienda di un bacino di ritenuta metallico. La disposizione nei locali essendo profondamente diversa da un'azienda all'altra, si consiglia ai proprietari di cercare caso per caso la soluzione insieme al servizio cantonale preposto alla protezione delle acque.

Nel caso di perdite di solventi clorati durante operazioni di trasbordo o di travaso fuori dei locali senza pozzetti di deflusso, occorre mettere in atto provvedimenti per impedire che i solventi si infiltrino nel sottosuolo o pervengano nella rete delle canalizzazioni. Se dei solventi clorati pervengono in un pozzo, questo deve essere immediatamente svuotato. Nel caso di perdite importanti di solventi clorati i servizi cantonali preposti alla protezione delle acque devono essere avvisati immediatamente.

VI RIEPILOGO SULLE MISURE DA PRENDERE

- 1 In tutte le aziende, per quanto concerne il sistema dell'acqua di raffreddamento, si devono adottare misure di protezione per impedire al solvente di pervenire nella rete delle canalizzazioni. Si può, per esempio, installare un separatore di sicurezza indipendente per l'acqua di raffreddamento oppure una o più valvole telescopiche con deflusso libero. Se l'acqua di raffreddamento scorre in un circuito chiuso, dette precauzioni non sono necessarie.
- 2 Prima di essere immessa nelle canalizzazioni, l'acqua di contatto (cfr. capitolo V, cifra 1.2.2) deve essere sottoposta a pretrattamento. La concentrazione massima ammessa in solvente clorato è 1 mg/l (misurato come Cl₂).
- 3 Un separatore di sicurezza deve precedere l'impianto di pretrattamento. All'occorrenza il separatore di sicurezza può essere integrato all'impianto di pretrattamento. Un indicatore di livello deve permettere di controllare grado di riempimento con solvente del separatore di sicurezza. L'acqua di raffreddamento non deve passare attraverso detto separatore di sicurezza.
- 4 I residui di distillazione, i prodotti ausiliari di filtraggio e le capsule dei filtri sono dei rifiuti speciali e come tali vanno eliminati.
- 5 In tutte le aziende con macchine "aperte" l'aria di scarico deve essere depurata mediante un impianto a carbone attivo o mediante un dispositivo equivalente.

- 6 Mediante appositi dispositivi di ritenuta, in materiale impermeabile e resistente al solvente, occorre impedire che il solvente pervenga nella rete delle canalizzazioni o si infiltri nel sottosuolo.
- 7 Le perdite di solventi clorati nell'ambiente devono essere minimizzate usando la massima cura nelle operazioni con i solventi e ricorrendo alle tecniche più moderne.
- 8 Gli impianti a raffreddamento mediante nebulizzatore devono essere messe fuori servizio.

Membri del gruppo di lavoro

E. Müller (Presidente)	Ufficio federale per la protezione dell'ambiente
dott. W. Meier	Ufficio per la protezione delle acque del canton Zurigo
E. Rüegg	Laboratorio cantonale di Zurigo, divisione protezione delle acque