

LE CLOROPARAFFINE E LA LORO DETERMINAZIONE ANALITICA

PARTE 1: ASPETTI NORMATIVI E CARATTERISTICHE CHIMICHE

A cura del dr. Leopoldo Esposito - 24 Aprile 2026

Aspetti normativi

Le cloroparaffine rappresentano una classe di composti chimici ampiamente utilizzati in diversi settori industriali grazie alle loro proprietà di resistenza al fuoco, stabilità chimica e capacità plastificanti. Nel settore conciario, esse hanno trovato applicazione soprattutto nei processi di ingrasso e rifinizione delle pelli, contribuendo a migliorare flessibilità, resistenza e durabilità del prodotto finito. Tuttavia, negli ultimi anni, l'attenzione verso queste sostanze è cresciuta significativamente a causa del loro potenziale impatto ambientale e sanitario.

In particolare, alcune categorie di cloroparaffine, come le cloroparaffine a catena corta (SCCP), sono state riconosciute come sostanze persistenti, bioaccumulabili e tossiche, portando alla loro inclusione tra gli inquinanti organici persistenti regolamentati a livello internazionale. Questo ha determinato un progressivo irrigidimento delle normative, spingendo il settore conciario, già sottoposto a forti pressioni normative e ambientali, a riconsiderarne l'impiego e a ricercare alternative più sostenibili.

L'attenzione normativa europea sulle paraffine clorurate si è sviluppata in modo progressivo, seguendo una traiettoria ben definita: inizialmente limitata agli usi specifici nei preparati industriali, poi estesa agli articoli finiti e, più recentemente, anche ai materiali riciclati. Il settore conciario è stato coinvolto fin dalle prime fasi, essendo uno degli ambiti in cui queste sostanze erano maggiormente utilizzate.

Il primo intervento rilevante riguarda le SCCP, con la Direttiva 2002/45/CE, che introduce un limite dell'1% in peso nei preparati utilizzati, tra gli altri, per l'ingrasso del cuoio. In questa fase la restrizione è circoscritta ai prodotti chimici impiegati nei processi, senza coinvolgere direttamente gli articoli finiti. L'obiettivo è ridurre l'uso intenzionale nelle formulazioni industriali, lasciando però ancora margini di presenza nei prodotti.

Con l'entrata in vigore del Regolamento REACH e il successivo inserimento delle SCCP tra le sostanze estremamente preoccupanti (SVHC), l'attenzione si sposta lungo tutta la filiera. Il passaggio decisivo avviene con il regolamento (UE) 2015/2030, che introduce un limite molto più restrittivo, pari allo 0,15% in peso, applicato direttamente agli articoli. Da questo momento anche il cuoio e i prodotti conciari devono rispettare soglie specifiche, e il controllo si estende al prodotto finito.

La successiva inclusione delle SCCP nella Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti (POP), recepita nel Regolamento (UE) 2019/1021, segna il passaggio a un regime quasi di divieto totale. I limiti si abbassano ulteriormente fino a livelli di traccia, applicati a sostanze, miscele e articoli, rendendo di fatto impossibile qualsiasi uso intenzionale e imponendo controlli analitici molto stringenti.

In parallelo, l'industria si è spostata progressivamente verso l'impiego delle MCCP, le cloroparaffine a catena media, inizialmente non soggette a restrizioni equivalenti. Tuttavia, le più recenti proposte normative prevedono anche per queste sostanze l'inclusione nel regolamento POP, con un limite per contaminazioni accidentali pari allo 0,1% (1000 mg/kg), applicato a sostanze, miscele e articoli. Un elemento particolarmente rilevante è l'assenza di deroghe per i materiali riciclati, che devono rispettare gli stessi limiti delle materie prime.

Nel complesso, si osserva quindi un doppio movimento: da un lato, una riduzione progressiva dei limiti (da percentuali elevate a livelli di traccia), dall'altro un'estensione dell'ambito di applicazione (dai preparati agli articoli fino al riciclo).

Caratteristiche chimiche ed approcci analitici di determinazione quali-quantitativa

Dal punto di vista chimico, le paraffine clorate sono miscele complesse di idrocarburi alifatici lineari (alcani) che hanno subito un processo di clorurazione. La reazione di cloro gassoso con le paraffine produce composti con un grado di clorurazione variabile, tipicamente compreso tra il 40% e il 70% in peso.

Le SCCP (Short-Chain Chlorinated Paraffins) comprendono alcani con una lunghezza della catena di carbonio compresa tra C10 e C13. A causa della loro struttura più corta, presentano una maggiore volatilità e solubilità in acqua rispetto alle catene più lunghe, caratteristiche che ne aggravano la dispersione ambientale.

Le MCCP (Medium-Chain Chlorinated Paraffins), invece, sono costituite da catene di carbonio tra C14 e C17. Storicamente introdotte come sostituti "più sicuri" delle SCCP, condividono in realtà molte delle proprietà chimico-fisiche dei loro predecessori, inclusa la persistenza ambientale. Spesso, le SCCP possono trovarsi come impurezze all'interno delle miscele commerciali di MCCP .

La natura di "miscela" originata da una classe di composti estremamente complessa, quale quella degli idrocarburi, rende l'analisi quantitativa di questi composti estremamente difficoltosa. Per rendersi conto di ciò basta esaminare la numerosità dei possibili isomeri corrispondenti a molecole con un contenuto medio di cloro pari al 55%, come riassunto in Figura 1.

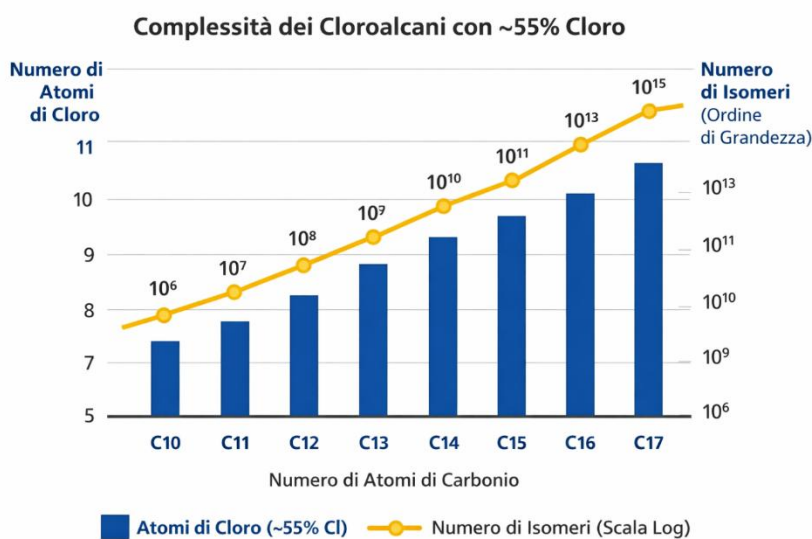


Figura 1. Numerosità degli isomeri per idrocarburi clorurati al 55% di cloro

Dato il loro numero, la separazione e la identificazione di ogni composto è evidentemente irrealizzabile anche con tecniche avanzate. C'è, infatti, un continuum di caratteristiche chimico-fisiche che porta ad una sovrapposizione di riposta analitica, ad esempio co-eluzione cromatografica, che risulta critica con metodi di rilevazione senza caratteristiche di selettività, come evidenziato nei gascromatogrammi con rilevazione ECD e MS in modalità TIC (Total Ion Chromatogram) delle figure 2 e 3.

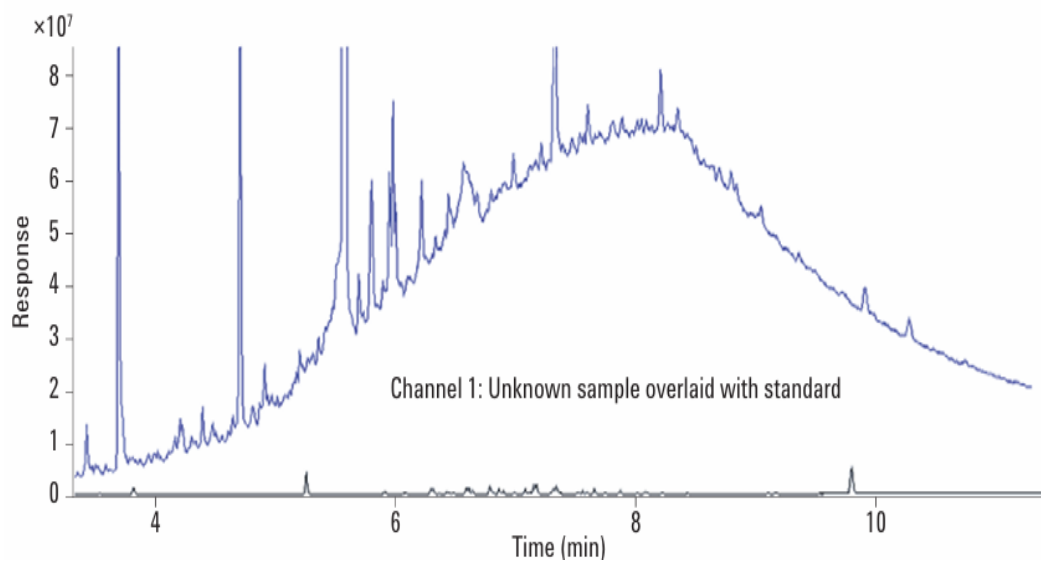


Figura 2. Cromatogramma GC-ECD di miscela complessa di idrocarburi clorurati

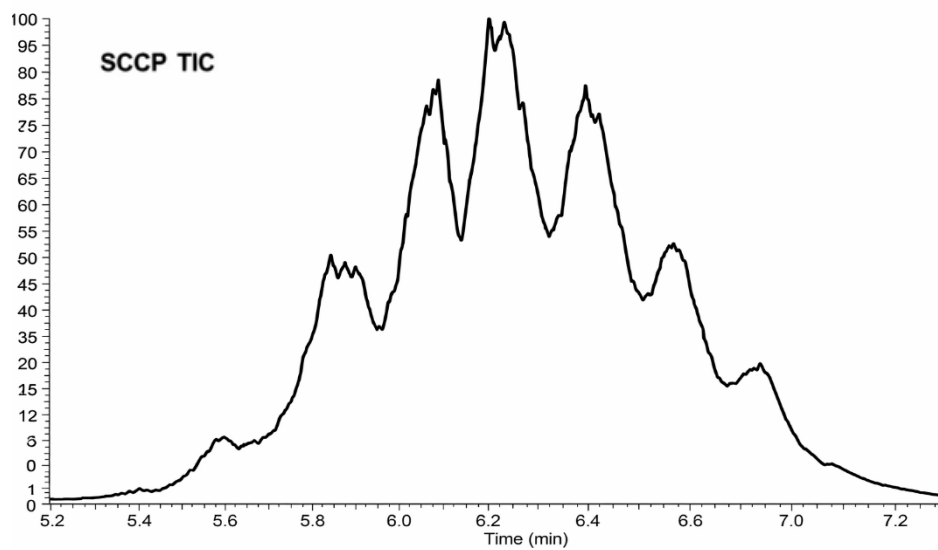


Figura 3. Cromatogramma GC-MS in modalità TIC di miscela complessa di idrocarburi clorurati

La gascromatografia o la cromatografia liquida accoppiate alla spettrometria di massa (GC-MS, LC-MS/MS) sono comunque le tecniche al momento disponibili per approcciare una identificazione e quantificazione almeno di gruppi più ristretti di congeneri di composti clorurati.

Non sono poche, però, le difficoltà che si incontrano nella determinazione di tali sostanze che richiedono approcci abbastanza laboriosi che saranno trattati in un prossimo Focus scientifico.