



STUDIO SULLA CONTAMINAZIONE DIFFUSA DA SOLVENTI CLORURATI NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Struttura Specialistica Qualità delle Acque

A cura di:
Claudia Vanzetti, Nicoletta Gianoglio, Elio Sesia

Data: Gennaio 2016

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
2. I SOLVENTI CLORURATI: NORMATIVA E CARATTERISTICHE	4
2.1. Riferimenti normativi sui solventi clorurati.....	4
2.2. Caratteristiche dei principali solventi clorurati e loro prodotti di degradazione..	6
3. CONTESTO DI RIFERIMENTO E DATI UTILIZZATI.....	9
3.1. Dati utilizzati per lo studio.....	9
3.2. Stato Chimico.....	10
4. DELIMITAZIONE DELLE AREE OGGETTO DI STUDIO	13
4.1. Presenza di VOC nelle acque sotterranee in Piemonte.....	13
4.2. Criteri per la selezione.....	16
4.3. VOC nei GWB selezionati	19
5. LE PRESSIONI E GLI IMPATTI	24
6. CONCLUSIONI.....	29

1. INTRODUZIONE

I solventi clorurati rappresentano una delle principali forme di inquinamento delle acque sotterranee. La contaminazione di tali sostanze è riconducibile sia al loro impiego su vasta scala e in vari comparti del settore industriale, sia alle loro caratteristiche chemio-dinamiche, in quanto poco solubili in acqua, poco degradabili e quindi persistenti nell'ambiente idrico sotterraneo. I fenomeni di contaminazione diffusa dei solventi clorurati costituiscono un'importante criticità ambientale nei confronti delle falde acquifere superficiali, e soprattutto profonde, in quanto diversi composti a causa del loro peso specifico superiore a quello dell'acqua migrano nelle parti più profonde degli acquiferi.

Lo studio nell'ambito della valutazione del fenomeno prenderà in esame i GWB per i quali i solventi clorurati sono responsabili dell'attribuzione di un giudizio di Stato Chimico "Scarso"; oppure dove sia riconosciuta una vulnerazione diffusa. Verrà effettuata un'analisi approfondita delle pressioni e degli impatti con elaborazioni dedicate sulle base dei dati provenienti dal monitoraggio regionale e verrà valutata la correlazione esistente tra falda superficiale e falde profonde (con i relativi GWB) ai fini dell'evoluzione e propagazione del fenomeno.

2. I SOLVENTI CLORURATI: NORMATIVA E CARATTERISTICHE

2.1. Riferimenti normativi sui solventi clorurati

I composti organici volatili in generale e i solventi clorurati in particolare sono considerati in alcune normative europee e nazionali che riguardano essenzialmente acque superficiali, sotterranee e suoli.

Per questo studio si farà riferimento alla Direttiva 2000/60/CE, la Direttiva Quadro europea in materia di Acque (DQA o WFD – Water Framework Directive) che in Italia è stata recepita con il D.Lgs. n. 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni.

Per le acque sotterranee, oggetto di questo studio, è poi stata emanata la Direttiva 2006/118/CE, recepita con il D.Lgs. 30/2009 che fissa i Valori Soglia nazionali ai fini del buono stato chimico per gli inquinanti di interesse, fra cui anche i solventi clorurati.

Tabella 2.1 – Sintesi dei VS per i solventi clorurati (D.L.vo 30/2009)

SOLVENTI CLORURATI	VS Nazionale (µg/L)
Alifatici Clorurati Cancerogeni	
Triclorometano (Cloroformio)	0,15
Cloruro di Vinile	0,5
1,2 Dicloroetano	3
Tricloroetilene (Trielina)	1,5
Tetracloroetilene (Percloroetilene)	1,1
Esaclorobutadiene	0,15
Sommatoria organoalogenati	10
Alifatici Clorurati Non Cancerogeni	
1,2 Dicloroetilene	60
Alifatici Alogenati Cancerogeni	
Dibromoclorometano	0,13
Bromodiclorometano	0,17

Altre normative di interesse che riguardano i solventi clorurati sono quelle relative alla bonifica dei siti contaminati e quelle relative alle acque destinate al consumo umano, per quanto riguarda i pozzi di prelievo.

Il D.Lgs. n. 152/2006 parte IV, Titolo V – Bonifica di siti contaminati, nella tabella 2 dell'allegato 5 distingue, nell'ambito dei composti organici volatili, le categorie di sostanze con le relative concentrazioni soglia di contaminazione nelle acque sotterranee presentate in Tabella 2.2.

Tabella 2.2 – Sintesi dei valori limite per i solventi clorurati (D.Lgs. n. 152/2006 parte IV)

SOSTANZE	Valore limite (µg/L)
Alifatici Clorurati Cancerogeni	
Clorometano	1,5
Triclorometano (Cloroformio)	0,15
Cloruro di Vinile	0,5
1,2 Dicloroetano	3
1,1 Dicloroetilene	0,05
Tricloroetilene	1,5
Tetracloroetilene	1,1
Esaclorobutadiene	0,15
Sommatoria organoalogenati	10
Alifatici Clorurati Non Cancerogeni	
1,1 Dicloroetano	810
1,2 Dicloroetilene	60
1,2 Dicloropropano	0,15
1,1,2 Tricloroetano	0,2
1,2,3 Tricloropropano	0,001
1,1,2,2 Tetracloroetano	0,05
Alifatici Alogenati Cancerogeni	
Tribromometano (bromoformio)	0,3
1,2 Dibromoetano	0,001
Dibromoclorometano	0,13
Bromodiclorometano	0,17

Il **D. Lgs 31/2001** (Allegato 1 parte B) prevede per alcuni solventi clorurati nelle acque destinate al consumo umano i limiti presentati in tabella 2.3

Tabella 2.3 – Sintesi dei valori limite per i solventi clorurati (D. Lgs 31/2001)

Parametro	Valore di parametro (µg/L)
1,2 Dicloroetano	3,0
Somma di Tricloroetilene e Tetracloroetilene	10
Trialommetani - Totale	30
Cloruro di vinile	0,5

I diversi decreti evidenziano dei limiti sostanzialmente comuni per la somma dei composti organoalogenati (10 µg/L), per il 1,2-Dicloroetano (3 µg/L) e il Cloruro di Vinile (0,5 µg/L); si rilevano differenze per il Tetracloroetilene (1,1 µg/L) ed il Tricloroetilene (1,5 µg/L) per il D.Lgs. 30/2009 e il D.Lgs. n. 152/2006 parte IV, Titolo V – Bonifica di siti contaminati, rispetto alla somma di questi ultimi di 10 µg/L prevista dal D.Lgs 31/2001, dovute al fatto che le normative in questione sono state concepite per fini diversi.

Da questa panoramica emerge che i VS fissati dal D.Lgs. 30/2009 risultano uguali o più bassi delle altre normative di settore pertanto, anche nel caso di presenza di area protetta per le acque potabili, le soglie sono adeguate.

Si sottolinea nella normativa la mancanza di un valore di riferimento per il 1,1,1-Tricloroetano, per il quale esiste un parere rilasciato nel 2003 dall'Istituto Superiore di Sanità che fissa il valore limite per questa sostanza a 200 µg/L, in analogia a quanto fissato da US-EPA applicabile alla bonifica di siti contaminati.

2.2. Caratteristiche dei principali solventi clorurati e loro prodotti di degradazione

I solventi clorurati rappresentano un sottogruppo dei composti organoalogenati nel quale uno o più atomi di cloro costituiscono l'elemento alogeno. Per composti organoalogenati si intendono essenzialmente due categorie di sostanze: gli alometani e gli idrocarburi alogenati di sintesi volatili, entrambi composti che contengono uno o più atomi di alogeno legati covalentemente alla struttura di carbonio della molecola.

Mentre la presenza nelle matrici ambientali di idrocarburi alogenati di sintesi (principalmente Diclorometano, Tetracloruro di carbonio, Tricloroetilene (TCE), Tetracloroetilene (PCE), 1,2-Dicloropropano, 1,1,1-Tricloroetano) è strettamente correlata ad inquinamento da attività industriali/commerciali o artigianali, la presenza per esempio nelle acque potabili degli alometani (Cloroformio, Bromoformio etc.) è dovuta principalmente ai processi di clorazione delle acque.

I solventi clorurati rappresentano una delle principali forme di inquinamento delle acque sotterranee a causa della loro grandissima diffusione in quanto largamente utilizzati come sgrassanti di parti meccaniche ed elettroniche, per la pulizia dei metalli e dei vestiti (lavanderie), oppure come solventi e materie prime nell'industria chimico-farmaceutica (farmaci, vernici, coprenti ed adesivi).

Si tratta di composti poco solubili in acqua, persistenti, tossici ed in alcuni casi cancerogeni e mutageni. Le più gravi fonti di inquinamento sono sicuramente i pozzi perdenti, che inseriscono direttamente in falda i contaminanti; un'altra fonte pericolosa sono le cisterne interrate a cattiva tenuta che, anche se non presentano enormi perdite, a causa dell'elevata persistenza e scarsa degradazione dei solventi clorurati, possono dar luogo nel tempo ad accumuli di prodotto creando gravissime criticità sotto il profilo ambientale.

La migrazione dei solventi clorurati nel sottosuolo avviene secondo un meccanismo molto particolare, in quanto la loro scarsa solubilità e la loro viscosità cinematica e densità (rispettivamente più bassa e più alta di quella dell'acqua), favoriscono un rapido movimento di discesa nel mezzo insaturo e saturo. Infatti, mentre nelle acque superficiali la presenza dei solventi, per l'elevata volatilità di alcuni di questi composti, è ridotta, nel sottosuolo la loro presenza è molto più consistente, in quanto riescono a raggiungere agevolmente la falda attraversando velocemente il terreno insaturo (anche in presenza di livelli litologici più fini), fino ad accumularsi nelle zone più depresse dell'acquifero caratterizzate da livelli di minore permeabilità. I prodotti più solubili, contraddistinti da una densità leggermente superiore rispetto a quella dell'acqua, riescono invece a scendere più lentamente e possono migrare secondo la direzione di deflusso della falda fino ad interessare superfici di qualche km².

I solventi clorurati, una volta immessi nell'ambiente, non rimangono inalterati ma subiscono dei processi di trasformazione, soprattutto ad opera di agenti biologici che, da un lato possono ridurre la presenza, ma dall'altro possono originare sottoprodotti ancora più pericolosi di quelli originali. E' questo il caso di composti estremamente diffusi come il Tetracloroetilene (PCE) ed il Tricloroetilene (TCE) che, nel percorso metabolico che caratterizza la loro biodegradazione, danno luogo a cis-1,2-Dicloroetilene (cis-1,2-DCE) e quest'ultimo al Cloruro di Vinile (VC), cancerogeno, più tossico e mobile di quanto non lo siano i suoi progenitori. Il processo che induce queste trasformazioni viene definito dealogenizzazione riduttiva in quanto il composto organo alogeno viene usato come accettore di elettroni dove un atomo di cloro viene sostituito da uno di idrogeno secondo lo schema della Figura 2.1.

Il processo di degradazione naturale dei solventi clorurati (attenuazione naturale) partendo da composti capostipite come PCE e TCE include una varietà di trasformazioni fisiche, chimiche e biologiche che in condizioni favorevoli e senza l'intervento umano possono ridurre la massa, la tossicità, la mobilità, il volume e le concentrazioni dei contaminanti nel saturo e nell'insaturo.

Partendo da questi presupposti è possibile comprendere l'importanza di una appropriata conoscenza di queste trasformazioni per potere sfruttare i processi naturali di attenuazione ai fini della bonifica dei siti contaminati.

I principali solventi clorurati (anche in relazione allo studio in oggetto) sono il Tetracloroetilene (PCE), il Tricloroetilene (TCE), l'1,1,1-Tricloroetano (TCA), il Tetracloruro di carbonio (CT) e il Cloroformio e possono considerarsi, come accennato in precedenza, dei prodotti primari.

I risultati di alcuni studi (basati su esperienze reali), effettuati nell'ambito delle trasformazioni biotiche ed abiotiche che interessano i solventi clorurati presenti nelle acque di falda, hanno permesso di individuare dei percorsi di degradazione ben definiti, partendo dai composti capostipite, con tutta una serie di metaboliti caratteristici per ogni filone di appartenenza. Le trasformazioni teoriche mediante dealogenizzazione riduttiva sono illustrate nella Figura 2.1.

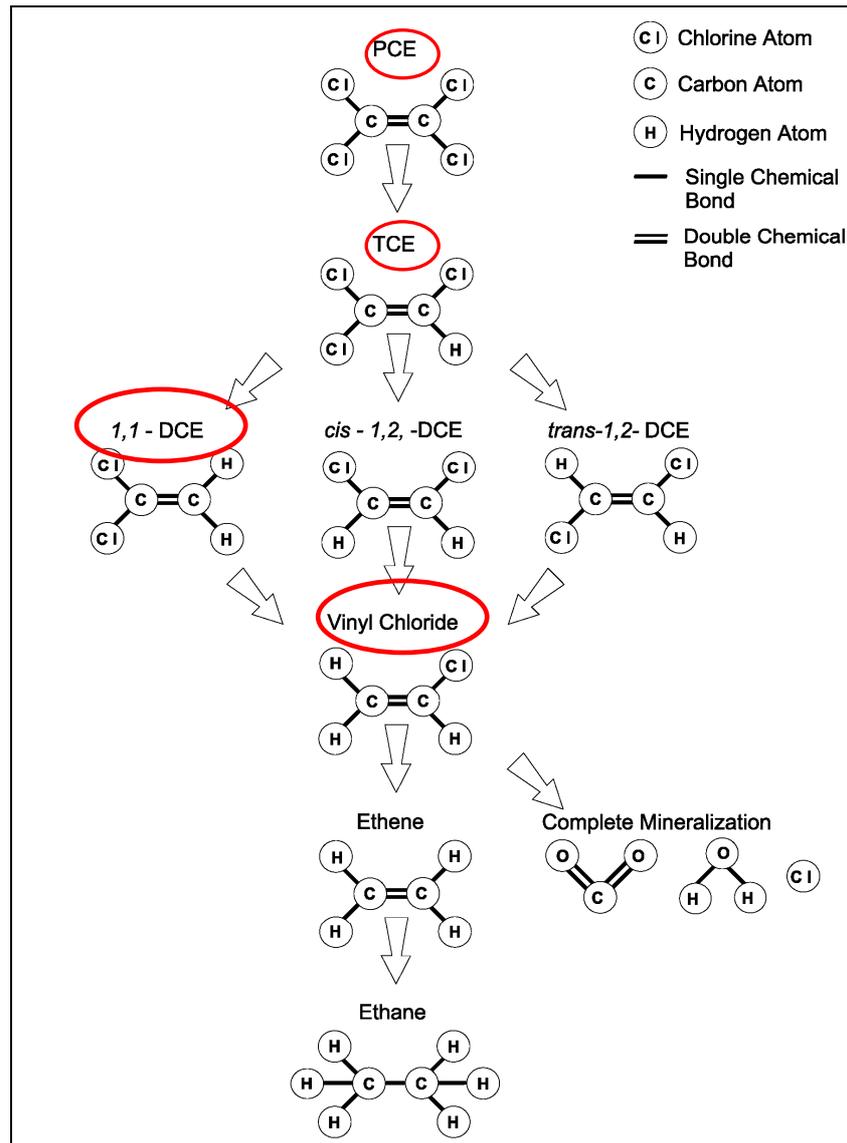


Figura 2.1: Schema della dealogenizzazione riduttiva di solventi clorurati; in rosso sono cerchiati i prodotti cancerogeni. (US EPA 1998 modificato)

A tal proposito, nella Figura 2.2 vengono riportati i percorsi di trasformazione caratteristici (rilevati nel corso delle esperienze di cui sopra) partendo da solventi capostipite quali: PCE e TCE, TCA e CT. Secondo questo schema i prodotti primari PCE e TCE si trasformeranno in cis-1,2-Dicloroetilene e, successivamente, in Cloruro di Vinile. Partendo invece dal TCA avremo la formazione di 1,1-Dicloroetilene ed in seguito (analogamente al punto precedente) di Cloruro di Vinile. Mentre partendo dal CT potremmo avere come metabolita il Cloroformio e successivamente il Diclorometano.

Si prendono adesso in esame le attività d'impiego di alcuni dei principali composti esaminati indicando tra parentesi le denominazioni più comuni.

Percloroetilene (*Tetracloroetilene, Tetracloroetene, PCE*)

Produzione oli e grassi alimentari; trattamenti per sgrassaggi, produzione vernici e pigmenti; produzione pesticidi; tempra e trattamento dei metalli; rottamazione ed autodemolizione, lavaggio tessuti. E' poco solubile e molto volatile.

Tricloroetilene (*Trielina, Tricloroetene, TCE*)

Produzione oli e grassi alimentari; trattamenti per sgrassaggi, produzione vernici e pigmenti; trasformazione stoccaggio oli (anche usati); industria della carta e trattamento legno; trattamento dei metalli; rottamazione ed autodemolizione, lavaggio tessuti. E' poco solubile e molto volatile.

1,1,1-Tricloroetano (*Metilcloroformio, TCA*)

Produzione vernici e pigmenti; produzione pesticidi; trasformazione stoccaggio oli (anche usati); tempra e trattamento dei metalli; trattamento dei metalli (sgrassaggio), sverniciatura del legno, lavaggio tessuti. E' molto poco solubile ed altamente volatile.

Tetracloruro di carbonio (*Tetraclorometano, CT*)

All'inizio del XX secolo il tetracloruro di carbonio era ampiamente usato come solvente per il lavaggio a secco, come liquido di raffreddamento e negli estintori. Dal 1940 il suo impiego comincia a diminuire, per via della sua dimostrata tossicità. Prima della stipula del protocollo di Montreal, grandi quantità di tetracloruro di carbonio erano impiegate per produrre i freon R-11 e R-12, oggi non più usati per via del loro effetto deleterio sullo strato di ozono dell'alta atmosfera. È tuttavia ancora una materia prima per la produzione di freon meno distruttivi. E' poco solubile e molto volatile.

Cloroformio (*Triclorometano, Metano tricloruro*)

Attività di raffinerie di petrolio e gas; fonderie di metalli ferrosi; produzione metalli grezzi non ferrosi; fusione e lega di metalli non ferrosi; produzione di clinker e calce viva; fabbricazione del vetro; fusione di sostanze minerali; produzione di base di prodotti fitosanitari e biocidi; produzioni farmaceutiche di base, produzione esplosivi; incenerimento rifiuti urbani; eliminazione rifiuti pericolosi; discariche; produzione pasta per carta e cartoni; pretrattamento/tintura fibre tessili; fabbricazione del carbonio.

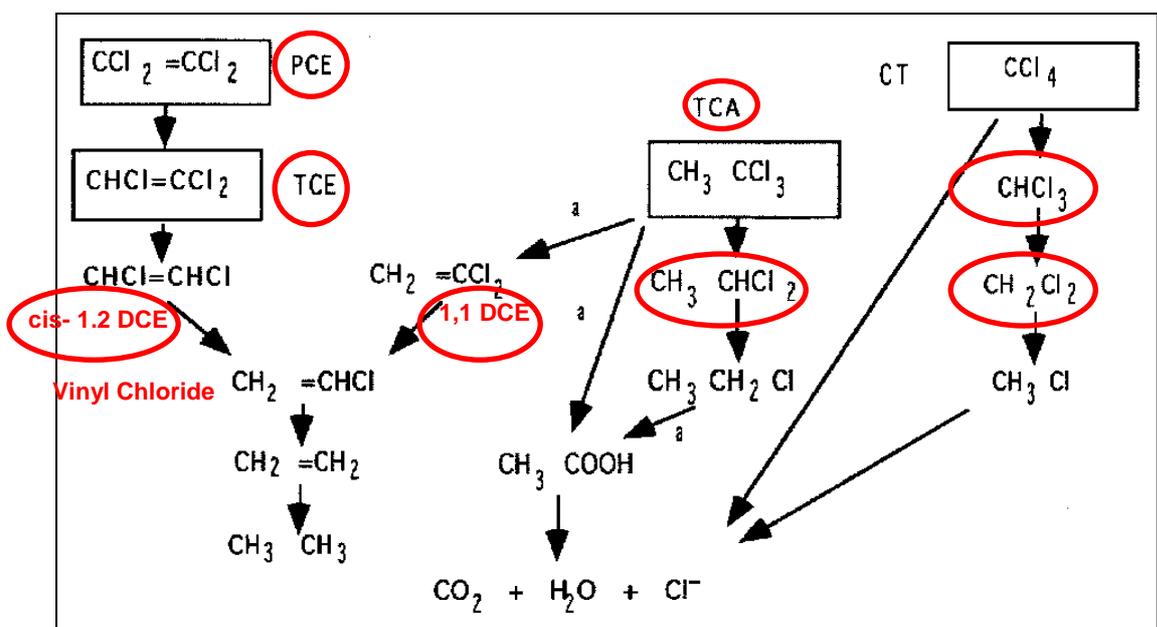


Figura 2.2: Percorsi di trasformazione chimica e biologica anaerobica dei solventi clorurati, partendo dai prodotti capostipite (inclusi nel rettangolo). In rosso sono cerchiati i prodotti tipici dell'area di studio. (P.L. McCarty 2000, modificato)

3. CONTESTO DI RIFERIMENTO E DATI UTILIZZATI

3.1. Dati utilizzati per lo studio

La fonte dei dati relativi alla presenza dei solventi clorurati utili per la realizzazione dello studio è la Rete di Monitoraggio Regionale delle Acque Sotterranee (RMRAS), che copre tutto il territorio di pianura del Piemonte e, a partire dal 2011, anche i principali fondovalle. Il periodo preso in esame è l'ultimo sessennio, in particolare gli anni che vanno dal 2009 al 2014.

La RMRAS e il monitoraggio afferente sono stati aggiornati da Arpa Piemonte seguendo i dettami della Direttiva 2000/60/CE, la Direttiva Quadro europea in materia di Acque (DQA o WFD – Water Framework Directive), recepita in Italia con il D.Lgs. n. 152/2006, successivamente integrato con il D.M. 260/2010. Si sono pertanto individuati i corpi idrici sotterranei (GWB – Ground Water Body) come unità gestionale oggetto di monitoraggio, rappresentati da un "volume d'acqua" in seno ad uno stesso acquifero con simili caratteristiche qualitative e quantitative.

La RMRAS risulta pertanto composta, nel periodo preso in esame, da 13 GWB relativi al sistema idrico sotterraneo superficiale di pianura, 4 GWB relativi al sistema idrico sotterraneo superficiale dei fondovalle e 6 GWB relativi al sistema idrico sotterraneo profondo. In questi GWB sono ubicati i 585 punti di monitoraggio (pozzi e/o piezometri), dei quali 383 sono inerenti al sistema acquifero superficiale e 202 a quello profondo. Tutti i punti sopra citati sono sottoposti a monitoraggio qualitativo nell'ambito di due campagne effettuate a cadenza semestrale, nel periodo marzo-aprile e settembre-ottobre, di ogni anno.

Il protocollo analitico a cui sono stati sottoposti i punti di monitoraggio è sito-specifico e prevede una serie di parametri in ottemperanza a quanto richiesto dalla normativa sopra citata. In particolare è stata valutata la presenza dei composti organici volatili (VOC - Volatile Organic Compounds) di cui fanno parte anche i solventi clorurati oggetto dello studio. Le analisi sulle acque sotterranee sono state eseguite nei laboratori della Struttura Specialistica Qualità delle Acque di Arpa Piemonte sul campione tal quale utilizzando uno spettrometro di massa con Purge & Trap, adottando come limite di quantificazione (LOQ) un valore uguale od inferiore al 30% dei valori dello standard di qualità, come previsto dal D.L.vo 219/2010 (recepimento della direttiva 2009/90/CE).

Nella tabella 3.1 vengono riportati i VOC ricercati nel protocollo di monitoraggio previsto per la RMRAS nel periodo 2009-2014.

Tabella 3.1– VOC ricercati nella RMRAS

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	LOQ
Composti clorurati alifatici		
1,1,1 TRICLOROETANO	µg/L	0.5
1,2 DICLOROETANO	µg/L	0.5
TRICLOROMETANO (CLOROFORMIO)	µg/L	0.1
TETRACLOROETENE	µg/L	0.5
TETRACLOROMETANO	µg/L	0.5
TRICLOROETENE	µg/L	0.5
ESACLOROBUTADIENE	µg/L	0.02
1,1 DICLOROETANO	µg/L	0.5
1,1 DICLOROETENE	µg/L	0.5
1,1,2 TRICLOROETANO	µg/L	0.5
1,1,2,2 TETRACLOROETANO	µg/L	0.5
1,2 DICLOROETENE	µg/L	0.5
1,2 DICLOROPROPANO	µg/L	0.5
1,3 DICLOROPROPENE	µg/L	0.5
CLOROETENE	µg/L	0.2
DICLOROMETANO	µg/L	0.5
DICLORODIFLUOROMETANO	µg/L	0.5
TRICLOROFLUOROMETANO	µg/L	0.5
Composti clorurati aromatici		
1,2 DICLOROBENZENE	µg/L	0.5
1,2,3 TRICLOROBENZENE	µg/L	0.1
1,2,4 TRICLOROBENZENE	µg/L	0.1
1,3 DICLOROBENZENE	µg/L	0.5
1,4 DICLOROBENZENE	µg/L	0.5
2-CLOROTOLUENE	µg/L	0.5
4-CLOROTOLUENE	µg/L	0.5
CLOROBENZENE	µg/L	0.5
Composti aromatici		
BENZENE	µg/L	0.2
ETILBENZENE	µg/L	0.5
ISOPROPILBENZENE	µg/L	0.5
METILBENZENE (TOLUENE)	µg/L	0.5
XILENI (1,2DIMETILBENZENE, 1,3 DIMETILBENZENE, 1,4 DIMETILBENZENE)	µg/L	0.5

3.2. Stato Chimico

Lo Stato Chimico (SC) delle acque sotterranee è l'indicatore per valutare lo stato della risorsa idrica e fornisce anche un quadro di riferimento per il contesto relativo allo studio in questione.

La definizione dello stato chimico ha portato ad una categorizzazione su base areale dei singoli GWB, che si distinguono in due categorie: BUONO e SCARSO.

Ai fini della valutazione dello Stato Chimico, sono stati adottati gli standard di qualità ambientale (SQA) individuati a livello comunitario ed i valori soglia (VS) individuati a livello nazionale, indicati, rispettivamente, dalle tabelle 2 e 3 della Parte A dell'Allegato 3 del D.L.vo 30/2009 già citato, che comprende diverse sostanze oltre ai solventi clorurati. Si è così definito lo Stato Chimico in ogni anno per tutti i punti della rete.

Lo “stato chimico complessivo” annuale, a livello di ciascun GWB, si è ottenuto considerando quanto contemplato dall’art. 4 comma 2c del sopracitato decreto, che prevede l’attribuzione dello stato BUONO quando “*lo standard di qualità delle acque sotterranee o il valore soglia è superato in uno o più siti di monitoraggio, che comunque rappresentino non oltre il 20 per cento dell’area totale o del volume del corpo idrico, per una o più sostanze*”.

Per le acque sotterranee non è prevista dalla normativa vigente una aggregazione di Stato di Qualità in multipli di anni ma per valutare in modo più sintetico lo stato della risorsa si è ritenuto opportuno fornire una ipotesi di classificazione dello stato chimico triennale sulla base dei risultati annuali. Nel caso in cui nel triennio si sia verificata un’oscillazione del giudizio di stato a livello di GWB si è considerato lo stato prevalente (2 su 3). Risulta fondamentale, pertanto, valutare l’attendibilità e l’effettiva stabilità della classificazione triennale mediante il Livello di Confidenza, “*una stima del livello di attendibilità e precisione dei risultati ottenuti con i programmi di monitoraggio*”.

Nella Tabella 3.2 vengono riportati sia lo SC annuale che la proposta di classificazione per il triennio 2012-2014 dei GWB afferenti al sistema acquifero superficiale (falda superficiale), e nella Tabella 3.3 vengono riportati sia lo SC annuale che la proposta di classificazione per il triennio 2012-2014 dei GWB afferenti al sistema acquifero profondo (falde profonde), entrambe corredate del Livello di Confidenza.

Esaminando la tabella relativa alla falda superficiale si può notare come la maggior parte dei corpi idrici sia in SC Scarso, anche se con SC non costanti negli anni, mentre solo due hanno raggiunto lo SC triennale Buono (GWB-S2 e GWB-S5a), evidenziando una situazione di vulnerazione diffusa delle risorse idriche sotterranee.

Viceversa la falda profonda presenta una situazione migliore, con la maggior parte dei GWB in SC Buono e due in SC Scarso (GWB-P2 e GWB-P4), rilevando come gli acquiferi profondi siano naturalmente più protetti.

Nelle figure 3.1 e 3.2 sono riportate le classificazioni di SC di ogni GWB per l’ultimo triennio (2012-2014), per le falde superficiali e profonde, con indicazione dei GWB che hanno mantenuto un SC stabile nel corso dei tre anni e di quelli che lo hanno variato.

Tabella 3.2 – Ipotesi di classificazione dello stato chimico per il triennio 2012-2014 falda superficiale

Anno	2012		2013		2014		Ipotesi di Classificazione Triennio	LC
	GWB	Stato	% Area BUONO	Stato	% Area BUONO	Stato		
GWB-S1	Scarso	71,0	Scarso	68,30	Scarso	72,2	SCARSO	Alto
GWB-S2	Scarso	79,7	Buono	100,0	Buono	81,6	BUONO	Basso
GWB-S3a	Scarso	55,7	Scarso	51,1	Scarso	45,6	SCARSO	Alto
GWB-S3b	Scarso	72,0	Scarso	68,2	Scarso	64,1	SCARSO	Medio
GWB-S4a	Scarso	42,7	Scarso	48,8	Scarso	29,6	SCARSO	Alto
GWB-S4b	Scarso	57,0	Scarso	78,5	Scarso	78,5	SCARSO	Medio
GWB-S5a	Buono	89,5	Buono	89,2	Buono	82,1	BUONO	Medio
GWB-S5b	Scarso	59,1	Buono	100,0	Scarso	78,8	SCARSO	Basso
GWB-S6	Scarso	69,2	Scarso	72,3	Scarso	74,4	SCARSO	Alto
GWB-S7	Buono	90,3	Scarso	72,2	Scarso	77,1	SCARSO	Medio
GWB-S8	Scarso	49,8	Scarso	47,3	Scarso	36,1	SCARSO	Alto
GWB-S9	Scarso	53,6	Scarso	49,8	Scarso	35,7	SCARSO	Alto
GWB-S10	Scarso	71,4	Buono	82,3	Scarso	69,8	SCARSO	Basso
GWB-FTA	Scarso	59,0	Scarso	62,6	Scarso	57,6	SCARSO	Alto
GWB-FTO	-	-	Scarso	74,6	Scarso	74,6	SCARSO	Medio

GWB-FS	-	-	Scarso	72,6	Scarso	67,2	SCARSO	Medio
GWB-FDR	-	-	Buono	100,0	Scarso	75,9	SCARSO	Basso

Tabella 3.3 - Ipotesi di classificazione dello stato chimico per il triennio 2012-2014 falde profonde

Anno	2012		2013		2014		Ipotesi di Classificazione Triennio	LC	
	GWB	Stato	% Area BUONO	Stato	% Area BUONO	Stato			% Area BUONO
GWB-P1		BUONO	92,5	BUONO*	-	BUONO*	-	BUONO	Alto
GWB-P2		SCARSO	60,0	SCARSO	57,7	SCARSO	51,8	SCARSO	Alto
GWB-P3		BUONO	86,9	BUONO	89,8	BUONO	88,1	BUONO	Alto
GWB-P4		SCARSO	76,4	SCARSO	69,8	BUONO	90,8	SCARSO	Basso
GWB-P5		BUONO*	-	BUONO*	-	BUONO	52,8	BUONO	Alto
GWB-P6		BUONO*	-	BUONO*	-	BUONO	100	BUONO	Medio

* indica un giudizio di stato non calcolato ma assunto in quanto il GWB è nella rete di Sorveglianza, con SC Buono.

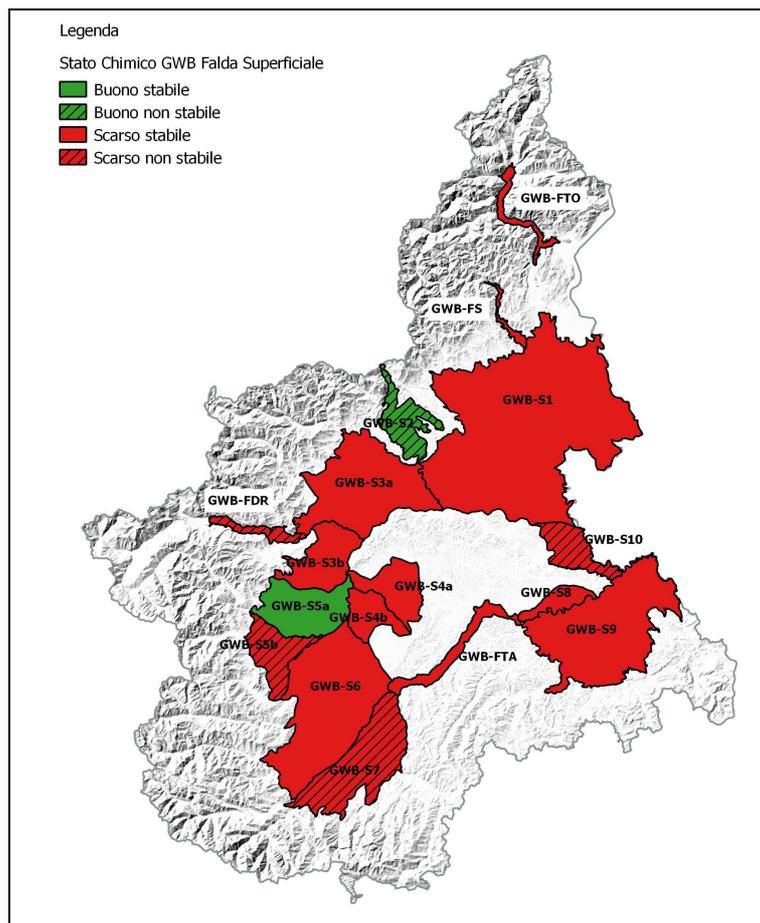


Figura 3.1 –Classificazione dello stato chimico per il triennio 2012-2014 falda superficiale

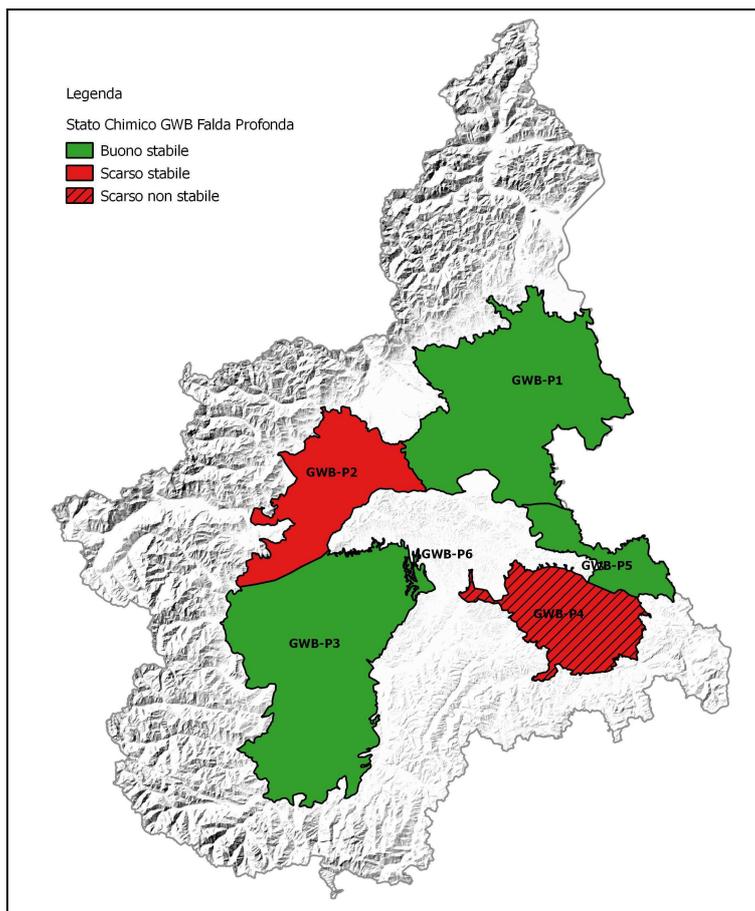


Figura 3.4 –Classificazione dello stato chimico per il triennio 2012-2014 falda profonda

4. DELIMITAZIONE DELLE AREE OGGETTO DI STUDIO

4.1. Presenza di VOC nelle acque sotterranee in Piemonte

La situazione rilevata dal monitoraggio svolto risulta alquanto complessa e variegata, tuttavia evidenzia la presenza di VOC in molte aree del Piemonte, con una prevalenza di punti contaminati a valle idrogeologica di scenari apparentemente critici per la concentrazione di siti contaminati e produttivi, esistendo altresì situazioni di non semplice interpretazione.

Di seguito vengono riportati i cartogrammi riferiti ai risultati del monitoraggio negli anni più recenti (triennio 2012-2014) relativamente ai VOC, nei quali sono compresi i solventi clorurati che in questo contesto sono la loro componente più numerosa e significativa, sia per il sistema acquifero sotterraneo superficiale che per quello profondo. Nelle cartografie viene rappresentato per ogni singolo punto di monitoraggio se vi sono stati superamenti del VS (colore fuxia), se vi sono impatti qualificati con la presenza di almeno una sostanza nel periodo considerato (colore arancione), se non è stata riscontrata la presenza di Solventi clorurati (colore azzurro) o se il contaminante in quel punto non è stato determinato (colore grigio). Vi è inoltre una indicazione di quante volte si è manifestato l’impatto o il superamento del VS nei tre anni utilizzando un criterio dimensionale: il punto più grande indica 3 riscontri su 3 anni, quello medio 2 su 3 e il più piccolo 1 su 3. Se in tre anni si è avuto un anno il superamento di VS e negli altri due un impatto, viene visualizzato solo il superamento poichè ritenuto più significativo dell’impatto (in quanto provoca lo SC scarso del punto) per non generare confusione visiva. Inoltre il contorno del GWB indica lo SC triennale: in rosso lo SC scarso e in verde lo SC buono.

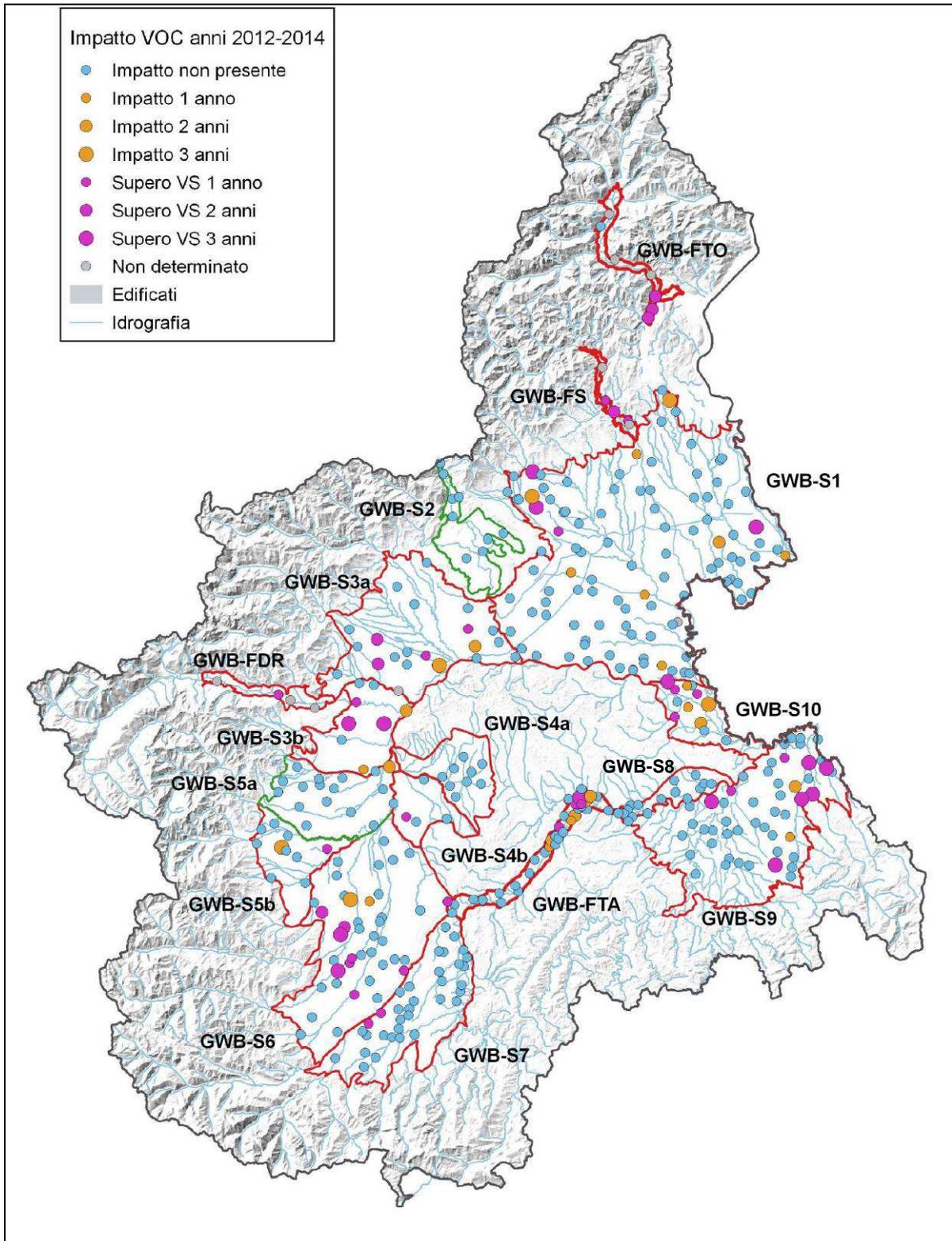


Figura 4.1 - Impatto puntuale VOC e SC triennio 2012-2014 acquifero superficiale

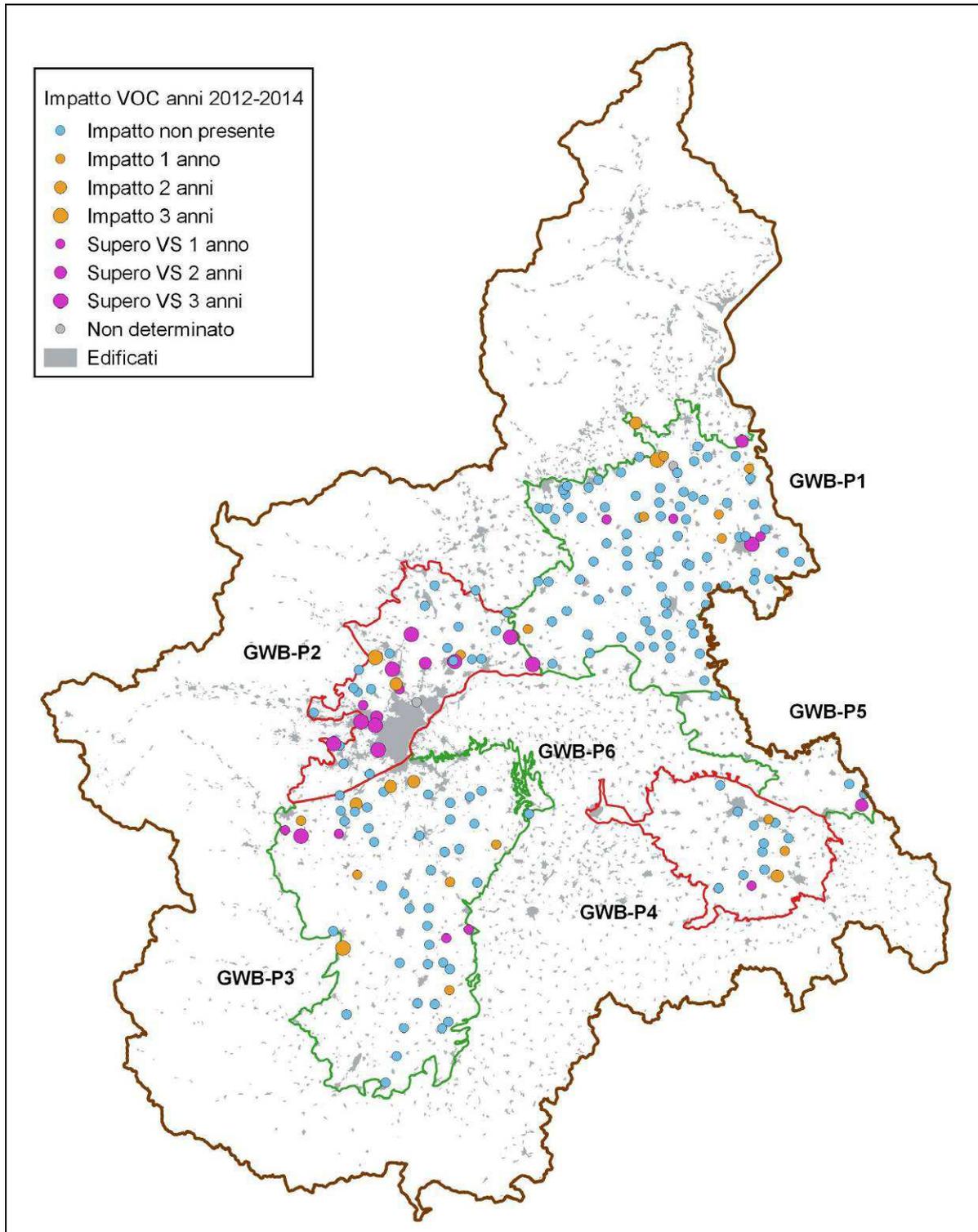


Figura 4.2 - Impatto puntuale VOC e SC triennio 2012-2014 acquifero profondo

Le carte tematiche mostrano come i solventi clorurati rappresentino un fattore di contaminazione importante per le acque sotterranee, anche se in misura diversa nei differenti corpi idrici delle falde superficiale e profonda.

La valutazione dell'impatto da VOC nell'arco del triennio 2012-2014 per il sistema acquifero superficiale (Figura 4.1) evidenzia come il fenomeno interessi principalmente sezioni localizzate all'interno di alcuni GWB. Le zone maggiormente interessate riguardano: il settore nord-est di GWB-S9, il settore nord-ovest di GWB-S10, il settore sud-ovest di GWB-S6, il settore Astigiano di GWB-FTA e buona parte di GWB-S3b (Torinese sud). Oltre a questi, si riconoscono situazioni che

denotano una distribuzione più sporadica e irregolare dei riscontri all'interno dei GWB, come in GWB-S3a (Torinese nord), GWB-S1 (Biellese), GWB-FS e GWB-FTO.

Per quanto riguarda le falde profonde la distribuzione dell'impatto da VOC nel triennio 2012-2014 (Figura 4.2) sottolinea come tali sostanze rappresentino una delle principali criticità in Piemonte, e in particolare il GWB-P2 (corrispondente all'area Torinese) risulta il settore più problematico. Mentre nell'area Torinese il fenomeno evidenzia una caratteristica di tipo diffuso, negli altri GWB appare più localizzato e circoscritto ad aree produttive e urbanizzate. Questo aspetto è più evidente in GWB-P1, dove sia i riscontri che i superamenti dei VS si manifestano (in prevalenza) sulle verticali dei settori di territorio associati alle aree produttive di Novara, Borgomanero e Biella. Oppure, come nella parte apicale di GWB-P3, in corrispondenza dei poli industriali attivi o dismessi ubicati nella parte sud della cintura Torinese.

I solventi clorurati più ritrovati in Piemonte nel triennio 2012-2014 come numero di riscontri sono stati (in ordine decrescente di numero):

- Tetracloroetene
- Tricloroetene
- 1,2 Dicloroetene
- Triclorometano (Cloroformio)
- 1,1 Dicloroetene
- 1,1,1 Tricloroetano
- Diclorometano
- 1,1 Dicloroetano
- 1,2 Dicloropropano
- Tetraclorometano

I solventi clorurati ritrovati in maggiore quantità sempre nel triennio 2012-2014 sono stati (in ordine decrescente di concentrazione calcolata sulla media annuale):

- Tetracloroetene
- Tricloroetene
- 1,2 Dicloroetene
- Diclorometano
- Triclorometano (Cloroformio)
- 1,1,1 Tricloroetano
- 1,1 Dicloroetene
- 1,1 Dicloroetano
- 1,2 Dicloropropano
- Tetraclorometano

4.2. Criteri per la selezione

Come evidenziato nel paragrafo precedente, in Piemonte le zone in cui è stata riscontrata la presenza dei solventi clorurati sono piuttosto ampie, ma occorre tuttavia dirimere le aree in cui l'inquinamento è effettivamente diffuso in una porzione notevole del corpo idrico sotterraneo rispetto a quelle in cui la contaminazione è rilevante ma circoscritta e localizzata.

Pertanto, per selezionare la zona di studio, si è deciso di utilizzare i dati risultanti dal monitoraggio dell'ultimo sessennio, calcolando per ogni GWB l'area che mostra la presenza dei solventi clorurati mediante l'utilizzo dei poligoni di Thiessen-Voronoi. In seguito si sono circoscritte le aree coinvolte effettuando una selezione dei GWB in base alla percentuale media di area interessata dal fenomeno.

I risultati di queste elaborazioni dei dati sono illustrati nelle tabelle 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 in cui sono riportate, per le falde superficiale e profonda, sia la percentuale delle aree in cui si è rilevata la presenza dei VOC (anche al di sotto dei valori soglia) che la percentuale delle aree in cui si sono avuti superamenti del valore soglia. Si è anche calcolata la media sul sessennio delle percentuali di area in cui sono stati riscontrati i VOC per avere un dato omogeneo su cui operare la selezione.

Tabella 4.1 – Percentuale aree con impatti dei VOC nella falda superficiale

VOC	% Area 2009	% Area 2010	% Area 2011	% Area 2012	% Area 2013	% Area 2014	Media % Area 2009-2014
GWB-S1	15,7	11,5	8,8	5,9	4,8	8,9	9,3
GWB-S2	2,0	2,0	2,0	0	0	0	1,0
GWB-S3a	32,3	20,2	35,1	17,0	24,4	29,6	26,4
GWB-S3b	55,3	66,1	66,1	35,9	43,4	59,9	54,5
GWB-S4a	0	0	0	0	0	0	0
GWB-S4b	16,5	0	0	21,6	21,6	0	10,0
GWB-S5a	9,8	0	16,1	3,4	0	3,4	5,5
GWB-S5b	18,4	0	18,4	0	0	15,1	8,7
GWB-S6	16,4	12,4	12,9	15,2	15,7	9,7	13,7
GWB-S7	0	6,7	2,8	1,5	2,0	0	2,2
GWB-S8	18,7	8,7	0	0	0	0	4,6
GWB-S9	13,6	21,1	21,3	14,3	12,9	18,9	17,0
GWB-S10	44,9	44,9	44,9	32,3	41,0	56,4	44,1
GWB-FTA	13,7	14,0	7,5	8,2	10,2	13,5	11,2
GWB-FDR	-	-	25,6	N.D.	0	24,1	16,6
GWB-FS	-	-	28,5	N.D.	45,0	45,0	39,5
GWB-FTO	-	-	19,9	N.D.	25,4	25,4	23,6

Tabella 4.2– Percentuale aree di superamento VS dei VOC nella falda superficiale

VOC	2009 %Area > SQA/VS	2010 %Area > SQA/VS	2011 %Area > SQA/VS	2012 %Area > SQA/VS	2013 %Area > SQA/VS	2014 %Area > SQA/VS	2009-2014 Media %Area > SQA/VS
GWB-S1	4,3	2,9	4,5	4,1	2,9	2,9	3,6
GWB-S2	2,0	0	0	0	0	0	0,3
GWB-S3a	9,4	13,9	12,5	0	11,1	21,7	11,4
GWB-S3b	55,3	33,4	28,5	28,0	28,0	35,9	34,9
GWB-S4a	0	0	0	0	0	0	0
GWB-S4b	16,5	0	0	21,6	0	0	6,4
GWB-S5a	9,8	0	0	0	0	0	1,6
GWB-S5b	18,4	0	18,4	0	0	15,1	8,7
GWB-S6	11,6	10,7	11,2	13,5	7,9	6,8	10,3
GWB-S7	0	0	2,8	1,5	2,0	0	1,1
GWB-S8	0	0	0	0	0	0	0
GWB-S9	9,5	16,5	9,7	11,2	11,2	14,6	12,1
GWB-S10	19,2	19,7	30,8	15,8	4,9	15,7	17,7
GWB-FTA	2,3	8,9	2,1	2,5	2,5	5,6	4,0
GWB-FDR	-	-	25,6	N.D.	0	24,1	16,6
GWB-FS	-	-	14,8	N.D.	27,4	32,8	25,0
GWB-FTO	-	-	19,0	N.D.	25,4	25,4	23,3

Tabella 4.3 – Percentuale aree con impatti dei VOC nella falda sotterranea

VOC	% Area 2009	% Area 2010	% Area 2011	% Area 2012	% Area 2013	% Area 2014	Media % Area 2009- 2014
GWB-P1	13,8	7,8	10,8	10,8	N.D.	N.D.	10,8
GWB-P2	17,7	24,6	24,9	36,5	40,8	39,8	30,7
GWB-P3	17,7	24,6	24,9	17,6	18,3	12,9	19,3
GWB-P4	20,8	15,3	8,6	16,1	16,1	8,0	14,2
GWB-P5	17,0	17,0	17,0	N.D.	N.D.	6,4	14,4
GWB-P6	N.D.						

Tabella 4.4 – Percentuale aree di superamento VS dei VOC nella falda sotterranea

VOC	2009 %Area > SQA/VS	2010 %Area > SQA/VS	2011 %Area > SQA/VS	2012 %Area > SQA/VS	2013 %Area > SQA/VS	2014 %Area > SQA/VS	2009-2014 Media %Area > SQA/VS
GWB-P1	9,4	6,2	7,5	1,8	N.D.	N.D.	6,2
GWB-P2	7,5	20,9	11,8	30,8	28,6	30,5	21,7
GWB-P3	7,5	20,9	11,8	5,9	5,0	5,5	9,4
GWB-P4	14,9	8,6	8,6	0	6,6	0	6,5
GWB-P5	0	17,0	0	N.D.	N.D.	6,4	5,9
GWB-P6	N.D.						

Come si può notare nelle tabelle, le percentuali di impatto, cioè di aree interessate dalla presenza di solventi clorurati, differiscono notevolmente nei vari GWB, partendo da un minimo di zero (es. GWB-S4a) ad un massimo di oltre il 50% di area del corpo idrico sotterraneo (es. GWB-S3a), pertanto per circoscrivere l'area di studio si è deciso di effettuare una prima selezione di corpi idrici sotterranei considerando quelli in cui si rileva la presenza del fenomeno, identificandoli in quelli che mostrano una percentuale di impatto al di sopra del 10%. I GWB della falda superficiale risultanti da questa selezione sono GWB-S3a, GWB-S3b, GWB-S6, GWB-S9, GWB-S10, GWB-FTA, GWB-FDR, GWB-FS, GWB-FTO, mentre quelli delle falde profonde sono tutti eccetto GWB-P6, a conferma del fatto che la contaminazione da VOC delle falde profonde è un fenomeno di rilievo per le risorse idriche piemontesi, da tenere sotto controllo.

Si è poi deciso di restringere ulteriormente l'area di studio per selezionare quei GWB che possono presentare un inquinamento importante e diffuso in tutto il corpo idrico, andando ad osservare i GWB con una percentuale di area interessata dal superamento del valore soglia del 20%, percentuale che da sola è in grado di declassare lo stato chimico del GWB a Scarso. I GWB della falda superficiale risultanti da questa ulteriore selezione sono GWB-S3b, GWB-FS e GWB-FTO, mentre l'unico GWB delle falde profonde è il GWB-P2.

Alla luce di quanto enunciato e ai fini del presente studio sull'inquinamento diffuso si ritiene pertanto di selezionare come corpi idrici sotterranei il **GWB-S3b, il GWB-S3a e il GWB-P2**.

Infatti, dato che il GWB-S3b ha una sua naturale estensione nel GWB-S3a, si è deciso di considerare nell'area di studio anche quest'ultimo, riuscendo in tal modo ad avere una buona corrispondenza fra la falda superficiale e le falde sotterranee perché entrambi sono ubicati sopra il GWB-P2.

Si è deciso a tal proposito di non selezionare per questo studio anche i GWB-FS e GWB-FTO, pur avendo una percentuale di area superiore al VS del 20%, in quanto, trattandosi di GWB le cui caratteristiche idrogeologiche e geografiche sono peculiari rispetto agli altri corpi idrici (fondovalle), presentano delle criticità di inquinamento localizzate con pochi punti di monitoraggio.

4.3. VOC nei GWB selezionati

La presenza dei VOC nei GWB selezionati per lo studio (GWB-S3a, GWB-S3b, GWB-P2), come emerge dai risultati del monitoraggio del triennio più recente (2012-2014), è rappresentata nelle figure seguenti, nelle quali sono tematizzati i punti nei quali i VOC presentano un impatto e/o un superamento del valore soglia.

Si è ritenuto opportuno raffigurare gli impatti puntuali valorizzando i risultati di ogni singolo anno, scegliendo di utilizzare la dimensione del punto per presentare le occorrenze negli anni: il punto a dimensioni maggiori per indicare tre anni di impatto, quello a dimensioni medie per i due anni e quello più piccolo per un solo anno. Per quanto riguarda i colori si è scelto il fuxia per indicare il superamento del VS/SQA, in arancione l'impatto, in azzurro l'assenza di impatto e in grigio la non determinazione del parametro. Anche in questo caso la gerarchia prevede che il superamento prevalga sull'impatto, il quale prevale sull'assenza di impatto.

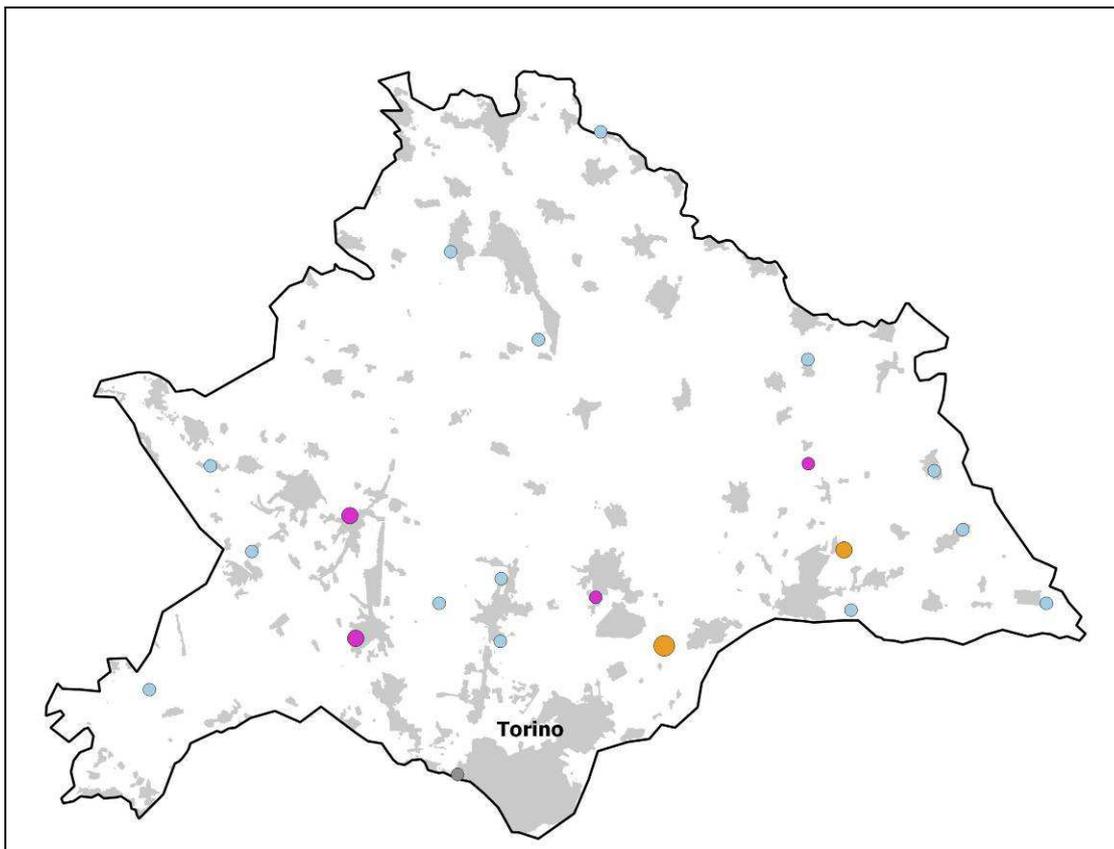


Figura 4.3 - Impatto puntuale dei VOC negli anni 2012-2014 in GWB-S3a

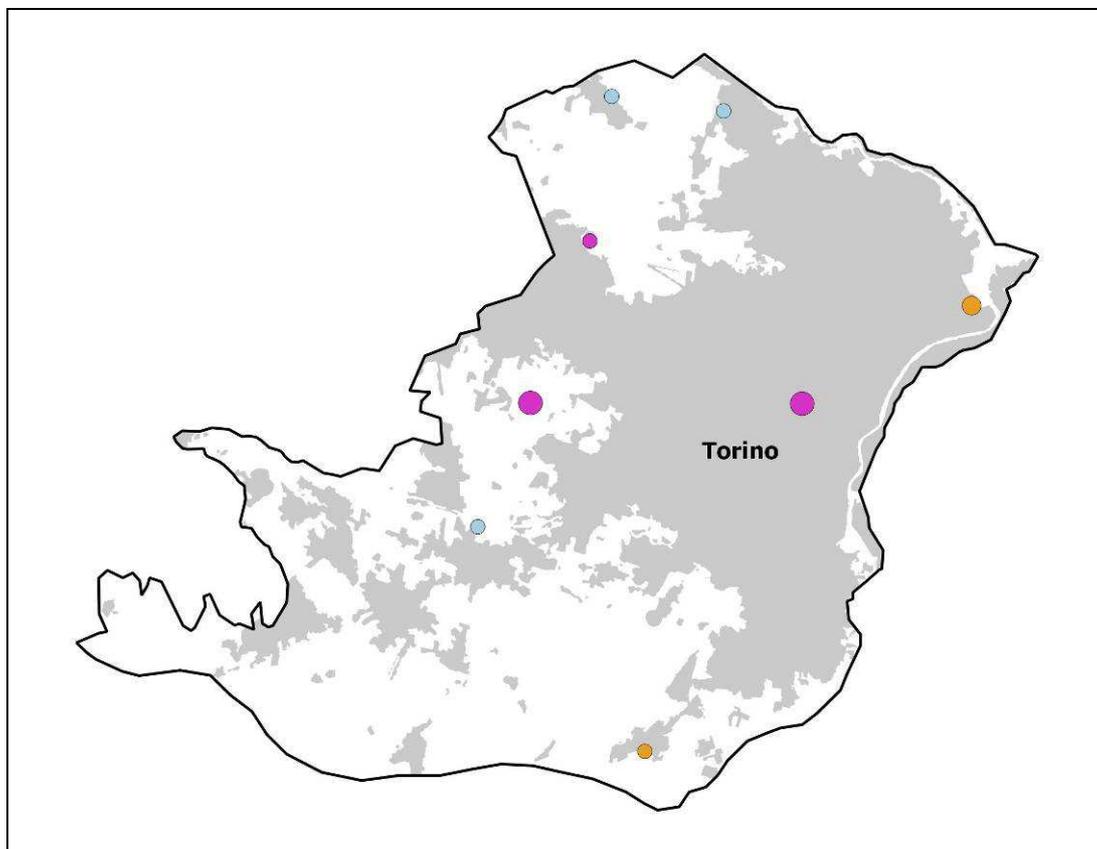


Figura 4.4 - Impatto puntuale dei VOC negli anni 2012-2014 in GWB-S3b

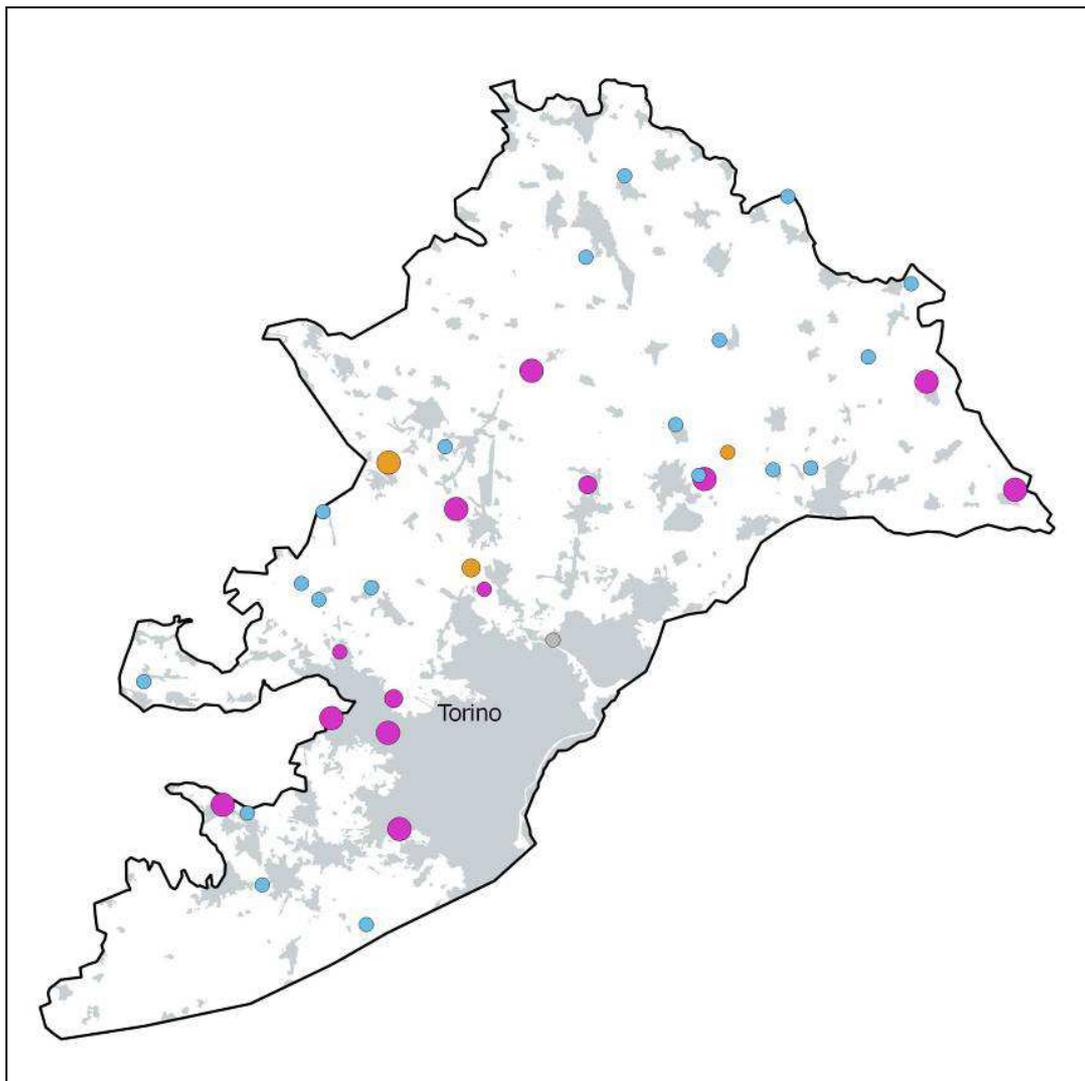


Figura 4.5 - Impatto puntuale dei VOC negli anni 2012-2014 in GWB-P2

Nelle tabelle e nei grafici seguenti sono illustrati gli andamenti dei solventi clorurati riscontrati nell'area oggetto di studio nel sessennio 2009-2014.

I valori di concentrazione, espressi in µg/L di sostanza, rappresentano il risultato della media calcolata per ogni parametro per ogni punto dei dati ottenuti nelle due campagne di monitoraggio in ogni anno, poi mediata su tutto il corpo idrico sotterraneo.

Come si può notare le oscillazioni negli anni sono tali da non evidenziare andamenti consolidati della concentrazione dei solventi clorurati, ma possono essere attribuiti alla variabilità naturale intrinseca dell'acquifero, all'incertezza del metodo di analisi, alle caratteristiche chimiche di queste sostanze in relazione anche alla loro scarsa affinità per la fase acquosa.

Tabella 4.5 – Solventi clorurati riscontrati in GWB-S3a anni 2009-2014

Nome Parametro	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TETRACLOROETENE (µg/L)	1.24	1.42	1.15	0.76	0.79	1.66
TRICLOROETENE (µg/L)	0.73	0.47	0.43	-	0.60	0.85
TRICLOROMETANO (CLOROFORMIO) (µg/L)	-	0.57	-	-	0.75	-
DICLOROMETANO(µg/L)	-	-	0.43	0.68	-	-

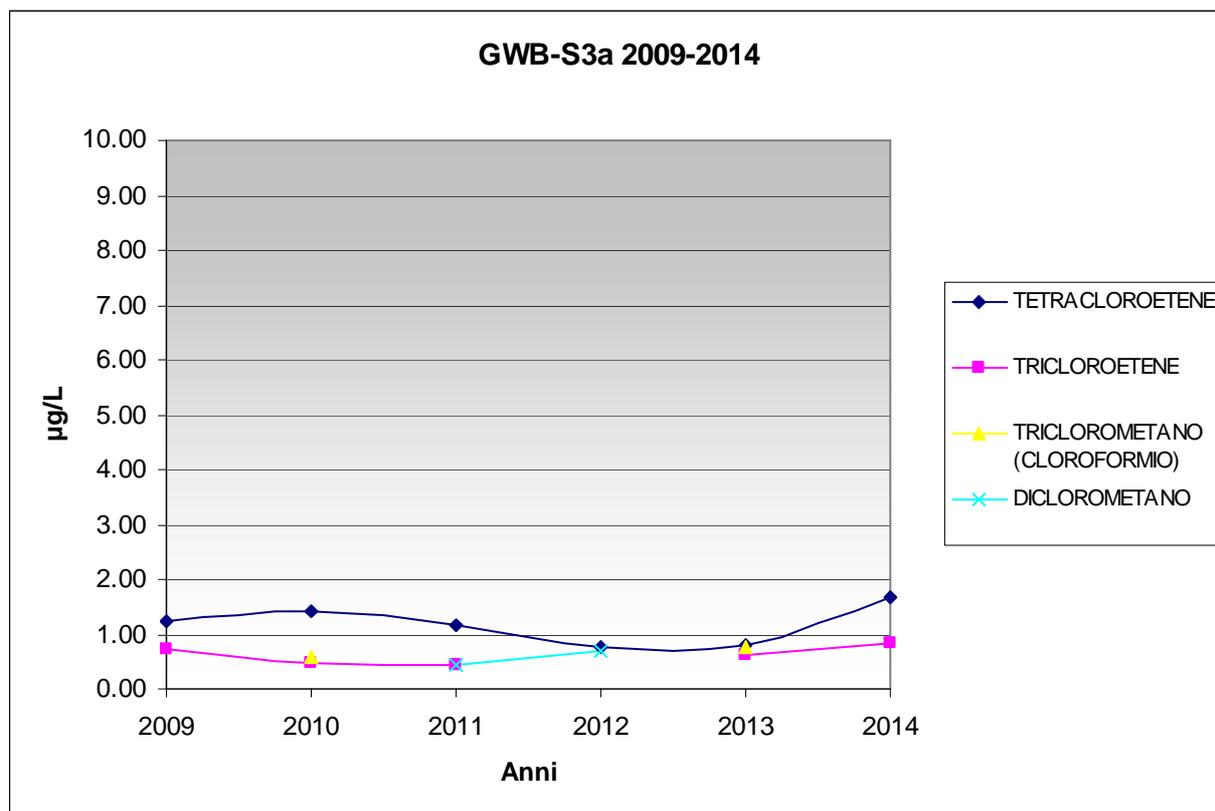


Figura 4.6 – Solventi clorurati riscontrati in GWB-S3a anni 2009-2014

Tabella 4.6 – Solventi clorurati riscontrati in GWB-S3b anni 2009-2014

Nome Parametro	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TETRACLOROETENE (µg/L)	4.05	2.10	2.08	2.44	2.39	2.81
TRICLOROETENE (µg/L)	14.67	16.44	6.85	6.16	4.10	1.87
1,2 DICLOROETENE (µg/L)	0.70	0.45	0.46	0.53	0.60	0.43
1,1,1 TRICLOROETANO (µg/L)	3.55	1.69	1.12	0.99	1.18	1.02
1,1 DICLOROETENE (µg/L)	0.75	-	0.53	0.55	0.40	0.43
TETRACLOROMETANO (µg/L)	0.65	-	-	-	-	0.38
TRICLOROMETANO (CLOROFORMIO) (µg/L)	0.38	-	-	-	-	0.28

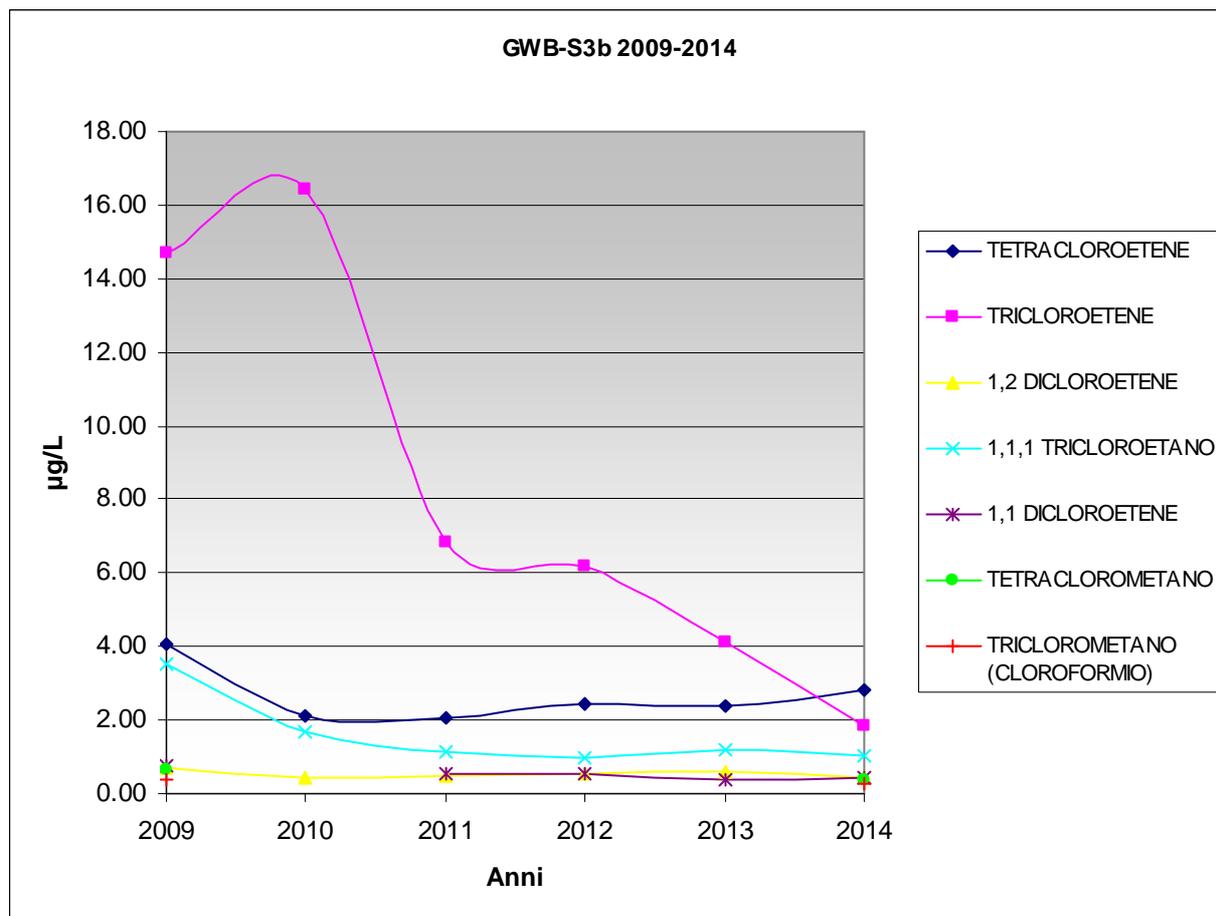


Figura 4.7 – Solventi clorurati riscontrati in GWB-S3b anni 2009-2014

Tabella 4.7 – Solventi clorurati riscontrati in GWB-P2 anni 2009-2014

Nome Parametro	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TETRACLOROETENE (µg/L)	3.07	4.48	2.94	3.25	2.46	4.41
TRICLOROETENE (µg/L)	3.51	2.55	2.24	2.39	2.19	2.64
1,2 DICLOROETENE (µg/L)	0.73	0.72	0.66	0.76	0.61	0.54
1,1,1 TRICLOROETANO (µg/L)	0.60	0.67	0.60	0.75	0.85	0.90
1,1 DICLOROETENE (µg/L)	0.42	0.80	0.49	0.63	0.51	0.43
TRICLOROMETANO (CLOROFORMIO) (µg/L)	2.04	0.79	0.63	0.49	0.53	0.52
DICLOROMETANO (µg/L)	-	-	-	0.38	0.63	-
1,1 DICLOROETANO (µg/L)	0.50	-	0.38	-	-	-
1,2 DICLOROPROPANO (µg/L)	0.66	0.63	0.50	1.10	0.85	0.65

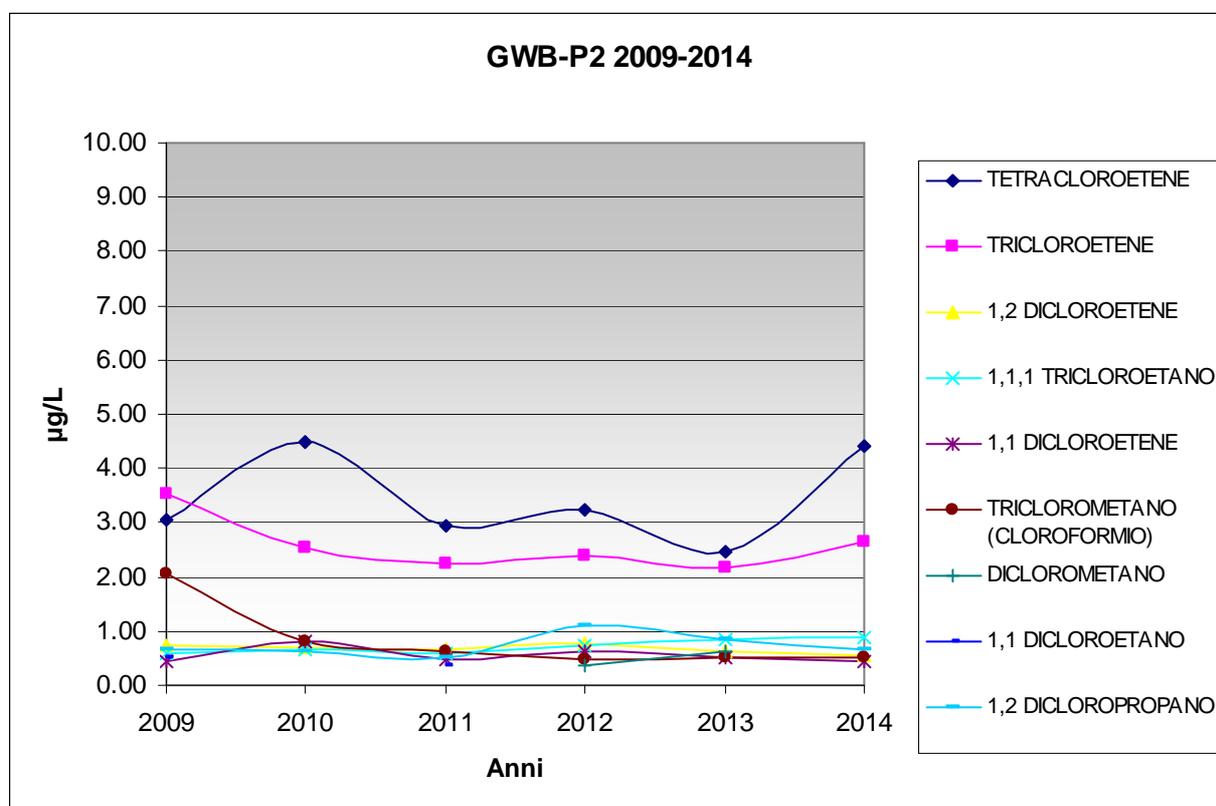


Figura 4.8 – Solventi clorurati riscontrati in GWB-P2 anni 2009-2014

5. LE PRESSIONI E GLI IMPATTI

I solventi organici clorurati sono composti antropogenici, originati principalmente dalle attività umane, pertanto è su questa base che vanno ricercate le loro origini e il passaggio nelle acque sotterranee.

Arpa Piemonte nel 2014 ha riesaminato e aggiornato le pressioni e gli impatti significativi delle attività antropiche che possono incidere sullo stato dei corpi idrici utilizzando un approccio metodologico, definito per la predisposizione del Piano di Gestione 2015-2021, che prevede l'individuazione delle pressioni ritenute significative per lo stato dei corpi idrici, cioè quelle che possono pregiudicare il raggiungimento/mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale secondo le tempistiche previste dalla direttiva comunitaria sulle acque (WFD).

Sulla base di questa metodologia sono state ridefinite le pressioni significative per le acque sotterranee della falda superficiale e nella tabella 5.1 sono rappresentate le pressioni insistenti sui GWB oggetto di questo studio che possono essere fonte di un inquinamento da solventi clorurati.

Tabella 5.1 – Pressioni significative incidenti sui GWB della falda superficiale

Codice GWB	1.5 - Puntuali - Siti contaminati, potenzialmente contaminati e siti produttivi abbandonati	1.6 - Puntuali - Siti per lo smaltimento dei rifiuti	2.1 - Diffuse - Dilavamento urbano (run off)
GWB-S3a	Sì	Sì	No
GWB-S3b	Sì	Sì	Sì

Nella figura 5.1 sono rappresentati i siti contaminati con presenza di solventi clorurati (Catasto siti contaminati ARPA-Regione) che insistono sulla superficie dell'area oggetto di studio unitamente alla rappresentazione già vista relativa ai risultati del monitoraggio dell'ultimo triennio per i VOC relativo alla falda superficiale.

Come si può notare i siti contaminati sono ubicati principalmente nella zona sud dei due GWB esaminati, in particolare nell'area metropolitana torinese e in aree urbanizzate limitrofe, con qualche sporadica presenza anche nelle restanti zone. I riscontri dei VOC mostrano una situazione complessa di non facile interpretazione, nella quale non si verifica sempre una correlazione diretta fra presenza e numerosità dei siti contaminati e rilevamento continuo e costante di solventi clorurati nelle vicinanze.

Questa situazione può essere dovuta a diverse cause fra le quali si possono annoverare le peculiari caratteristiche chemio-dinamiche e ambientali delle sostanze in esame che rendono difficoltoso comprenderne l'evoluzione spazio-temporale oltre al fatto che la loro origine può essere causata anche da fenomeni pregressi non necessariamente ancora attivi.

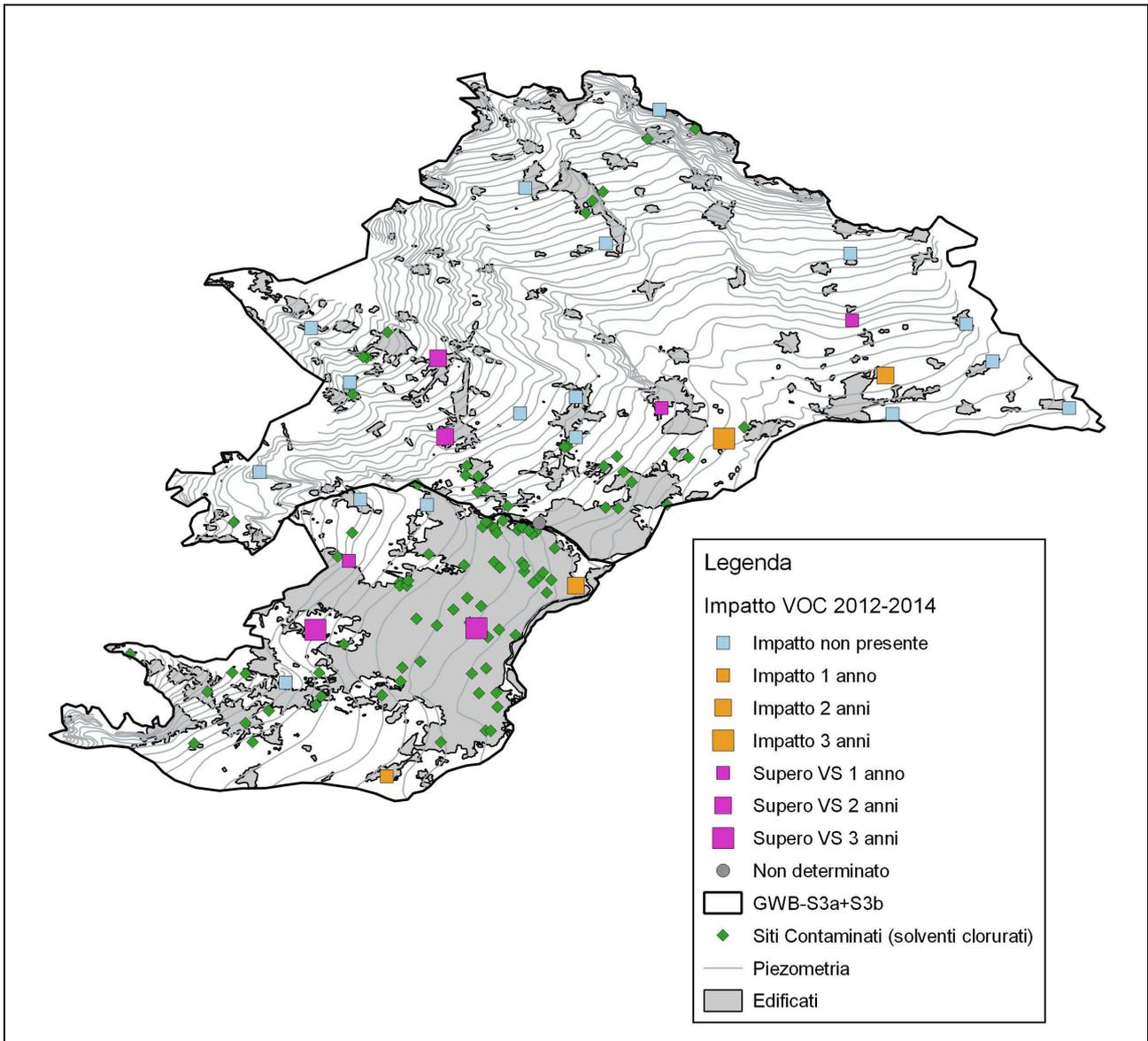


Figura 5.1 - Impatto dei VOC e presenza di siti contaminati in GWB-S3a e GWB-S3b

Per il sistema acquifero profondo invece l'analisi delle pressioni rappresenta un aspetto complesso che richiede una valutazione approfondita di vari fattori (alcuni dei quali non ancora disponibili a scala regionale) quali l'entità delle pressioni specifiche che incidono sull'acquifero superficiale sovrastante, il numero di pozzi profondi e relative caratteristiche di completamento (in questo caso opere obsolete o con cementazioni precarie che possano mettere in comunicazione gli acquiferi), la potenza e continuità laterale della superficie di interfaccia tra acquifero superficiale e profondo che ne garantisce il livello di isolamento, l'utilizzo di un metodo parametrico speditivo per la valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero profondo rapportato a ciascun GWB, etc. Pertanto, la valutazione delle pressioni per il sistema profondo è stata rimandata ad una fase successiva quando sarà possibile qualificare i succitati elementi con l'ausilio di studi dedicati.

Nella figura 5.2 sono rappresentati i siti contaminati con presenza di solventi clorurati (Catasto siti contaminati ARPA-Regione) che insistono sulla superficie dell'area oggetto di studio unitamente alla rappresentazione già vista relativa ai risultati del monitoraggio dell'ultimo triennio per i VOC relativo alle falde profonde.

Come si può notare i riscontri delle sostanze in questione sono diffusi in tutto il corpo idrico sotterraneo, non solo in concomitanza con la presenza in superficie di siti contaminati, anche se la loro maggiore presenza si localizza principalmente nell'area torinese, con uno scenario abbastanza simile a quello dei sovrastanti corpi idrici sotterranei superficiali (GWB-S3a e GWB-

S3b) per i quali era stata confermata l'analisi delle pressioni che identificava per quest'area pressioni significative relative a siti contaminati e siti per lo smaltimento rifiuti.

In questo caso sono da ipotizzare fenomeni di veicolazione dall'acquifero superficiale. Infatti anche se le falde profonde sono naturalmente più protette dalle infiltrazioni provenienti dalla superficie, questo fenomeno si verifica in quanto alcuni Solventi clorurati non sono idrosolubili e hanno una densità nettamente maggiore di quella dell'acqua mentre la loro viscosità è considerevolmente minore. Tutte queste proprietà favoriscono una loro migrazione nella parte inferiore delle falde acquifere, dove questi composti tendono a depositarsi sulla base impermeabile. Inoltre fenomeni localizzati di drenanza dall'acquifero superficiale a quello profondo o le condizioni costruttive e/o di degrado di alcune opere di captazione che possono mettere in comunicazione gli acquiferi possono favorirne l'ulteriore veicolazione verso le falde profonde dove permangono nel tempo a causa della loro scarsa degradabilità ed elevata persistenza, anche in assenza di un continuo apporto attuale. Per queste caratteristiche peculiari, come già detto, la sorgente di contaminazione può essere anche di origine pregressa e non necessariamente ancora attiva.

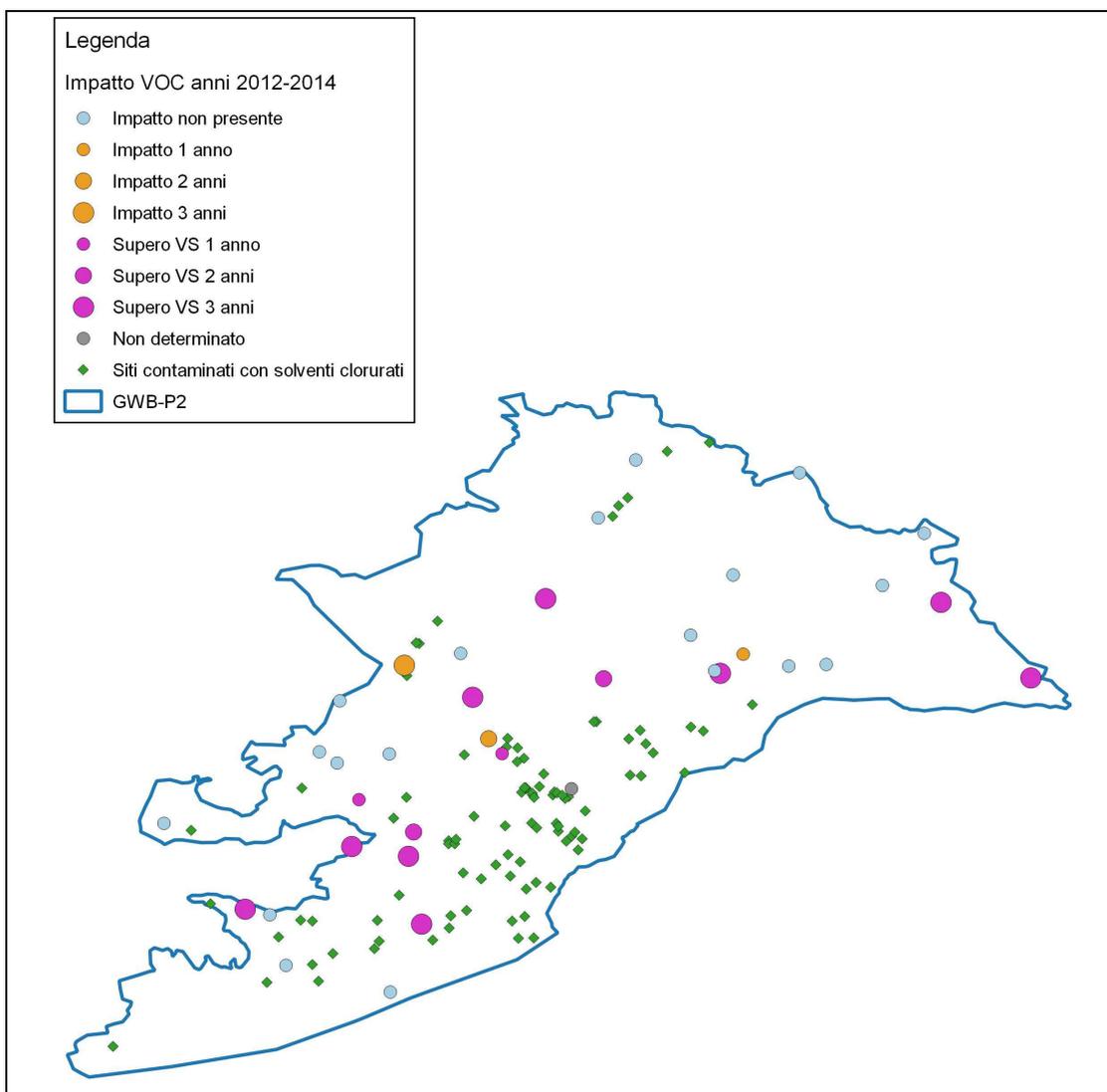


Figura 5.2 - Impatto dei VOC e presenza di siti contaminati in GWB-P2

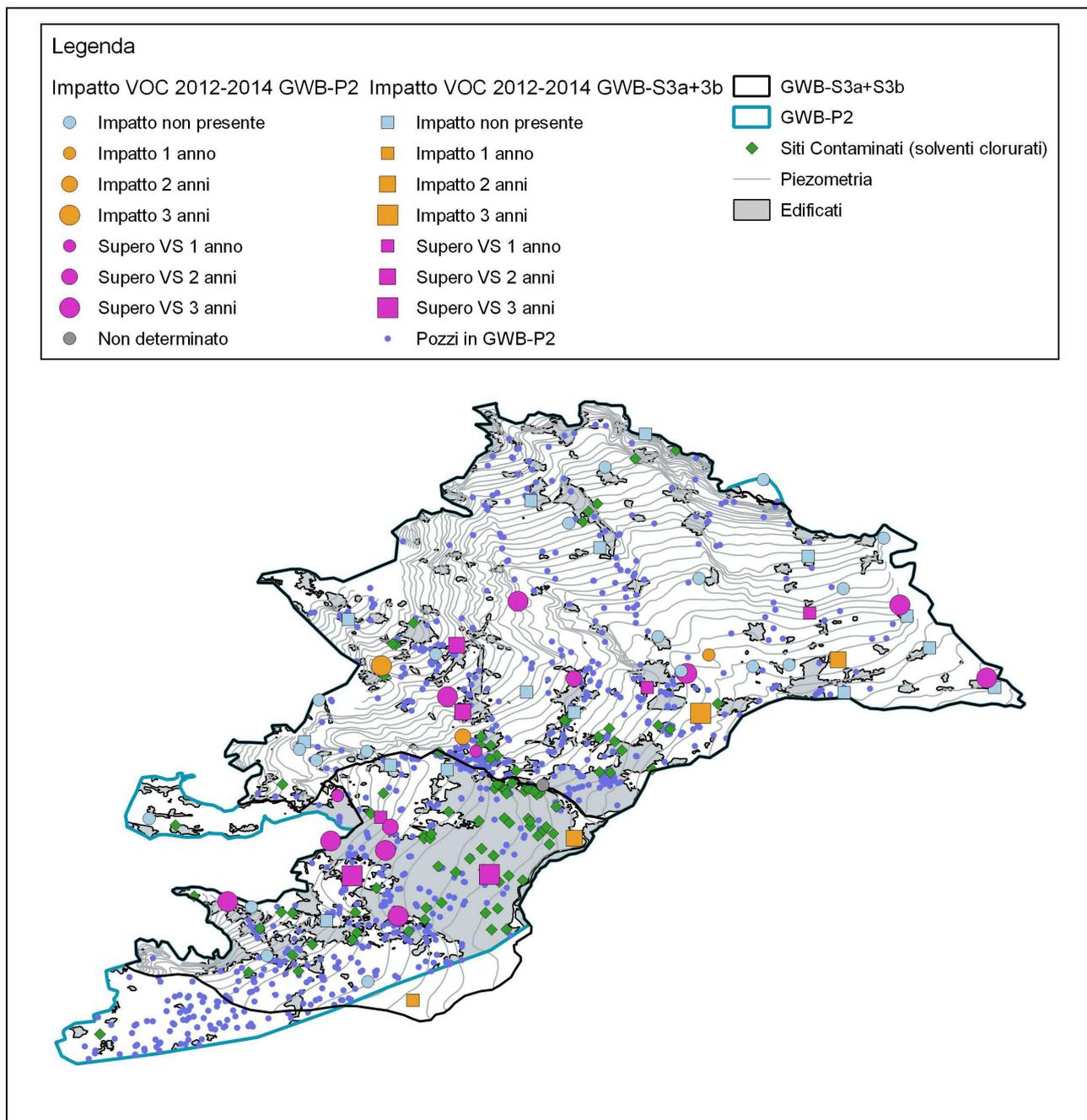


Figura 5.3 - Impatto e pressioni in GWB-S3a, GWB-S3b e GWB-P2

La figura 5.3 riunisce le rappresentazioni di quanto evidenziato finora per avere un quadro completo delle pressioni riguardanti i solventi clorurati insistenti sull'area oggetto di studio (siti contaminati con presenza di solventi clorurati), dei possibili veicoli di traslocazione di inquinanti (pozzi con concessioni di prelievo da falde profonde) e la rappresentazione dei risultati del monitoraggio dell'ultimo triennio per i VOC in falda superficiale e profonda.

Osservando la figura si possono esporre alcune considerazioni sulla situazione presente nell'area di studio rimarcando come la presenza di solventi può essere ritenuta un fenomeno di contaminazione diffusa essendo distribuita su gran parte dell'area interessata, sia nella falda superficiale che in quella profonda. La contaminazione della falda profonda deriva presumibilmente da una veicolazione di inquinanti dalla falda superficiale ma non è evidente una corrispondenza diretta con la densità di siti contaminati, anche perché la maggiore densità di siti corrisponde all'area urbana di Torino dove non ci sono punti di monitoraggio della falda profonda.

Ferme restando le cause potenziali di traslocazione verso le falde profonde, è complesso individuare le correlazioni di tali fenomeni a scala locale in quanto ci possono essere state concause diverse non sempre chiaramente identificate come ad esempio la perdita di solventi occasionale o sistematica, il censimento dei siti contaminati che può aver trascurato alcune realtà che quindi non sono poi state bonificate, etc. Le evidenze finora osservate riguardo alla contaminazione delle falde profonde, anche considerando la presenza in misura non trascurabile dei prodotti di degradazione dei solventi clorurati, indicano che è verosimile un inquinamento pregresso significativo (anche non più in atto).

6. CONCLUSIONI

In questo studio sulla contaminazione diffusa dei solventi clorurati è stato dapprima introdotto l'argomento con una breve trattazione dei composti di interesse e dei relativi prodotti di degradazione, facendo poi seguire una descrizione del contesto in cui queste sostanze sono state ritrovate in Piemonte nel sessennio 2009-2014.

Si è poi passato ad individuare i corpi idrici sotterranei (GWB), appartenenti sia alla falda superficiale sia alle falde profonde, su cui è stata rilevata una presenza importante di solventi clorurati; in seguito si è ristretto il campo di indagine discernendo i GWB per i quali risulta opportuna una focalizzazione specifica.

Sono stati valutati i GWB-S3a e il GWB-S3b per le falde superficiali e il GWB-P2 per le falde profonde, trovandosi entrambi in una situazione adatta per lo studio della contaminazione diffusa dei solventi clorurati e anche perché queste sostanze sono la causa principale del declassamento di due di questi GWB.

La valutazione dei dati del monitoraggio uniti a quelli sulle pressioni insistenti nell'area di studio forniscono informazioni a supporto di come la presenza di solventi può essere ritenuta un fenomeno di contaminazione diffusa essendo distribuita su gran parte dell'area interessata, sia nella falda superficiale che in quella profonda.

I riscontri dei solventi clorurati mostrano una situazione complessa di non facile interpretazione, nella quale non si verifica sempre una correlazione diretta fra presenza e numerosità dei siti contaminati e rilevamento continuo e costante di solventi clorurati. Questa situazione può essere dovuta a diverse cause fra le quali si possono annoverare le peculiari caratteristiche chemio-dinamiche e ambientali delle sostanze in esame che rendono difficoltoso comprenderne l'evoluzione spazio-temporale oltre al fatto che la loro origine può essere causata anche da fenomeni pregressi non necessariamente ancora attivi.

La contaminazione delle falde profonde deriva da una veicolazione di inquinanti dalla falda superficiale con dinamiche complesse. Le evidenze finora osservate riguardo alla contaminazione delle falde profonde, anche considerando la presenza in misura non trascurabile dei prodotti di degradazione dei solventi clorurati, indicano che è verosimile un inquinamento pregresso significativo (anche non più in atto).

La situazione compromessa da solventi clorurati nei GWB oggetto di studio porta al rischio di non raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale previsti dalla WFD per cui occorre prestare particolare attenzione a questo fenomeno.

Per le falde superficiali una serie di possibili interventi di eliminazione della fonte di inquinamento possono essere o sono stati messi in atto, e in molti casi anche conclusi, quali le procedure di messa in sicurezza e/o di bonifica dei siti contaminati, ove sono stati individuati.

Per le falde profonde gli interventi prospettati sono quelli di protezione da un ulteriore inquinamento, anche questi già avviati e in parte conclusi, come ad esempio il condizionamento dei pozzi profondi, che possono contribuire alla riduzione della traslocazione degli inquinanti dalla falda superficiale a quella profonda. In effetti nel GWB-P2 il problema è difficilmente risolvibile con interventi di disinquinamento delle acque profonde sia per motivi di fattibilità tecnica che per i costi sproporzionati, per cui risulta proponibile attuare tutte le misure di protezione per il non peggioramento della situazione, eventualmente con una deroga al raggiungimento degli obiettivi di qualità. A tal proposito può essere opportuno individuare un fondo antropico con uno studio dedicato che utilizzi tecniche statistiche e un metodo consolidato per arrivare a definire una soglia di concentrazione di cui avvalersi anche come soglia di attenzione per intercettare eventuali trend positivi di solventi clorurati.

In attesa di effettuare uno studio approfondito per la definizione di valori di fondo antropico su base statistica anche valutando serie storiche più consistenti, sulla base dei dati riscontrati nel sessennio 2009-2014 per il GWB-P2, si possono ipotizzare, ai fini della compatibilità con un fondo antropico, come concentrazioni medie di singole sostanze, in particolare Tricloroetilene e Tetracloroetilene, valori inferiori a 5 µg/L, e per la sommatoria (prevista dal D.Lgs 30/2009), valori fino a 10µg/L.