

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

CORSO DI LAUREA IN CHIMICA

Contaminazione da Cromo esavalente:
Il caso Tricom-Galvanica PM

Relatore: Prof. Sara Bogialli

Correlatore: Prof. Claudia Marcolungo

Laureando: Lisa Del Din

Matricola: 2075409

ANNO ACCADEMICO 2025/2026

INDICE

ABSTRACT	1
CAPITOLO 1 – IL CROMO	2
1.1. PANORAMICA E COMPOSTI PRINCIPALI	2
1.2. TOSSICITÀ	3
1.3. UTILIZZI	4
CAPITOLO 2 – IL SITO	5
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO	6
2.2. IL CICLO PRODUTTIVO E L'IMPIANTO DI DEPURAZIONE	7
2.3. QUADRO NORMATIVO	8
CAPITOLO 3 – MONITORAGGIO	11
3.1. LA SCOPERTA DELLA CONTAMINAZIONE	11
3.2. LA RETE DEI PIEZOMETRI REGIONALI E LE INDAGINI PRELIMINARI	12
3.3. I PIEZOMETRI INTERNI E LA BARRIERA IDRAULICA	14
CAPITOLO 4 – BONIFICA	16
4.1. PRIMO E SECONDO STRALCIO	16
4.2. RIDUZIONE DEL CROMO ESAVALENTE IN SITU	17
CAPITOLO 5 – PROFILO GIURIDICO	20
5.1. LA CONTAMINAZIONE "SILENZIOSA"	20
5.2. LO STATO DEI LUOGHI	22
5.3. L'EPILOGO GIUDIZIARIO	24
CONCLUSIONE	28
BIBLIOGRAFIA	29

ABSTRACT

La vicenda che coinvolge l'ex azienda Tricom-PM Galvanica nel Comune di Tezze sul Brenta (VI) rappresenta uno dei più gravi casi di inquinamento ambientale della regione Veneto.

Le varie pronunce che hanno interessato gli impianti, dalla sentenza n. 140 del 2006 del Tribunale ordinario di Padova alla sentenza del 7 giugno 2012 della Corte di Appello di Venezia in riforma parziale della pronuncia di primo grado e la successiva sentenza della Corte di Cassazione n. 1332/2013, stimano che l'inquinamento prodotto dalla ex Tricom-PM Galvanica abbia causato l'esposizione mortale di alcuni lavoratori e l'avvelenamento di 12 km² di falda, sebbene le stime locali e l'estensione della contaminazione suggeriscano un'area colpita potenzialmente più vasta.

La storia, avviata nei primi anni '70, vede la realizzazione di un complesso industriale galvanico per la cromatura di elementi d'arredo.

Il Cromo è un metallo che esiste in differenti stati di ossidazione: la forma esavalente, utilizzata nel processo di cromatura, risulta particolarmente pericolosa per la salute umana poiché classificata dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) come cancerogena di gruppo 1. L'elevata solubilità del Cr(VI) nella forma di cromato ne facilita inoltre la diffusione nelle falde acquifere, rendendolo un contaminante ambientale estremamente mobile.

L'autorizzazione per la costruzione della fabbrica venne concessa dal comune di Tezze nel 1973, con l'impegno da parte della proprietà di far funzionare l'impianto di depurazione e di limitare la concentrazione di Cromo (VI) negli scarichi liquidi a 50 µg/L.

Tuttavia, questa limitazione fu ignorata sin dall'esordio dell'attività produttiva, nel 1974.

Il contenuto di Cromo totale rilevato negli scarichi industriali della ditta, nel mese di settembre dello stesso anno, fu di 5700 µg/L. Tale valore salì a 7200 µg/L nel febbraio dell'anno successivo.

Nonostante ripetute contestazioni e revoche, l'attività dell'azienda continuò per decenni grazie ad una serie di autorizzazioni provvisorie.^[1]

Una vicenda durata quarant'anni, le cui opere sono da poco terminate, che evidenzia come la mancata osservanza delle norme di sicurezza e delle procedure di monitoraggio previste dalla legge, per privilegiare interessi economici personali, ha esposto la popolazione a rischi molto elevati, sfociando in un vero e proprio disastro ambientale e sociale.

CAPITOLO 1 – IL CROMO

Il punto di partenza nello studio di questo caso è un'analisi chimico-fisica dell'agente inquinante, il Cromo esavalente, al fine di comprendere le necessità del controllo del processo industriale e le conseguenze su ambiente e salute che le negligenze e gli errori commessi nella gestione possono provocare.

1.1. Panoramica e composti principali

Il Cromo, dal greco *chroma* (colore), è un metallo di transizione appartenente al sesto gruppo della tavola periodica, con configurazione elettronica $[\text{Ar}]3d^54s^1$.

È un elemento relativamente poco diffuso sulla crosta terrestre, posizionandosi al ventunesimo posto per abbondanza naturale. Con una concentrazione di circa 122 ppm, in natura si trova principalmente in minerali quali cromite (FeCr_2O) e crocoite (PbCrO_4).

Il Cromo esiste in un ampio range di stati di ossidazione, compresi tra -2 e +6. Tuttavia, i più comuni e stabili in soluzione acquosa sono gli stati esavalente (VI) e soprattutto trivalente (III).^[2]

Nello stato trivalente, il Cromo forma l'ossido di Cromo (III) (Cr_2O_3), un solido di colore verde, anfotero e termicamente stabile, con punti di fusione ed ebollizione rispettivamente di 2435°C e 4000°C . In ambiente acquoso neutro e nel suolo a temperatura ambiente, i composti del Cr(III) vengono assorbiti dai colloidi del suolo e formano precipitati scarsamente solubili: questo comportamento limita la mobilità e la conseguente diffusione idrogeologica dell'agente, qualora esso fosse presente in scenari di contaminazione ambientale.^[3]

Il triossido di Cromo (VI) (CrO_3), noto come anidride cromica, è un solido rosso scuro, termodinamicamente instabile e altamente solubile in soluzione acquosa in quasi tutti i range di pH (circa 1667 g/L a temperatura ambiente). L'anidride cromica trova impiego in differenti contesti produttivi, tra i quali le lavorazioni galvaniche.^[4]

Il Cr(VI) esiste in soluzione acquosa in una varietà di ossospecie che dipendono dal pH, le cui colorazioni sono determinate dalla concentrazione analitica delle specie stesse. Le strutture di tali specie anioniche si basano sulla condivisione di un vertice della struttura tetraedrica dello ione cromato, man mano che la polimerizzazione procede al diminuire del pH.

A pH fortemente acidi (inferiori a 1), la specie predominante risulta l'acido cromico (H_2CrO_4). Aumentando il pH in un intervallo tra 2 e 6, prevalgono le specie idrogenocromato (HCrO_4^-) e dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), mentre a pH superiori a 7-8 primeggia la forma monomerica cromato (CrO_4^{2-}), di colore giallo.^[5]

L'elevata solubilità rende il Cr(VI) estremamente mobile e pericoloso da un punto di vista ambientale. Queste caratteristiche permettono all'analita di muoversi seguendo il flusso dell'acqua, favorendo un'eventuale contaminazione della falda sotterranea.

1.2. Tossicità

Il profilo tossicologico del Cromo dipende fortemente dai diversi stati di ossidazione.

Il Cr(III) non mostra grandi rischi ambientali o per la salute umana. Se presente in tracce, è un elemento fondamentale per il metabolismo di zuccheri e lipidi, oltre ad esistere commercialmente in diversi integratori nutrizionali.

Sebbene studi effettuati sugli animali attestino che il Cr(III) possa essere benefico nella prevenzione di arteriosclerosi e problemi cardiaci, possibili effetti genotossici sono ancora oggetto di indagini: studi in vivo rivelano che i supplementi di Cr(III) nell'organismo potrebbero essere parzialmente ossidati a Cr(V) e al più tossico Cr(VI).^[6]

Nel 1990, il Cr(VI) è stato classificato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come potente mutageno e carcinogeno di gruppo 1.

Se l'esposizione avviene a dosi elevate, il Cr(VI) può causare perforazioni del setto nasale, problemi respiratori, eruzioni cutanee, danni a fegato e stomaco. Inoltre, un'esposizione prolungata risulta direttamente correlata all'insorgenza di differenti tipi di cancro, principalmente tumori polmonari e alle vie aeree.

La sua pericolosità deriva dalla capacità di raggiungere rapidamente le cellule del corpo grazie al sistema di trasporto anionico solfato/fosfato. Una volta all'interno dell'organismo, esso viene ridotto a stati di ossidazione inferiori, fino a raggiungere il Cr(III). È proprio questo processo di riduzione interna che porta alla formazione di intermedi instabili e specie reattive dell'ossigeno (ROS), dannose per le biomolecole. Sono state analizzate differenti modifiche genetiche causate da questo agente, tra cui formazione di legami crociati (cross-links) tra i filamenti di DNA, rotture degli stessi e formazione di addotti Cr-DNA.

Sono soggetti a questi rischi principalmente i lavoratori operanti nei settori che sfruttano il Cr(VI) (capitolo 1.3), ma anche coloro che possono essere esposti alla sostanza, nel caso in cui ci siano avvelenamenti del suolo o della falda acquifera.^[6]

1.3. Utilizzi

Il Cromo è un elemento piuttosto versatile che ha diversi utilizzi in ambito industriale, prevalentemente nei settori metallurgico, chimico e refrattario.

L'impiego principale del Cr(VI) consiste nella produzione di acciai inossidabili, processo che rende i metalli più resistenti alla corrosione e all'alterazione del loro colore naturale.

Uno degli utilizzi più importanti rimane ancora oggi la cromatura galvanica, aspetto che verrà approfondito nel capitolo a seguire poiché rappresenta un tassello fondamentale nel caso di studio.

Il Cromo è utilizzato inoltre come pigmento e colorante. Il cosiddetto 'giallo cromo', chimicamente il monocromato di piombo (PbCrO_4), è il colore caratteristico degli scuolabus statunitensi, impiegato dal 1939 grazie alla sua resistenza alla fotodegradazione. Tuttavia, il suo utilizzo è stato oggi sostituito da pigmenti privi di piombo, per via di preoccupazioni sulla sicurezza ambientale e umana.

In ambito refrattario, il Cromo viene sfruttato grazie agli alti punti di fusione della cromite (2190-2270°C) e dell'ossido di Cromo (III), dove tra le applicazioni spiccano i forni per il cemento e gli stampi per la cottura dei mattoni. I materiali utilizzati in questo ambito sono spesso composti da miscele di cromite e magnesite (MgCO_3).

L'uso del Cromo in questo ambito è attualmente in calo, a causa di regolamentazioni ambientali che temono una possibile formazione della più tossica forma esavalente.

I composti del Cromo trovano impiego, infine, come catalizzatori per il trattamento degli idrocarburi, come interconnettori in celle a combustibile ad ossido solido e in ulteriori applicazioni avanzate.^[7]

CAPITOLO 2 – IL SITO

Il sito industriale in esame è ubicato in Via Tre Case, nella zona industriale di Stroppari, frazione del comune di Tezze sul Brenta (VI) (figura 1).

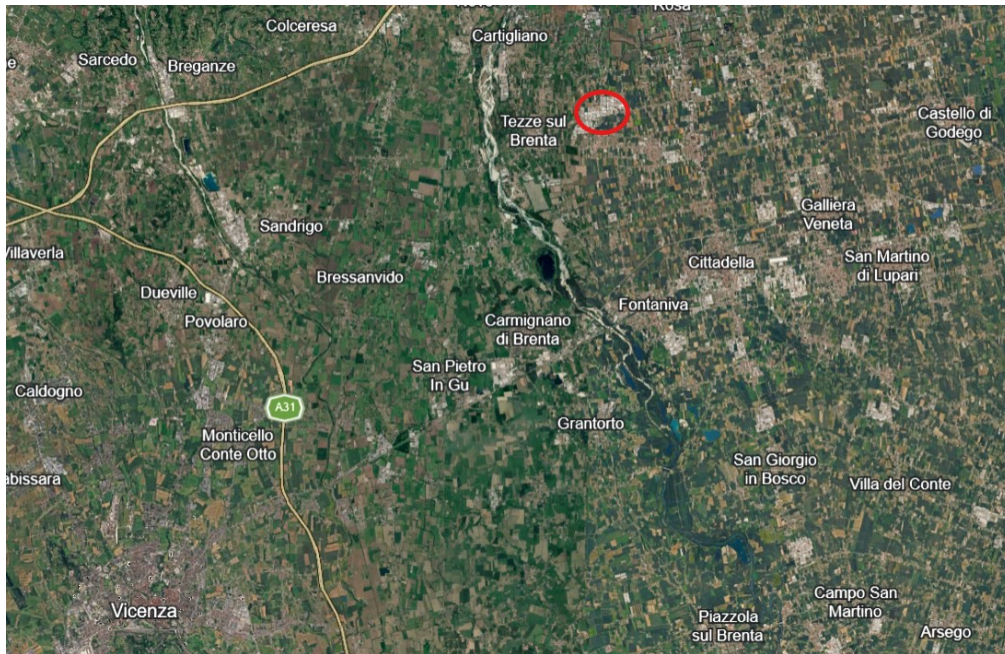


Figura 1. Mappa del sito (Google Earth).

Verso la fine degli anni '60, il paese fu al centro di un profondo cambiamento: il passaggio da un territorio prevalentemente agricolo alla nascita delle prime grandi industrie segnò enormemente l'economia del territorio (figura 2).

Con una superficie totale di 4850 m², la Galvanica iniziò la sua attività produttiva nel 1974 sotto il nome di “Cromatura Zampierin”. L'anno successivo, si ebbe una trasformazione societaria in “Tricom Spa”.

Nel 1995, il nome dell'azienda cambiò definitivamente in “Galvanica PM”, sigla che l'accompagnò fino al 24 dicembre 2003, giorno in cui il Tribunale di Bassano del Grappa ne dichiarò il fallimento.^[1]



Figura 2. Evoluzione dell'assetto territoriale nella frazione di Stroppari (Tezze sul Brenta)^[11].

2.1. Inquadramento geografico e geologico

Il territorio interessato dal caso di inquinamento ambientale occupa una posizione centrale nella regione Veneto, situandosi nel punto in cui l'Alta Pianura incontra la Media Pianura Veneta. I comuni coinvolti sono quelli di Cittadella (Padova), Fontaniva (Padova) e Tezze sul Brenta (Vicenza).

L'Alta Pianura, dove sorgeva la ditta galvanica, presenta un terreno composto da accumuli di materiali alluvionali, principalmente ghiaia grossolana e sabbie, che creano un unico acquifero sotterraneo indifferenziato. Questo acquifero è definito Monofalda e risulta privo di barriere geologiche nel percorso idrico verso valle.

Posta a ridosso dei rilievi montuosi, l'Alta Pianura ha un'elevatissima permeabilità e di conseguenza l'acqua piovana è in grado di penetrare rapidamente in profondità nella falda.

La Media Pianura presenta una permeabilità inferiore, con un terreno costituito da materiali progressivamente più fini, quali ghiaie di piccole dimensioni, sabbia, limo e argilla.

L'acqua non circola più in un unico grande deposito, ma viene separata in differenti strati sovrapposti, definiti sistemi Multifalda, che si avvicinano progressivamente alla superficie del suolo fino ad emergere naturalmente, in corrispondenza delle risorgive in Bassa Pianura.

La comprensione morfologica della zona è di cruciale importanza per riconoscere come il Cr(VI) sia stato in grado di contaminare il territorio.

L'azienda Tricom-PM Galvanica, sorgente dell'inquinamento, era ubicata in una zona di Alta Pianura. Il Cr(VI) sversato in modo illecito nel terreno permeabile, data la sua elevata mobilità, è stato in grado di percolare in profondità senza trovare barriere geologiche, avvelenando la falda indifferenziata.

Nel Comune di Fontaniva, situato a Sud-Est di Tezze, il passaggio dal sistema Monofalda al sistema Multifalda ha permesso all'inquinante di risalire verso la superficie, raggiungendo i pozzi privati dei cittadini.

La direzione del flusso idrico è influenzata dal regime del Fiume Brenta, situato a circa 3 km a Est dall'area interessata: nei periodi di magra (mesi tardo invernali-primaverili), il flusso tende a direzionarsi da Nord verso Sud, mentre nei periodi di piena (mesi tardo estivi-autunnali) da Est verso Ovest.^[8]

2.2. Il ciclo produttivo e l'impianto di depurazione

L'attività produttiva svolta nell'azienda Tricom-Galvanica PM consisteva nella cromatura galvanica di elementi d'arredo quali tavoli, specchi, sedie, vetrine.

Il processo si basa sull'elettrodeposizione di uno strato di Cromo sulla superficie di un metallo opportunamente pretrattato, principalmente a scopo estetico e protettivo. Storicamente, la forma di Cromo più utilizzata per questo processo è stata quella esavalente. Tuttavia, le industrie moderne utilizzano sempre di più la forma trivalente.

Il ciclo produttivo era complesso e prevedeva l'impiego di 29 sostanze chimiche differenti.

Nell'impianto di Tezze sul Brenta venivano utilizzati prevalentemente Nichel, in forma di cloruro e solfato, e Cr(VI), sotto forma di anidride cromica. Gli oggetti da cromare venivano inizialmente posizionati manualmente su telai mobili e immersi in vasche contenenti soluzioni alcaline utili a rimuovere oli e grassi. Seguivano il decapaggio acido per la rimozione degli ossidi superficiali e la sgrassatura elettrolitica, al fine di preparare la superficie del metallo all'adesione degli strati successivi. Il primo bagno elettrolitico consisteva nella nichelatura, eseguita con l'utilizzo di una cella contenente soluzioni di Nichel e acido borico. Dopo un lavaggio intermedio, si proseguiva con il secondo e ultimo bagno elettrolitico: la cromatura. Qui veniva impiegato il Cromo in stato di ossidazione +6, la sua forma più tossica. Il processo, analogo alla nichelatura, prevedeva l'immersione del metallo in una vasca contenente una soluzione di Cr(VI) e acido solforico.

A processo completato, veniva eseguito un lavaggio finale dei pezzi con acqua corrente. Gli scarichi industriali venivano inviati, come da autorizzazione una volta depurati, nella vicina Roggia Brotta.

Dal momento che i reflui derivanti dalla fase di cromatura impattano enormemente l'ambiente, la presenza di Cr(VI) imponeva un trattamento di riduzione specifico, volto a trasformare il metallo nella meno tossica forma trivalente.

L'autorizzazione all'inizio delle attività galvaniche venne concessa nel 1973 con l'impegno da parte dei titolari dell'azienda a:

- Iniziare l'attività produttiva dopo l'effettuazione di un completo collaudo dell'impianto di depurazione, basato sul riciclo delle acque,

- Far funzionare l'impianto in continuità durante le lavorazioni galvaniche,
- Sospendere le lavorazioni dello stabilimento qualora l'impianto fosse inadeguato.^[1]

All'interno dell'impianto, i reflui della cromatura dovevano subire un pretrattamento di riduzione del Cr(VI) in Cr(III). Tale processo avveniva in una vasca apposita, dove il dosaggio dei reagenti era servocomandato da un pH-metro e da un potenziometro. La reazione doveva essere condotta in ambiente acido con utilizzo di acido solforico (pH tra 2 e 2.5) e in presenza di un agente riducente, il bisolfito di sodio.

Completata la riduzione dei cromati, i reflui confluivano in una vasca di equalizzazione contenente gli scarichi provenienti dalle altre fasi di lavorazione, tra cui sgrassatura e nichelatura.

Qui avveniva il processo di neutralizzazione con l'aggiunta di calce idrata: l'innalzamento del pH a circa 6.5-7.5 permetteva la formazione di idrossidi metallici insolubili con tendenza a precipitare.

I reflui venivano portati al sedimentatore, previa aggiunta di una soluzione di polielettrolita, che permetteva l'aggregazione delle particelle di idrossido in "fiocchi" più grandi e pesanti, in grado di precipitare sul fondo del sedimentatore.

Il liquido surnatante, dopo correzione del pH, veniva inviato alla pubblica fognatura, mentre il precipitato doveva essere aspirato, disidratato meccanicamente e infine destinato ad impianti autorizzati al suo smaltimento.^[8]

2.3. Quadro normativo

Le attività galvaniche rientravano nell'ambito di applicazione della legislazione Seveso II (D.Lgs 334/99) per l'utilizzo di sostanze classificate come tossiche (T), molto tossiche (T+) o pericolose per l'ambiente. In caso di inquinamento, a seguito di sversamenti non autorizzati o rottura delle vasche, possono essere coinvolti il suolo, la falda acquifera e l'aria.

Quando iniziò l'attività produttiva nell'ex Tricom-Galvanica PM, non esisteva una normativa specifica riguardante gli scarichi industriali, in funzione della tutela del suolo e delle acque.

Soltanto il 10 maggio 1976, con l'emanazione della Legge n. 319 (Legge Merli), furono introdotti in Italia i primi limiti di accettabilità per la concentrazione di metalli pesanti nelle acque superficiali e sotterranee, tra cui Cr(III), Cr(VI) e Nichel.^[9]

Tabella 1.1 Limiti definiti dalla Legge 319/76 per la tutela delle acque dall'inquinamento.

Metallo	Valore limite di scarico in corpi idrici (mg/L)	Valore limite di scarico in fognatura (mg/L)
Cr(III)	2	4
Cr(VI)	0,2	0,2
Nichel	2	4

Tali parametri furono superati il 25 ottobre 1999 con il Decreto Ministeriale n. 471. Tra le varie voci del Decreto, nell'Allegato 1 vennero stabiliti valori di concentrazione limite più stringenti per sostanze inquinanti il suolo e le acque sotterranee, in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti.

Tabella 1.2 Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo.

(DM 471/99, Allegato 1, Tabella 1, colonne A e B)

Metallo	Limiti per siti ad uso pubblico e residenziale (mg/kg)	Limiti per siti ad uso industriale (mg/kg)
Cr(VI)	2	15
Cromo totale	150	800
Nichel	120	500

Per quanto riguarda le acque sotterranee, i limiti vennero espressi in microgrammi su litro ($\mu\text{g/L}$), imponendo l'adozione di metodiche con una maggiore sensibilità analitica.

Tabella 1.3 Valori di concentrazione limite accettabili nelle acque sotterranee.

(DM 471/99, Allegato 1, Tabella 2)

Metallo	Valore limite ($\mu\text{g/L}$)
Cr(VI)	5
Cromo totale	50
Nichel	20

I valori soglia definiti dal DM 471/99 stabilirono i limiti di concentrazione oltre il quale il sito doveva essere considerato contaminato, rendendo obbligatori interventi di messa in sicurezza e bonifica, chiariti negli allegati 3 e 4.^[10]

Tali limiti furono confermati dal successivo D.Lgs. 152/2006 (Testo Unico Ambientale), che rappresenta tuttora il principale riferimento normativo nazionale in materia di disciplina ambientale. Per quanto riguarda le acque destinate al consumo umano, il limite per il Cromo totale fu fissato a 50 µg/L, sulla base del D.Lgs. 31/2001. Questo valore fu tuttavia oggetto di deroghe per diversi anni, fino alla nuova Direttiva Europea sulle acque potabili, recepita con i decreti legislativi n. 18/2023 e n. 102/2025. Con i nuovi provvedimenti, il nuovo limite venne fissato a 25 µg/L, con adeguamento su tutto il territorio nazionale entro il 12 gennaio 2026.

CAPITOLO 3 – MONITORAGGIO

3.1. La scoperta della contaminazione

La massiccia contaminazione da Cr(VI) nelle matrici suolo e falda acquifera fu riscontrata ufficialmente nell'estate del 2001.

La scoperta avvenne a seguito di un controllo di potabilità eseguito sui campioni d'acqua di un pozzo privato situato nella frazione di Pozzetto, Comune di Cittadella, dove le concentrazioni di Cromo totale risultarono ben superiori ai limiti di potabilità stabiliti dal D.Lgs. 31/2001. Successive analisi di speciazione chimica rivelarono superamenti dei limiti anche per quanto riguarda il Cr(VI).

Da questo caso partirono indagini approfondite da parte del Comune di Cittadella e delle sedi ARPAV di Padova e Vicenza. Furono eseguiti campionamenti in tutta la zona, confermando la presenza di Cr(VI) oltre i limiti legali ed evidenziando una tendenza specifica: la percentuale di Cromo nelle acque aumentava progressivamente spostandosi verso Nord.

Poiché la zona da cui partirono le indagini si trovava circa 6 km a Sud-Est dalla sede dell'azienda, fu complicato stabilire la sorgente di tale inquinamento.

All'epoca, buona parte della popolazione preferiva attingere alla falda acquifera tramite pozzi privati, piuttosto che allacciarsi alla rete idrica comunale. In questi punti, l'acqua veniva attinta generalmente ad una profondità tra i 15 e i 30 metri dal p.c. (piano campagna) per pozzi di vecchia costruzione, e circa 50 dal p.c. per pozzi più recenti. L'esposizione prolungata all'acqua contaminata causò nella popolazione problematiche quali arrossamenti della pelle, perdita di capelli e forti cefalee, sebbene al tempo le cause di tali fastidi non fossero ancora note.

Anche l'ambiente circostante presentava forti segnali di mutazione: di notevole importanza fu il caso delle "pratoline mutanti" (figura 3), prelevate dal giardino di una delle famiglie che utilizzava l'acqua del pozzo per usi domestici. Le margherite, il cui DNA fu analizzato in laboratorio, presentarono evidenti deformazioni riconducibili all'esposizione a metalli pesanti.



Figura 3. Pratoline mutanti.

Tra il 2001 e l'inizio del 2002, furono campionati in totale 106 pozzi privati nelle zone di Fontaniva e Cittadella: ad una profondità variabile tra i 17 e i 30 metri dal p.c., 29 pozzi presentavano concentrazioni di Cr(VI) superiori a 5 µg/L, limite legale per le acque sotterranee, 6 pozzi superavano i 50 µg/L di Cromo totale, limite legale per le acque destinate al consumo umano.

Solo a marzo 2002 fu individuato un pozzo contaminato nel territorio di Tezze: le analisi su un campione di acqua di rubinetto rivelarono una concentrazione di Cr(VI) pari a 140 µg/L.

Il percorso investigativo per individuare la sorgente di tale inquinamento richiese numerosi accertamenti sulla direzione di scorrimento della falda (NW-SE), sui pozzi privati e sulle planimetrie del territorio. Dopo accurate analisi, furono selezionate alcune aziende che utilizzavano il Cromo nel loro ciclo di produzione, per individuare, infine, la ditta PM Galvanica, luogo da cui possibilmente aveva origine l'inquinamento.^{[8][11]}

3.2. La rete dei piezometri regionali e le indagini preliminari

Tra marzo e dicembre 2002, sotto la supervisione tecnica di ARPAV, vennero installati i primi sei pozzi piezometrici (Pz1-Pz6) per lo studio delle acque di falda, localizzati in punti strategici all'esterno della Galvanica.

La loro costruzione fu finalizzata all'individuazione della sorgente inquinante e alla realizzazione di una banca dati per comprendere i meccanismi di propagazione nella falda.

Il piezometro Pz1, posizionato a monte dell'azienda, funzionò da "bianco", dal momento che tutti i campionamenti periodici non rivelarono tracce di Cr(VI). Questi dati fornirono la prova scientifica che la contaminazione non proveniva da aziende a Nord della Galvanica, ma che aveva origine proprio all'interno del perimetro aziendale.

Il piezometro Pz2 fu installato a valle della ditta, a Sud di roggia Brotta, mentre Pz5 e Pz6 furono posizionati nelle immediate vicinanze della Galvanica. Infine, Pz3 e Pz4 vennero installati più a Sud, tra Tezze e Cittadella.

I campionamenti vennero eseguiti a diverse profondità, comprese tra i 35 e i 45 metri dal p.c.: le analisi chimiche nei Pz2, Pz5 e Pz6 non evidenziarono concentrazioni di Cr(VI) oltre i limiti, mentre i rilievi effettuati sul Pz4 accertarono una concentrazione massima di Cr(VI) pari a 132 µg/L, ad una profondità di 39 metri dal p.c.^[8]

Le indagini sulla contaminazione del terreno sottostante la Galvanica furono condotte a partire dal 2003 da parte dell'ARPAV Provinciale e Regionale.

L'intervento di caratterizzazione fu enorme; comportò l'esecuzione di carotaggi e campionamenti in tutta l'area della ditta e lungo roggia Brotta, dove erano diretti i reflui industriali.

Nello stabilimento, i campioni di terreno furono prelevati realizzando sette sondaggi verticali a carotaggio continuo a diverse profondità: fino a 2 metri (sondaggi P2, P3, P4, P6, P7) e fino a 7 metri (sondaggio P5) dal p.c. Oltre a questi prelievi, i campionamenti interessarono anche i pozzetti di raccolta delle acque piovane (punti P, P1, P8 e PS).

La scelta di utilizzare la tecnica del sondaggio verticale a carotaggio continuo consentì di prelevare campioni di terreno cilindrici e integri, in modo da ricostruire la stratigrafia del terreno e impedire la contaminazione tra i diversi strati durante la perforazione.

Tra il 3 e il 5 marzo 2003, i tecnici effettuarono le prime operazioni di prelievo dei campioni.

Le analisi chimiche furono effettuate dal Dipartimento Provinciale ARPAV di Vicenza, utilizzando per i campioni delle matrici suolo il metodo analitico EPA 3060A 1996, che consente di quantificare il Cromo presente in forma solubile e insolubile. Il metodo prevede una digestione in ambiente alcalino e risulta utile al fine di evitare la riduzione del Cr(VI) in trivalente, che avrebbe causato sottostime sulla concentrazione del Cromo nella sua forma più tossica.

Le analisi furono condotte sui campioni passati al vaglio dei 2 mm, con risultati considerati rappresentativi di tutta la matrice solida, in accordo con le procedure seguite a livello regionale e nazionale.

I test sui campioni di terreno evidenziarono il superamento dei limiti stabiliti dal DM 471/99 per i parametri Cr(VI), Cromo totale e Nichel, in particolare nei sondaggi P4, P5, P5bis e P6.

Anche le analisi svolte sui sedimenti all'interno dei pozzetti, ad eccezione del punto P1, rivelarono elevate concentrazioni di metalli pesanti e superamento in alcuni casi dei limiti soglia, venendo classificati come tossici-nocivi in base alla Delibera del Comitato Interministeriale 27/07/1984.

Tabella 1.4. Riassunto dei punti di indagine e dei campioni prelevati e analizzati.

Indagine	Quantità
Sondaggi	7 (P2, P3, P4, P5, P5bis, P6, P7)
Campioni prelevati e analizzati dai sondaggi	24
Pozzetti esaminati	4 (P, P1, P8, PS)
Campioni prelevati e analizzati dai pozzetti	4

Su alcuni campioni fu effettuato il test analitico di cessione sulla matrice <2 mm, utilizzando come eluente acqua deionizzata satura di CO₂, per verificare se il materiale prelevato fosse in grado di

rilasciare gli inquinanti nelle acque di falda. Tutti i campioni evidenziarono il superamento dei limiti nelle acque di cessione per Nichel, alcuni anche per Cr(VI) e Cromo totale.^[12]

3.3. I piezometri interni e la barriera idraulica

In seguito ai primi prelievi, fu necessario procedere urgentemente con un'indagine sulla qualità delle acque di falda, realizzando a tale scopo 5 piezometri nel perimetro interno dell'azienda (G1, G2, G3, G4, G5) e 2 piezometri di guardia presso gli impianti sportivi del Comune, nelle vicinanze della ditta (Pz7 e Pz8).

I piezometri interni, la cui costruzione iniziò nel 2004, si rivelarono utili anche per l'attivazione della barriera idraulica nella successiva Messa in Sicurezza d'Emergenza (MISE).

Tutte le perforazioni raggiunsero in media i 36 metri di profondità dal p.c.: la zona di contaminazione della falda acquifera era situata a circa 24 metri di profondità.

A lavori completati, iniziarono le campagne di campionamento e analisi delle acque: furono confermati valori di Cr(VI) superiori ai limiti, in particolar modo in corrispondenza del piezometro G5, dove la concentrazione superava i 1000 µg/L.

Nei pressi di una delle vasche di cromatura venne realizzata una trincea esplorativa da cui furono prelevati campioni a differenti profondità: 160 cm, 360 cm e 450 cm da p.c. I risultati delle analisi chimiche evidenziarono elevate concentrazioni di Cr(VI), Cromo totale e Nichel. In particolare, il campione prelevato a 160 cm da p.c. rivelò una concentrazione di Cr(VI) pari a 780 mg/kg, indice che la contaminazione era maggiore nella parte più superficiale del terreno e diminuiva progressivamente scendendo in profondità.

I risultati delle indagini provarono che la falda acquifera si stava contaminando a causa di continui percolamenti di soluzioni inquinanti, provenienti dalle vasche e dai canali di scarico aziendali.

Dalle ricerche idrogeologiche, si stimò inoltre che la velocità effettiva del flusso d'acqua sotterranea fosse di 11 metri/giorno, un pericolo enorme per il trasporto della contaminazione verso valle. Pertanto, si rivelò di particolare importanza procedere con un intervento di Messa in Sicurezza d'Emergenza (MISE), per evitare che l'inquinamento si propagasse ulteriormente.^[11]

Il punto di partenza fu la creazione di una barriera idraulica. Inizialmente, vennero utilizzati i pozzi piezometrici già esistenti, ma nel 2005 fu terebrato un ulteriore pozzo denominato G6, di diametro maggiore rispetto ai precedenti e posizionato a pochi metri di distanza dalla trincea scavata in corrispondenza delle vasche di cromatura.

L'acqua venne pompata, inviata all'impianto di depurazione già presente nell'azienda e infine immessa nella rete fognaria nera, che aveva come recapito l'impianto di depurazione di Tezze sul Brenta, gestito da ETRA.

In 7 mesi di funzionamento della barriera, furono estratti dalla falda circa 60 kg di Cr(VI) che altrimenti sarebbero percolati verso valle.

Sempre nel corso del 2005, furono realizzate in totale 15 trincee esplorative e fu ampliata la rete dei pozzi piezometrici, arrivando alla complessiva realizzazione di 18 pozzi interni (G1-G18).^[8]

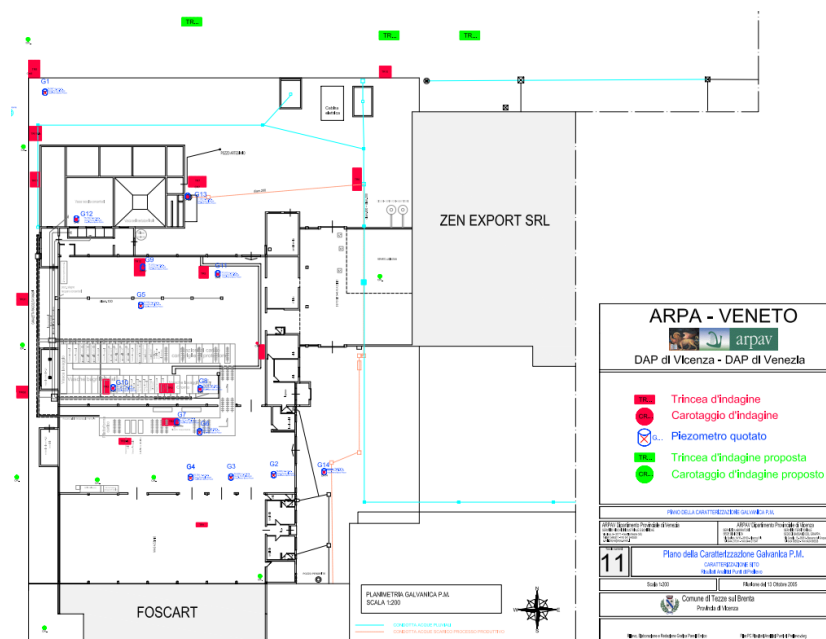


Figura 4. Planimetria Galvanica (ARPAV).

CAPITOLO 4 – BONIFICA

Gli interventi ufficiali di bonifica del sito ex Tricom-PM Galvanica furono preceduti, nel 2013, dalla realizzazione di campi prova per testare l'efficacia delle opere di trattabilità *in situ*.

Le prove pilota, eseguite sotto la Direzione Lavori di Golder Associates e Sinergeo con il supporto di Sapio s.r.l., si focalizzarono sul trattamento delle matrici contaminate con miscele gassose di idrogeno-azoto, al fine di ridurre il Cr(VI) in Cr(III) direttamente in falda.

Il Progetto Operativo di Bonifica (POB) finale fu delineato sulla base di differenti alternative progettuali e sui risultati delle prove. Le azioni principali prevedevano:

1. Demolizione delle strutture esistenti,
2. Scavi e asportazioni dei terreni contaminati,
3. Capping superficiale per l'impermeabilizzazione del sito,
4. Confinamento fisico attraverso l'impermeabilizzazione laterale (diaframma verticale) e di fondo (tappo di fondo),
5. Trattamento di riduzione del Cromo (VI).^[13]

4.1. Primo e secondo stralcio

I lavori di bonifica per il primo stralcio furono avviati il 19 giugno 2017.

Si iniziò con la preventiva rimozione delle coperture dei capannoni, costituite di lastre di cemento-amianto, e la successiva demolizione dei fabbricati presenti nel sito, ad eccezione del capannone Sud, sede della nuova barriera idraulica, e del capannone Est.

Durante tutte le fasi operative, furono eseguiti costantemente campionamenti e analisi nei pozzi esistenti, per verificare l'impatto delle operazioni di cantiere sulla qualità delle acque sotterranee.

La seconda fase riguardò gli scavi nei terreni posti al di sotto delle aree oggetto di demolizione, in particolar modo nella zona dove aveva luogo la cromatura. Anche durante questa fase, furono eseguite analisi periodiche sul terreno contaminato.

Il primo stralcio prevedeva in aggiunta la realizzazione del pacchetto di capping, ossia della copertura superficiale delle aree esterne, allo scopo di ridurre al minimo l'infiltrazione di acqua piovana nel terreno contaminato. Questo evitava di espandere ulteriormente l'avvelenamento della falda, vista l'elevata solubilità dei contaminanti presenti.

La costruzione delle opere di canalizzazione delle acque ed il rifacimento della superficie asfaltata furono le ultime fasi del primo stralcio, che si conclusero il 18 ottobre 2018. L'intervento di bonifica del secondo stralcio fu avviato solamente nel 2024.

Esso prevedeva un confinamento laterale e di fondo nella zona più contaminata, a circa 24 metri dal p.c., con un diaframma plastico verticale integrato da un tappo di fondo. Erano previsti inoltre trattamenti di riduzione in situ del terreno contaminato e il finale ripristino del capping impermeabile.^[13]

4.2. Riduzione del Cromo esavalente in situ

La tecnologia sperimentata nelle prove pilota, denominata Soilution e basata sulla riduzione chimica con conseguente stabilizzazione geochimica dei contaminanti, fu brevettata da Sapio e sviluppata con la collaborazione di Soil Water S.r.l. Tale metodo aveva come scopo il trattamento di terreni e acque contaminate da Cromo (VI), utilizzando come agente riducente idrogeno gassoso veicolato in corrente di azoto, impiegato come gas vettore.

Il Cr(VI) era presente in falda prevalentemente come ione cromato e dicromato: la concentrazione relativa di queste specie dipende sia dal pH della matrice, sia dalla concentrazione analitica del Cr(VI). In entrambe le forme, il Cromo è un forte ossidante che può essere ridotto da specie elettron-donatrici.

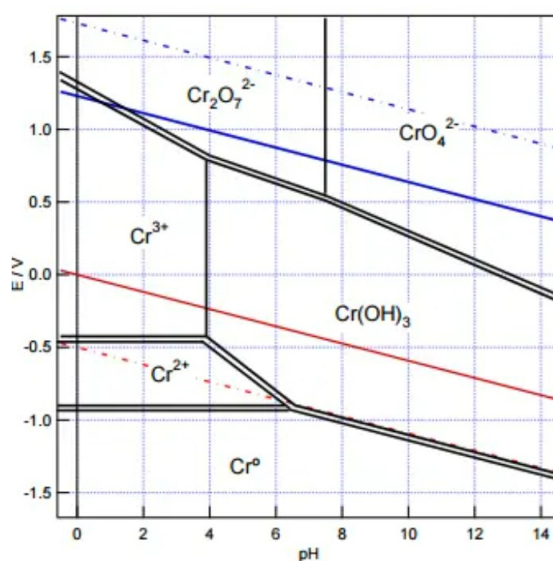
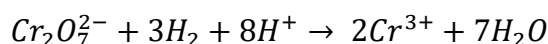


Figura 5. Diagramma di Pourbaix per il Cromo.

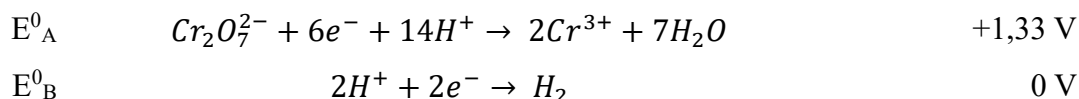
La miscela gassosa, mantenuta in un intervallo di non infiammabilità, veniva insufflata direttamente nel terreno, in modo da interagire con il suolo contaminato e l'acqua di falda. La maggiore capacità di diffusione del gas rispetto a riducenti liquidi ha permesso la riduzione del contaminante prima che fosse trasportato in profondità dalle acque meteoriche.

Il processo risulta selettivo nella riduzione completa e permanente del Cr(VI) a Cr(III), senza interferire con gli altri componenti del suolo. Un grande vantaggio è l'assenza di rilevanti sottoprodotti di reazione tossici. I reagenti impiegati sono infatti specie naturalmente presenti nelle matrici ambientali e il prodotto di reazione, il Cr(III), è meno solubile e mobile del Cr(VI).

La reazione globale si dimostra termodinamicamente favorita e cineticamente compatibile con i tempi previsti dalla bonifica:



Le semireazioni elettrodiche bilanciate e i relativi potenziali standard di riduzione sono i seguenti:



Sulla base di questi valori, è possibile calcolare la costante di equilibrio della reazione:

$$\log K_{eq} = \frac{n_e(E_A^0 - E_B^0)}{0,059} = 135,25$$

Un valore così elevato per la K_{eq} indica che la reazione decorre verso i prodotti in modo quantitativo, dunque verso la riduzione del Cromo (VI).

Ipotizzando, per i siti contaminati da Cromo, una concentrazione 0,01 M di Cr(VI) e $0,1 \cdot 10^{-5}$ M di Cr(III), in condizioni di pH neutro, l'equazione di Nernst per la semicella catodica risulta:

$$E = E_A^0 - \frac{0,059}{6} \log \frac{[Cr^{3+}]^2}{[Cr_2O_7^{2-}][H^+]^{14}} = 0,47 \text{ V}$$

Per quanto riguarda la semicella anodica, sempre in condizioni di pH neutro e con una miscela di azoto al 96% e idrogeno al 4%:

$$E = E_B^0 - 0,0295 \log (p_{H_2}) - 0,059pH = -0,37 \text{ V}$$

La f.e.m. risultante è positiva e pari a 0,84 V. Di conseguenza, l'energia libera di Gibbs ($\Delta G = -nFE$) assume valore negativo, confermando la spontaneità della reazione.

Le prove pilota condotte in situ fornirono i seguenti risultati analitici:

1. Il monitoraggio dei gas insufflati ha escluso la presenza di punti di accumulo e ristagno di gas idrogeno potenzialmente pericolosi nel sottosuolo,
2. La concentrazione di Cr(VI) nei monitoraggi post-operam ha presentato valori conformi ai limiti normativi del D.lgs. 152/06 per terreni e acque di falda; i test di lisciviazione hanno evidenziato una riduzione pressoché totale della concentrazione di Cr(VI) nell'eluato,
3. Il rapporto Cr totale/Cr(VI) ha subito un incremento nel tempo lungo tutta la verticale, confermando la diminuzione della concentrazione di Cr(VI),
4. È stata esclusa la presenza di eventuali sottoprodotti di reazione, così come la mobilitazione di altri potenziali contaminanti verso la falda acquifera.

In conclusione, i risultati sperimentali hanno validato l'efficacia e l'applicabilità della tecnologia Soilution al sito dell'ex Galvanica come possibile soluzione per la riduzione in situ del Cromo esavalente.^[14]

CAPITOLO 5 – PROFILO GIURIDICO

L'inquadramento tecnico analizzato nei capitoli precedenti ha definito l'estensione della contaminazione e le operazioni di messa in sicurezza.

Tuttavia, è l'analisi contenuta nelle sentenze degli aspetti regolatori, autorizzatori e gestionali a svelare la causa diretta del disastro ambientale: una combinazione di impianti obsoleti, negligenze, mancate vigilanze e pratiche fraudolente hanno permesso l'evolversi di tale contaminazione.

Le risultanze discusse in questo capitolo fanno riferimento alla documentazione tecnica e giuridica della sentenza n. 140 del 2006 del Tribunale ordinario di Padova, della sentenza del 7 giugno 2012 della Corte di Appello di Venezia in riforma parziale della pronuncia di primo grado e la successiva sentenza della Corte di Cassazione n. 1332/2013. Salvo diversa indicazione, tutti i fatti e le testimonianze riportate nei paragrafi successivi sono tratti da tali fonti.

Tra i principali responsabili figurano i nomi di Adriano Sgarbossa, in qualità di presidente ed amministratore delegato di Tricom S.p.A., Paolo Zampierin, titolare e legale rappresentante della stessa società e successivamente di Galvanica PM, e Rocco Battistella.

Zampierin fu il principale imputato nel procedimento penale n. 78/03, con l'accusa di avvelenamento colposo delle acque e gestione illecita degli impianti.

Rocco Battistella ricoprì contemporaneamente il ruolo di sindaco nel Comune di Tezze sul Brenta, per gran parte del periodo tra il 1973 e il 1999, e quello di dirigente responsabile del reparto cromatura in Tricom per vent'anni, fino al 1993. Questo doppio incarico permise il proseguimento dell'attività produttiva della ditta, nonostante ripetute revoche alle autorizzazioni ambientali presentate dalle amministrazioni.

5.1. La contaminazione “silenziosa”

La scoperta ufficiale della contaminazione nel 2001 non segnò l'inizio del fenomeno, bensì la sua tardiva emersione istituzionale. Le radici del disastro risalgono infatti ad almeno 20 anni prima.

Già nel 1977, tre anni dopo l'inizio dell'attività produttiva nell'allora Tricom, 53 pozzi privati tra Fontaniva e Cittadella furono campionati, riscontrando tassi di inquinamento da Cr(VI) fino a 150 µg/L.

Proseguiti fino al 1979, gli accertamenti analitici consentirono di tracciare un plume di contaminazione che si estendeva fino a Nord, vicino all'allora Tricom, la cui conformazione era molto simile a quella che sarebbe stata mappata ufficialmente da ARPAV solo 25 anni dopo, nel 2002.

Tuttavia, questo caso fu archiviato senza un soggetto a cui imputare la responsabilità: le testimonianze raccolte nel procedimento penale n. 78/03 confermano l'esecuzione di controlli al fine di individuare la sorgente inquinante, ma senza che venisse mai identificata in modo chiaro.

Il professore Walter Formenton fu consulente di Tricom dal 1975 al 1988. Dopo il caso di inquinamento del 1977, sebbene gli occhi fossero puntati sulle aziende galvaniche del territorio, il teste rivelò di non aver effettuato accertamenti specifici all'interno della ditta.

In particolare, Formenton riferì che: *«Lasciava perplessi il fatto che disponendo di un impianto di depurazione piuttosto efficiente, valido, etc., essendo il trattamento del Cr(VI) un'operazione relativamente semplice [...] sembrava impossibile che uno non effettuasse la depurazione e scaricasse del Cr(VI). E quindi da un lato la Tricom era nel sospetto e dall'altro si diceva "Ha tutti gli elementi per poter non essere lei"»*.¹

Queste dichiarazioni, provenienti dall'addetto al controllo mensile degli scarichi dell'impresa, contribuirono ad allontanare da Tricom e dal Comune di Tezze eventuali sospetti riguardanti la sorgente dell'inquinamento. Poiché in quel periodo Rocco Battistella ricopriva la doppia veste di sindaco e caporeparto, non è assurdo ipotizzare un conflitto di interesse.

Battistella stesso affermò che in quegli anni richiese controlli nei pozzi del proprio Comune ma non ritenne opportuno indagare se la sorgente provenisse dal proprio territorio, dal momento che la contaminazione sembrava emergere solo nei dintorni di Cittadella. Tale carenza investigativa fu determinata principalmente da limiti tecnico-scientifici, poiché la concentrazione di Cr(VI) nei campioni del territorio di Tezze fu dichiarata inferiore al limite di rilevabilità (LOD): il metodo analitico utilizzato, basato sulla spettrofotometria che prevede la derivatizzazione con 1,5-difenilcarbazide, probabilmente al tempo non disponeva della sensibilità analitica necessaria a rilevare tracce di analita così basse in matrici complesse.^{[8][11]}

Il chimico Fumagalli Flaminio fu dal 1978 al 1999 dirigente tecnico dell'ULSS di Bassano del Grappa. Poiché si ipotizzò che l'origine dell'inquinamento nei pozzi di Cittadella provenisse da monte, il teste intervenì per effettuare campionamenti e analisi sul territorio.

Queste indagini furono però interrotte non per cessazione del fenomeno di inquinamento, ma per mancanza di finanziamenti, negati dalla Regione Veneto.

Fumagalli affermò inoltre che l'ente che avrebbe dovuto svolgere le attività di analisi, disponendo dei fondi necessari, era il Presidio Multizonale di Prevenzione, con sede a Vicenza, ma un suo eventuale intervento in materia di controllo ambientale non fu documentato.

Il teste contribuì ad uno studio pubblicato nel 1995, coordinato dal dottor Zangari, che riferiva: *«sono stati campionati ed analizzati circa un centinaio di pozzi ripetutamente ma in modo disordinato; ciò*

¹ Trib. Padova, Sez. dist. Cittadella, 25.10.2006, n. 140, p. 97.

non ha consentito lo studio soddisfacente dell'episodio. La sorgente non è stata individuata perché posta in area non di competenza dell'USSL che ha eseguito i prelievi ai pozzi. È risultata comunque indiziata una industria galvanica posta circa a due chilometri a monte del limite nord».²

Dopo la pubblicazione dello studio, le uniche investigazioni nell'indiziata Tricom si basarono sul Cromo aerodisperso, dunque confinate nell'area di pertinenza della medicina del lavoro.

Il teste, nonostante le evidenze scientifiche e la carica ricoperta, non controllò se effettivamente ci fossero problematiche negli scarichi o nelle vasche di cromatura della ditta.

Considerando la velocità della falda e la posizione dei pozzi contaminati, una successiva ricostruzione confermò che il fenomeno ebbe inizio presumibilmente nel 1975, precisamente il periodo in cui negli scarichi industriali di Tricom fu riscontrata una concentrazione di 7200 µg/L di Cr(VI).

Nel 1977 il Pretore di Cittadella emanò una comunicazione giudiziaria per omissioni d'atti d'ufficio nei confronti del Sindaco Rocco Battistella e del medico provinciale di Vicenza. Furono inoltre inviate comunicazioni per avvelenamento delle acque (art. 439 c.p.), scarico di rifiuti industriali senza autorizzazione in acque pubbliche (Legge Merli del 1976) e danneggiamento aggravato (art. 635 c.p.) nei confronti di tre ditte, tra cui l'azienda Tricom di Sgarbossa.

Tra gli aspetti più critici, nel 1979 l'Amministrazione Provinciale di Vicenza revocò ufficialmente l'autorizzazione alla ditta Tricom di scaricare i propri reflui industriali in Roggia Brotta. Questa revoca fu elusa attraverso autorizzazioni provvisorie in deroga emanate proprio da Battistella, nella veste di sindaco del Comune. Come ricordato dal teste Fumagalli, Battistella mantenne il controllo delle autorizzazioni agli scarichi, sia prima dell'approntamento del sistema fognario, sia dopo la sua realizzazione, nonostante esistesse il Consorzio di Fognatura del comune.

Sebbene in quei decenni la rete di monitoraggio ARPAV e CNR fosse limitata ed incostante nel tempo, i campionamenti nel territorio di Cittadella evidenziarono che questo primo caso di contaminazione si attenuò gradualmente, terminando intorno al 1985.

5.2. Lo stato dei luoghi

In seguito all'operazione "Mimosa" condotta da ARPAV Vicenza, che identificò la ditta come potenziale sorgente inquinante, l'8 marzo 2002 la Galvanica fu oggetto di ispezioni da parte della Polizia Giudiziaria.

Le immagini e le videoregistrazioni raccolte documentarono un notevole livello di degrado: strutture e macchinari obsoleti, assenza di manutenzioni, impianti trascurati.

² Trib. Padova, Sez. dist. Cittadella, 25.10.2006, n. 140, p. 80.

All'esterno della ditta, le contaminazioni del suolo erano visibili a occhio nudo: le caratteristiche colorazioni gialle e verdognole testimoniavano la presenza di Cr(VI) e Nichel sotto forma di sversamenti e residui semisolidi, rinvenuti persino all'interno delle condotte per la canalizzazione delle acque piovane.

I fanghi provenienti dall'impianto di trattamento dei reflui venivano stoccati in big-bags all'interno di un container non a tenuta stagna. Erano particolarmente evidenti le eluizioni di colore verde che percolavano nel terreno sottostante: successive analisi sugli spandimenti rivelarono una concentrazione di Nichel fino a 19.000 mg/L.

Oltre al degrado visivo, emersero negligenze gestionali ed omissioni da parte di coloro che avevano il dovere di monitorare il sistema produttivo.

Al momento dei controlli, l'impianto di depurazione dei reflui industriali si rivelò datato e mal gestito. Il pHmetro, utilizzato per automatizzare l'aggiunta dei reagenti, risultò "starato": lo scarico diretto alla condotta fognaria aveva un pH pari a 12, valore ampiamente superiore ai limiti tabellari.

L'ispezione portò inoltre alla scoperta di un sistema di diluizione illecita dei reflui in uscita dall'impianto di depurazione. Prima dello scarico in fognatura, si scoprì la presenza di una pompa elettrica sommersa, collegata al pozzo artesiano dal quale veniva attinta l'acqua a scopo produttivo.

L'acqua di falda veniva inviata alla pompa e lo scarico diluito prima che raggiungesse il pozzetto dove venivano effettuati i controlli di legge. Questa diluizione incise probabilmente sull'esito dei controlli effettuati durante gli anni di attività dell'azienda, dal momento che gli scarichi della Galvanica PM risultavano regolari.

La pompa era immersa in un pozzo perdente, non censito in alcuna planimetria aziendale, da cui transitavano gli scarichi della ditta prima di arrivare in fognatura. Il fondo della vasca era costituito da materiale permeabile, per cui l'acqua contaminata era in grado di penetrare prima nel terreno sottostante e successivamente in falda.

Va sottolineato che la ditta scaricò i propri reflui in Roggia Brota per circa 12 anni, da metà anni '70 fino a metà anni '80, quando si allacciò alla rete fognaria consortile (dal 1° marzo 1980 decorreva l'obbligo di allacciamento per le imprese, qualora esistesse una rete fognaria).

Una circolare del 1977 consentiva l'utilizzo di pozzi disperdenti solamente per reflui di origine domestica: l'utilizzo del pozzo perdente da parte dello stabilimento produttivo Tricom violò tale circolare, creando un punto di immissione non autorizzato.

L'allungamento del percorso dei reflui industriali aveva il solo vantaggio di ridurre il volume d'acqua inviata al pozzetto fiscale, dov'era presente il misuratore di portata di Brenta Servizi che determinava il canone di allacciamento alla pubblica fognatura. I reflui venivano dunque smaltiti in parte nel

terreno, dimostrato dalla presenza di fanghi contenenti cianuri sul fondo del pozzo, con conseguente vantaggio economico sulla tassa di depurazione consortile, prevista già dalla legge Merli del 1976. Infine, le condizioni del reparto cromatura al momento dell'ispezione evidenziarono un quadro di grave negligenza nell'utilizzo di sostanze estremamente tossiche.

Il pavimento, rigonfio e di colorazione giallognola, segnalava un'evidente contaminazione da Cr(VI), che per capillarità si era propagato all'intonaco dei muri (Figura 5).

Alcune vasche utilizzate nella fase di cromatura presentavano evidenti segni di corrosione: in una delle vasche, la n. 38, furono rinvenute fino a 28 toppe di nylon, probabilmente apposte in momenti differenti. L'assenza di vasche di contenimento durante il passaggio dei pezzi metallici in lavorazione, tra le vasche di cromatura e quelle di lavaggio, favorirono inoltre il gocciolamento costante di soluzioni tossiche direttamente nel suolo. Per evacuare tali spandimenti, venivano utilizzate canalette in cemento, risultate corrose dall'acidità delle soluzioni galvaniche.

Successive testimonianze confermarono alcuni incidenti relativi a rotture o perdite di materiale dalle vasche, il cui contenuto finì tutto nel terreno e nei pozzetti delle acque piovane, dove nel 2001 furono rinvenute tracce di metalli pesanti.



Figura 6. Evidente contaminazione da Cr(VI) nel muro e nella pavimentazione.

5.3. L'epilogo giudiziario

Il procedimento penale n. 78/03 a carico di Zampierin Paolo si concluse con la condanna alla pena di due anni e sei mesi di reclusione per il delitto di avvelenamento colposo plurimo. Inoltre, il Tribunale dispose il risarcimento dei danni alle parti, per un ammontare complessivo di 2.250.000 euro.

Tra le parti civili costituite, il Comune di Tezze sul Brenta chiese il ristoro per i danni subiti dal proprio territorio e per i costi di monitoraggio, nonché per il ripristino dello stato dei luoghi.

Il caso in esame, sebbene riscontrato ufficialmente solo nel 2001, fu caratterizzato da un'evoluzione temporale che si sarebbe protratta negli anni a venire, per effetto del dilavamento del sottosuolo contaminato. Per tale motivo, il Tribunale dovette affrontare la successione delle leggi che, nel corso degli anni, disciplinano le responsabilità civili per danno ambientale: la Legge n. 349/1986 e il D.Lgs. n. 152/2006.

La prima, più stringente, definiva il risarcimento per danni ambientali sul principio comunitario di “chi inquina paga”: il colpevole doveva riparare il danno o risarcire per l'esatto equivalente.

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 152/2006, la definizione di danno ambientale evolve in “deterioramento misurabile delle risorse naturali”; la competenza per il risarcimento viene affidata al Ministero dell'Ambiente.

Il Tribunale applicò retroattivamente la L. 349/86 per i fatti di inquinamento antecedenti al 2006, tenendo conto dei nuovi principi dettati dal D.Lgs. 152/2006.

Tuttavia, il giudice rimise la liquidazione definitiva del danno ambientale in sede civile, a causa dell'incertezza sull'estensione finale dell'area coinvolta: la superficie stimata inizialmente fu di 6 km², ma successivi accertamenti di ARPAV nel 2004 raddoppiarono l'estensione a 12 km².

Inoltre, non fu ancora quantificabile la gravità degli effetti inquinanti, trattandosi di una contaminazione destinata a perdurare per anni, malgrado la chiusura della ditta nel 2003.

Nonostante la condanna emessa nei confronti di Zampierin Paolo, la pena detentiva venne estinta per effetto dell'indulto e i risarcimenti alle parti civili non furono mai concretizzati: nel 2003, a processo già iniziato, fu dichiarato il fallimento della Galvanica.

Per quanto riguarda il profilo sanitario, nel 2006 la Procura di Bassano del Grappa aprì un fascicolo sulle morti sospette di 14 operai del reparto cromatura.

Già nel 1981, il Comando Carabinieri N.A.S di Padova emanò alcuni provvedimenti amministrativi a carico della ditta Tricom, tra i quali denunciò la mancata sottoposizione dei dipendenti alle visite mediche trimestrali contro i rischi legati agli ambienti lavorativi. Nello stesso anno furono effettuati accertamenti sanitari su 20 operatori. Nello specifico, venne misurata la concentrazione di Cromo nelle urine (cromuria) all'inizio e alla fine del turno lavorativo e vennero effettuati esami citologici dell'escreato. Dei venti lavoratori esaminati, solo tre diedero esito negativo, mentre per i rimanenti la diagnosi variò da “reperto infiammatorio” a “displasia”.^[16]

Nell'analizzare i risultati ottenuti, fu ipotizzata la presenza nel reparto di agenti in grado di provocare danni cronici alla salute. Nonostante i rilevamenti e le ispezioni condotte dall'ULSS avessero segnalato diverse carenze all'interno della ditta, in quegli anni nessun provvedimento venne adottato.

Soltanto le indagini processuali successive al 2001 rivelarono la drammatica realtà del contesto lavorativo: gli addetti lavoravano a diretto contatto con le soluzioni galvaniche in ambienti saturi di vapori tossici, spesso senza utilizzare dispositivi di protezione individuale e in assenza di sistemi di aspirazione idonei. Tale esposizione prolungata fu la causa diretta di danni irreparabili alla salute, culminati nel decesso di alcuni dipendenti a causa di neoplasie polmonari.

Nel fascicolo del 2006, le ipotesi di reato per gli imputati Zampierin, Sgarbossa e Battistella furono molto gravi: omicidio colposo plurimo, lesioni colpose gravi, omissioni di difese contro disastri e infortuni sul lavoro, violazione delle norme di sicurezza e igiene negli ambienti di lavoro.

Tuttavia, nel 2008, il PM Parolin Giovanni chiese l'archiviazione del caso, affidandosi ad una perizia medico-legale che attribuì al fumo di sigaretta la responsabilità dei decessi, ignorando gli studi condotti già negli anni '80 dallo SPISAL di Padova, i quali confermarono aberrazioni cromosomiche nel DNA di alcuni dipendenti. La richiesta di archiviazione venne rigettata dal GIP Morandini, che richiese indagini più approfondite.^[11]

Questa fase processuale mette a luce la profonda asimmetria di potere che governò la vicenda.

Per decenni, i dipendenti dell'azienda lavorarono a diretto contatto con sostanze estremamente pericolose, senza alcuna protezione. In una realtà dove la stabilità economica era fondamentale per la sussistenza quotidiana, le condizioni sanitarie passavano inevitabilmente in secondo piano. I lavoratori, privati della necessaria consapevolezza del rischio chimico a cui erano esposti quotidianamente, ne percepivano i soli effetti immediati e all'apparenza transitori, come epistassi o mancanza di respiro.

Dopo la scoperta ufficiale della contaminazione, le famiglie dei dipendenti deceduti si attivarono per via legale al fine di dare giustizia ai propri cari, scontrandosi con una macchina giudiziaria rallentata. Fu una vera e propria battaglia di resistenza contro un sistema che, fino all'ultimo, ha tentato di minimizzare il valore della vita umana, colpevolizzando i comportamenti privati delle vittime, tra cui il tabagismo, e spostando l'attenzione dall'obbligo eluso dai vertici di assicurare l'integrità fisica dei propri dipendenti. Dopo anni di battaglie, l'esito fu paradossale: nel 2011 i tre imputati furono assolti dal giudice con formula piena perché "il fatto non sussiste", scatenando l'indignazione dei familiari e dell'intera cittadinanza di fronte a tale svalutazione delle evidenze scientifiche.^[11]

La sentenza n. 1332/2013 della Corte di Cassazione rappresentò l'atto finale della vicenda giudiziaria. La Cassazione confermò il reato di avvelenamento colposo di acque (art. 439 e 452 c.p.), ribadendo la responsabilità dei vertici aziendali Zampierin, Sgarbossa e Battistella.

Nonostante il riconoscimento della colpevolezza, alcuni reati minori furono estinti per prescrizione, poiché dalla scoperta del caso di inquinamento all'effettiva sentenza passarono 12 anni.

La condanna per il reato di avvelenamento colposo rimase attiva, sottolineando la negligenza e l'imprudenza degli imputati, pienamente consapevoli che una scorretta gestione degli impianti avrebbe massimizzato il profitto aziendale. La Corte riconobbe infine, dopo il lungo iter giudiziario, il nesso di causalità tra l'elusione delle norme di sicurezza e il danno alla salute degli operai, derivante dall'esposizione a sostanze pericolose.

I tre imputati furono infine condannati a un anno di reclusione e al risarcimento delle parti civili, tra cui i Comuni di Tezze sul Brenta, Cittadella e Fontaniva, i cittadini residenti nelle zone colpite, la Regione Veneto e il Ministero dell'Ambiente.

CONCLUSIONE

Lo studio condotto nel presente lavoro di tesi sul caso dell'ex azienda Tricom-Galvanica PM dimostra come le dinamiche di un disastro socio-ambientale di tale portata non possano essere interpretate in chiave esclusivamente chimica o puramente giudiziaria. Si è resa infatti necessaria un'analisi interdisciplinare in grado di intrecciare lo studio delle proprietà del contaminante e della caratterizzazione idrogeologica del territorio, con l'evoluzione dei processi giudiziari, gli illeciti gestionali e le conseguenti asimmetrie di potere.

Dal punto di vista chimico, tossicologico e ambientale, l'analisi ha confermato la pericolosità del Cromo esavalente, impiegato nel ciclo industriale di cromatura. Tale pericolosità è direttamente correlata all'elevata solubilità delle specie di Cr(VI) in ampi intervalli di pH. Al contrario del Cr(III), scarsamente solubile e facilmente immobilizzabile nelle matrici ambientali, la forma esavalente, presente in soluzione principalmente come anione cromato e dicromato, si dimostra estremamente mobile e in grado di migrare seguendo il flusso della falda sotterranea.

A partire dal 1974, anno di avvio dell'attività produttiva nello stabilimento, il continuo ed incontrollato sversamento dei reflui tossici ha originato un plume di contaminazione che nel tempo si è esteso per diversi km², compromettendo le risorse idriche del territorio.

Sul piano umano e sanitario, vengono messe in luce le drammatiche condizioni lavorative degli operatori del reparto cromatura. Privati della necessaria informazione sul rischio chimico e inseriti in dinamiche in cui la tutela della salute è stata subordinata alla salvaguardia del posto di lavoro, i lavoratori sono stati i primi a pagare le conseguenze di un'esposizione prolungata al Cromo.

Il percorso processuale, culminato con la sentenza n. 1332/2013 della Corte di Cassazione, ha rivelato i limiti della giustizia riparativa di fronte a questo caso. Sebbene la Corte abbia accertato la colpevolezza dei vertici aziendali per reato di avvelenamento colposo di acque e riconosciuto il nesso causale con il danno alla salute degli operai, la condanna finale è giunta dopo più di un decennio dalla scoperta ufficiale dell'inquinamento, consentendo l'estinzione per prescrizione dei reati minori.

Infine, con una notizia del 4 luglio 2026, viene chiuso il capitolo riguardante la complessa attività di bonifica del sito ex Tricom. L'intervento, finanziato interamente dalla Regione Veneto, si è concluso dopo molti anni, rientrando comunque nei tempi previsti dal progetto. Le operazioni hanno accertato la completa messa in sicurezza del luogo, con un totale recupero ambientale dell'area.^[17]

BIBLIOGRAFIA

- [1] Cronologia degli Eventi. <https://digilander.libero.it/salute.tezze/>.
- [2] Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G. *Inorganic Chemistry (5th ed.)*; Pearson Education Limited, Harlow (2018).
- [3] National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004-. PubChem Compound Summary for CID 517277, Chromia; [cited 2026 Mar. 26]. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chromia>.
- [4] National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004-. PubChem Compound Summary for CID 14915, Chromium Trioxide; [cited 2026 Mar. 26]. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chromium-Trioxide>.
- [5] Shupack, S. I. *Environmental Health Perspectives*. **1991**, Vol. 91, 7-11.
- [6] Sawicka, E.; Jurkowska, K.; Piwowar, A. *Ann. Agric. Environ. Med.* **2021**, 28(1), 1-10.
- [7] Lunk, H. J. *Discovery, properties and applications of chromium and its compounds. ChemTexts* **2015**, 1, 6.
- [8] Tribunale Ordinario di Padova – Sez. dist. Cittadella. “*Procedimento Penale n. 78/03 R.G. a carico di Zampierin Paolo, sentenza n. 140/06*” Tribunale civile e penale di Padova; sezione distaccata di Cittadella, Padova.
- [9] Legge 10 maggio 1976, n. 319; *Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento* (Gazzetta ufficiale 29 maggio 1976 n. 141).
- [10] Decreto Ministeriale 25 ottobre 1999, n. 471; *Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22*. (Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale 15 dicembre 1999 n. 293).
- [11] Baù, E. *Il paese che brillò tra le luci del cromo*; Laboratorio Natura Editore, Nove (VI) (2014).
- [12] ARPA Veneto (2005) *Piano della caratterizzazione – Area Ex Galvanica PM*; Dipartimento Provinciale di Vicenza.
- [13] Sinergeo; Golder Associates (2014) *Progetto Operativo di Bonifica Appaltabile del Sito Ex Galvanica PM - 01- Relazione Generale*; Padova.
- [14] Sapio (2013) *Bonifica di terreni e falde inquinate da cromo esavalente. Test di trattabilità in situ – Sintesi dei risultati conseguiti al 14/03/2014*; Milano.

[15] Corte Suprema di Cassazione, Sez. IV Penale, Sentenza n. 1332 del 13 settembre 2013.

[16] Unità Sanitaria Locale n.5 Bassano/Marostica. *Trasmissione dati indagine ambientale e sanitaria*; 1982.

[17] <https://www.ilgiornaledivicenza.it/territorio-vicentino/bassano/tezze-sul-brenta-cromo-scende-sotto-limiti-riuscita-bonifica-6-7-milioni-1.13061410>, accesso in rete 05/08/2026.