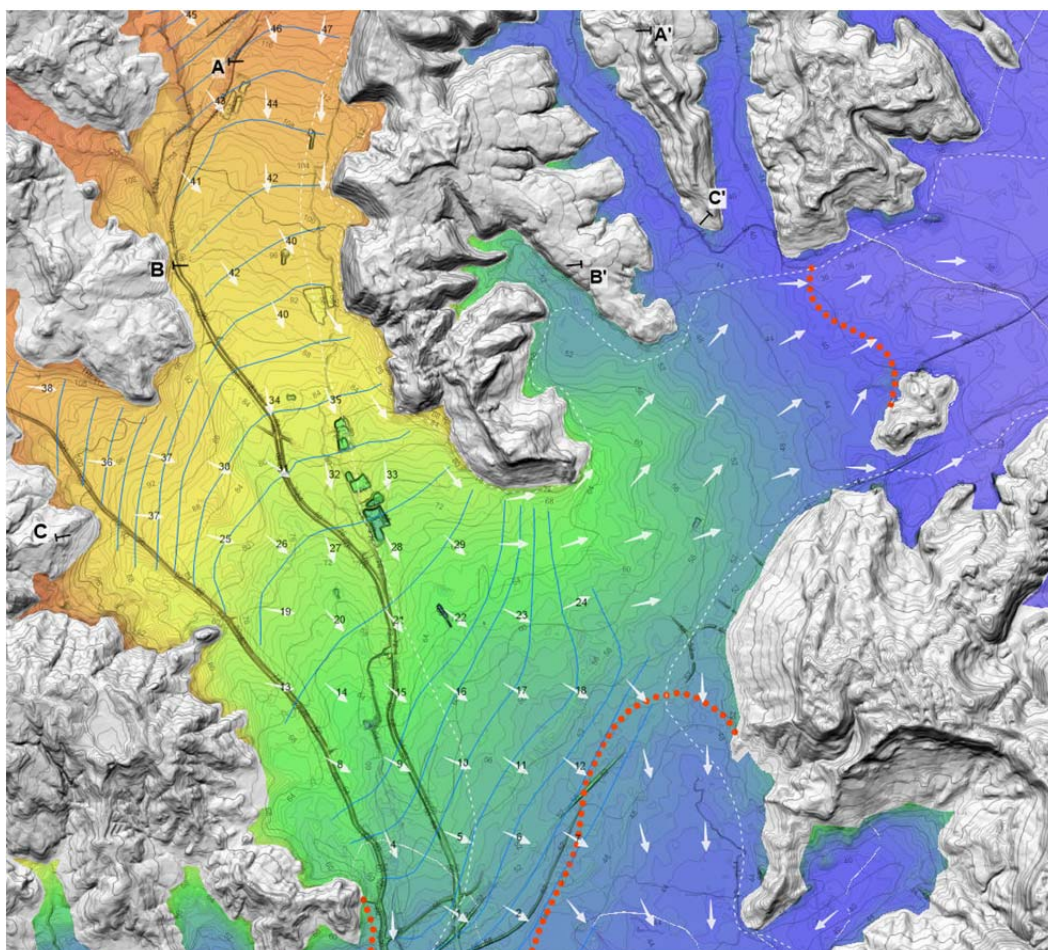



DIPARTIMENTO REGIONALE PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

# STIMA DEI TEMPI DI PROPAGAZIONE DELL'INQUINAMENTO DA SOSTANZE PERFLUOROALCHILICHE (PFAS) NELLE ACQUE SOTTERRANEE IN PROVINCIA DI VICENZA, PADOVA E VERONA

Nota Tecnica n° 05/16



	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 2 di 15

## **ARPAV**

### **Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio**

*Direttore Alberto Luchetta*

### **Dipartimento Provinciale di Padova-Rovigo**

*Direttore Vincenzo Restaino*

### **Dipartimento Provinciale di Vicenza-Verona**

*Direttore Giancarlo Cunego*

### **Servizio Idrologico**

*Italo Saccardo*

### **Progetto e realizzazione**

*Massimo Mazzola*


### **Autore**

*Massimo Mazzola*

*Si ringrazia il dr. Lorenzo Altissimo – già Direttore del Centro Idrico di Novoledo - per la collaborazione nella ricostruzione storica dell'inquinamento da benzotrifluoruri del 1977.*


Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio  
 Via Tomea, 5  
 32100 Belluno, Italy  
 Tel. +39 0437 935600  
 Fax +39 0437 935601  
 E-mail: dst@arpa.veneto.it

**agosto 2016**

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 3 di 15

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	STIMA DEI TEMPI DI PROPAGAZIONE DELL'INQUINAMENTO NELLE ACQUE SOTTERRANEE .....	6
2.1	FATTORI DI STIMA .....	6
2.2	ALGORITMO DI STIMA .....	7
2.3	IDRODINAMICA SOTTERRANEA E STIMA DEI TEMPI DI DIFFUSIONE .....	10
2.4	L'EVENTO DI CONTAMINAZIONE DA BENZOTRIFLUORURI (BTF) DEL 1977 .....	13
3	CONCLUSIONI .....	14

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 4 di 15

## 1 - PREMESSA

Questa analisi tratta dei tempi di propagazione delle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nei corpi idrici sotterranei in un esteso fenomeno di inquinamento originatosi in un sito industriale della valle dell'Agno presso il comune di Trissino (VI)<sup>1</sup>. Nello specifico, in questa relazione, si espongono delle prime stime quantitative sull'evoluzione temporale della contaminazione nelle acque sotterranee (la matrice ambientale più vulnerata dall'inquinamento) giungendo a una *valutazione indiretta dell'età del fenomeno* sulla scorta delle informazioni ad oggi disponibili.

In particolare tali valutazioni si basano su una ricostruzione idrogeologica desunta da informazioni bibliografiche e sull'indagine che ARPAV sta svolgendo dal 2013<sup>2</sup> per determinare l'origine e l'estensione dell'inquinamento<sup>3</sup> (vedi Figura 1) mancando infatti, per il passato, qualsiasi determinazione o riscontro analitico sulla presenza dei PFAS nelle diverse matrici ambientali.

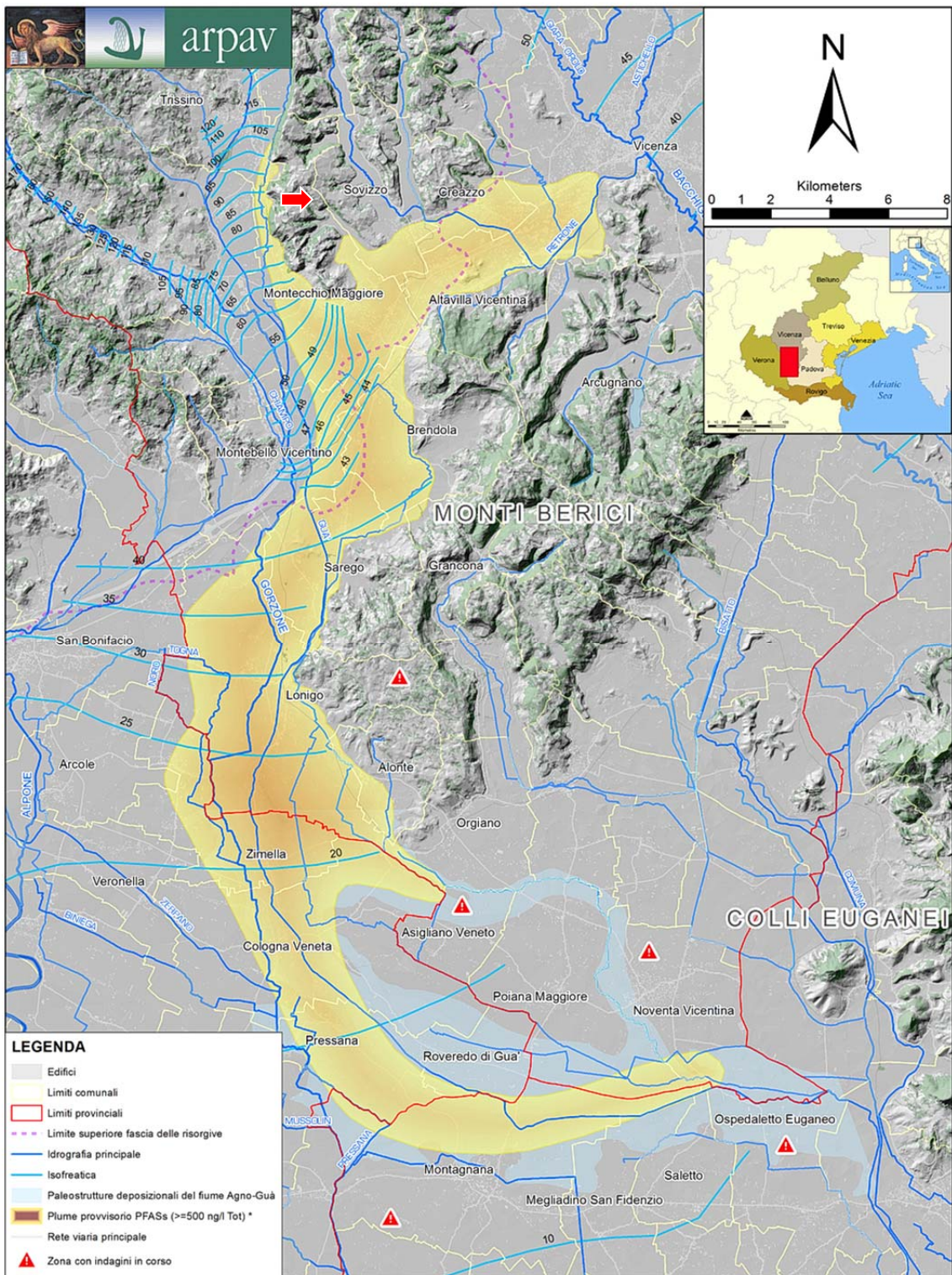
Tra le fonti bibliografiche usate in questo studio si cita in particolare lo studio *IRSEV* (Istituto Regionale di Studi e Ricerche Economico-Sociali del Veneto) datato Giugno 1979 "*Studio geologico e chimico dell'inquinamento della falda acquifera nei Comuni di Montecchio Maggiore, Creazzo, Sovizzo ed Altavilla Vicentina*" per le analogie con il caso di inquinamento in studio e la valenza scientifica dello stesso.

---


<sup>1</sup> Si veda a proposito la Nota Tecnica "Stato dell'inquinamento da PFAS in provincia di Vicenza, Padova, Verona" – ARPAV 2013.

<sup>2</sup> Tale indagine si basa su più di 2800 misure ed analisi sperimentali ottenute dalla rete di monitoraggio operativa delle acque sotterranee (costituita da più di 600 punti di misura tra pozzi, sorgenti e risorgive) e superficiale (costituita da più di 60 punti di misura).

<sup>3</sup> Ulteriori informazioni sono disponibili al seguente indirizzo internet:  
<http://www.arpa.veneto.it/arpav/pagine-generiche/sostanze-perfluoro-alchiliche-pfas>



**Figura1:** Delimitazione dell'inquinamento delle acque sotteranee aggiornata a marzo 2016. Si noti i due fronti di contaminazione: uno verso est (Vicenza) e uno verso sud (Lonigo-Montagnana). Con i punti esclamativi sono evidenziate le aree dove, con le conoscenze attuali, non è possibile ancora una delimitazione esatta dell'area inquinata. Con la freccia rossa viene indicata la migrazione della contaminazione attraverso le formazioni rocciose dei rilievi. Il plume inquinante, rappresentato con l'area in giallo (ricostruito su un valore soglia di concentrazione di 500 ng/l di PFAS totali), deve considerarsi per la parte più meridionale (sud di Lonigo), puramente indicativo.

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 6 di 15

## 2 – STIMA DEI TEMPI DI PROPAGAZIONE DELL'INQUINAMENTO NELLE ACQUE SOTTERRANEE

### 2.1 FATTORI DI STIMA

Tra le conseguenze dovute a un rilascio nel suolo di un contaminante, la più rilevante è senza dubbio quella legata alla possibile contaminazione della falda acquifera, sia per il valore che ha in sé la falda come risorsa idrica sia perché il deflusso idrico sotterraneo può propagare l'inquinamento a grandi distanze. Nello stesso tempo, l'eventuale interazione chimico-fisica con il suolo e il sottosuolo e i processi di adsorbimento-desorbimento presenti possono rendere lentissimi i fenomeni di diluizione e di attenuazione naturale soprattutto se il contaminante risulta per sua natura poco degradabile. È questo doppio aspetto di **propagazione** e di **persistenza** che permette a certi inquinamenti del sottosuolo di espandersi e di perdurare per decine di anni dopo la cessazione dell'evento che li ha generati.

La propagazione degli inquinanti in un sistema acquifero e, a maggior ragione, in diversi sistemi acquiferi comunicanti (come nel caso specifico), è un fenomeno in genere assai complesso e dipende sia dalle proprietà chimico-fisiche delle sostanze coinvolte nell'inquinamento, sia dalle proprietà idrogeologiche dell'acquifero (conducibilità idraulica, porosità, ecc..).


In questo caso il fenomeno si complica ulteriormente in quanto il processo di inquinamento è condizionato da altri fattori importanti quali:

- 1) Presenza di più sostanze inquinanti (12 in particolare) con caratteristiche chimico-fisiche anche diverse, alcune poco conosciute.
- 2) Diffusione dall'area sorgente nell'ambiente attraverso sia le acque sotterranee (dovute all'inquinamento del suolo e sottosuolo del sito industriale), sia le acque superficiali (scarichi sul torrente Poscola caratterizzato da un regime idraulico "intermittente");
- 3) Compromissione di un vasto settore di territorio (e della relativa rete idrografica) con la presenza di fattori di diffusione multipli e interferenti (questo in particolare vale per il fronte sud della contaminazione che viene escluso per questo motivo dalla stima in oggetto);

L'analisi quindi, per raggiungere a una stima attendibile, ha necessariamente dovuto valutare e ponderare il contributo di questi diversi fattori considerando anche le loro possibili variazioni nel tempo.

A questi elementi di incertezza si contrappongono altri elementi che permettono invece di ridurre l'aleatorietà della stima. In particolare:

- La delimitazione accurata dell'inquinamento nell'area di alta-media pianura;
- la buona conoscenza idrogeologica del territorio e dei parametri idrodispersivi significativi;
- la scarsa/nulla degradabilità delle specie inquinanti;
- la ricostruzione storica dell'attività produttiva;
- la presenza di un evento di inquinamento storico (1977) originatosi dallo stesso sito industriale che, date le molte analogie con il caso in studio, è stato possibile utilizzare per una analisi comparata.

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 7 di 15

## 2.2 ALGORITMO DI STIMA

Con l'obiettivo di fornire una *prima stima indicativa* dei tempi di propagazione dell'inquinamento, stante il quadro conoscitivo prima esposto<sup>4</sup>, è stato necessario fissare una serie di assunzioni e semplificazioni alcune delle quali importanti per definire il grado di aleatorietà dei risultati. Tali assunzioni toccano vari aspetti che riguardano il *modello concettuale di propagazione*, le *caratteristiche idrogeologiche* degli acquiferi attraversati fino alle *caratteristiche idrodispersive* delle specie inquinanti. Nella fattispecie:

- modello concettuale di propagazione:** si assume che l'inquinamento si sia originato da una sola sorgente di contaminazione individuata nell'attuale sito industriale della MITENI Spa (loc. Colombara – Trissino VI) e da qui si sia diffuso alle acque sotterranee. La contaminazione delle acque sotterranee è avvenuta attraverso due processi concorrenti e concomitanti ovvero attraverso l'infiltrazione dal suolo *del sito sorgente* in oggetto e attraverso la dispersione in alveo *del torrente Poscola* che, scorrendo accanto alla Ditta, fin dall'inizio dell'attività produttiva è stato il corpo recettore degli scarichi. I modi e i tempi di propagazione legati a questi due processi sono molto diversi e, nel caso del Poscola, complicato dalla particolare natura del corso d'acqua<sup>5</sup> caratterizzato da un *regime idrologico complesso* e ulteriormente complicato da derivazioni e scarichi della rete irrigua. La prima assunzione sulla modalità di diffusione trova riscontro dai risultati del *Piano di Caratterizzazione*<sup>6</sup> e dai valori di contaminazione riscontrati nei numerosi pozzi e piezometri di controllo presenti sia all'interno del sito industriale della MITENI che nelle immediate vicinanze. In questo caso si assume quindi che dalla superficie del suolo il contaminante raggiunga la falda idrica sottostante attraverso l'insaturo con un movimento sostanzialmente verticale e, da qui, si sia diffuso nella falda sotterranea seguendo la direzione prevalente del deflusso freatico (vedi Figura 2 a seguire).

Per quanto riguarda il torrente Poscola, anche se generatore di un processo di diffusione assai più complesso e variabile<sup>7</sup>, il suo ruolo per almeno alcuni km verso valle è confermato dai campionamenti eseguiti, dalla ricostruzione degli scarichi della stessa Ditta (recapitanti fin dall'inizio dell'attività industriale nel Poscola) e dalle sue peculiari caratteristiche disperdenti (alveo inciso in materiale alluvionale permeabile). Il suo regime è tale da confluire nel Guà solo in regime di piena ovvero quando le portate sia del corso d'acqua stesso e soprattutto del Guà sono tali da abbattere per diluizione le concentrazioni inquinanti risultando così ininfluente<sup>8</sup> per quando riguarda la diffusione dell'inquinamento nella rete idrografica superficiale.


<sup>4</sup> Non sono ancora accertate le modalità di diffusione e propagazione in alcune aree del territorio contaminato (in particolare per la parte più meridionale) sia per la molteplicità delle matrici ambientali interessate, sia per la complessità delle loro interazioni.

<sup>5</sup> Esutore carsico dell'altopiano Faedo-Casaron.

<sup>6</sup> "Piano di Caratterizzazione Ambientale dello stabilimento della Miteni SpA, ai sensi del D.lgs 152/06 e s.m.i – Copernico s.r.l., 2013."

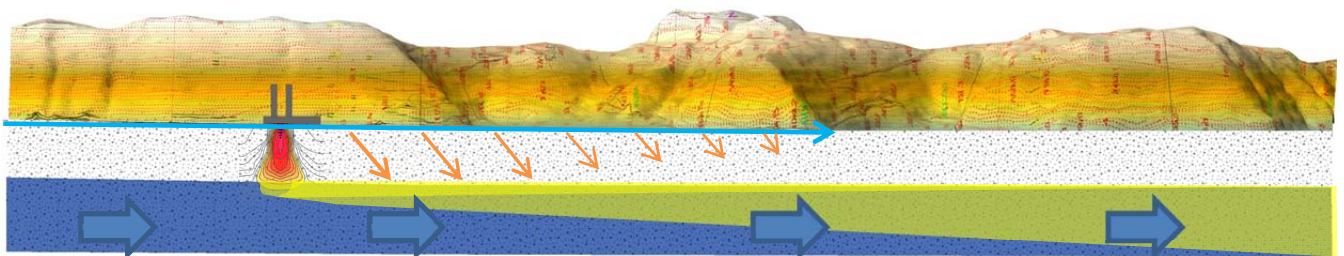
<sup>7</sup> Data la sua natura ha agito come un vettore pulsante di contaminazione discontinuo e intermittente, con una superficie di dispersione variabile nel tempo in relazione al regime idraulico.

<sup>8</sup> A queste conclusioni era anche giunto lo studio IRSEV del 1977 evidenziando come i benzotrifluoruri (BTF) ricercati a quel tempo non erano mai stati rilevati nel torrente Guà.

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 8 di 15

Infine, nell'algoritmo di stima, si è considerata trascurabile anche la propagazione dell'inquinante attraverso gli acquiferi in roccia come evidenziano i numerosi campionamenti e rilievi finora eseguiti e lo stesso studio citato in premessa. In sintesi si assume perciò che la contaminazione si sia diffusa dall'acquifero alluvionale indifferenziato di alta pianura fino alla media pianura essenzialmente attraverso la propagazione idrodinamica dell'inquinante in falda accelerato nelle fasi iniziali dell'inquinamento dalla dispersione in alveo del torrente Poscola;

- **invarianza del modello concettuale di propagazione** ovvero che le modalità di propagazione descritte nei punti precedenti non siano variate in modo sostanziale nel tempo;
- **utilizzo dell'acido perfluorooctanoico (PFOA) come tracciante** per i PFAS: tale assunzione si basa sul fatto che il PFOA è la specie quantitativamente più presente e più diffusa (l'unica che si trova sempre anche nelle parti più distali del plume quando altri congeneri sono assenti) e, assieme al PFOS, scientificamente più conosciuta dal punto di vista dei parametri idrodispersivi ( $K_d$ ,  $K_{oc}$ , ecc).
- **tratto di acquifero considerato nella stima**: nel definire la lunghezza del plume inquinante nell'acquifero dalla sorgente fino al fronte di contaminazione si sono considerati il plume orientale verso Vicenza e un solo un tratto del plume verso sud (fino a Lonigo) in quanto successivamente complicato da altri fattori di diffusione naturali e artificiali significativi (corsi d'acqua di risorgiva, derivazioni da corpi idrici superficiali contaminati, scarichi, l'attività irrigua, ecc...) che, per l'interferenza dei loro contributi, comprometterebbero i risultati di stima.
- l'**assenza di fenomeni di degradazione** chimico-fisici e biologici delle specie inquinanti;
- l'**assenza di fenomeni di interferenza (*facilitated transport*) con altre specie inquinanti** presenti che possono alterare i parametri dispersivi (complessazione, cosolvazione, ecc...);
- **validità dei dati bibliografici** presi a riferimento per parametrizzare il modello concettuale di propagazione, sia per quanto riguarda la velocità e la direzione del deflusso delle acque sotterranee, sia per le caratteristiche idrodipersive delle specie inquinanti (solubilità, fattori di ritardo, ecc...);

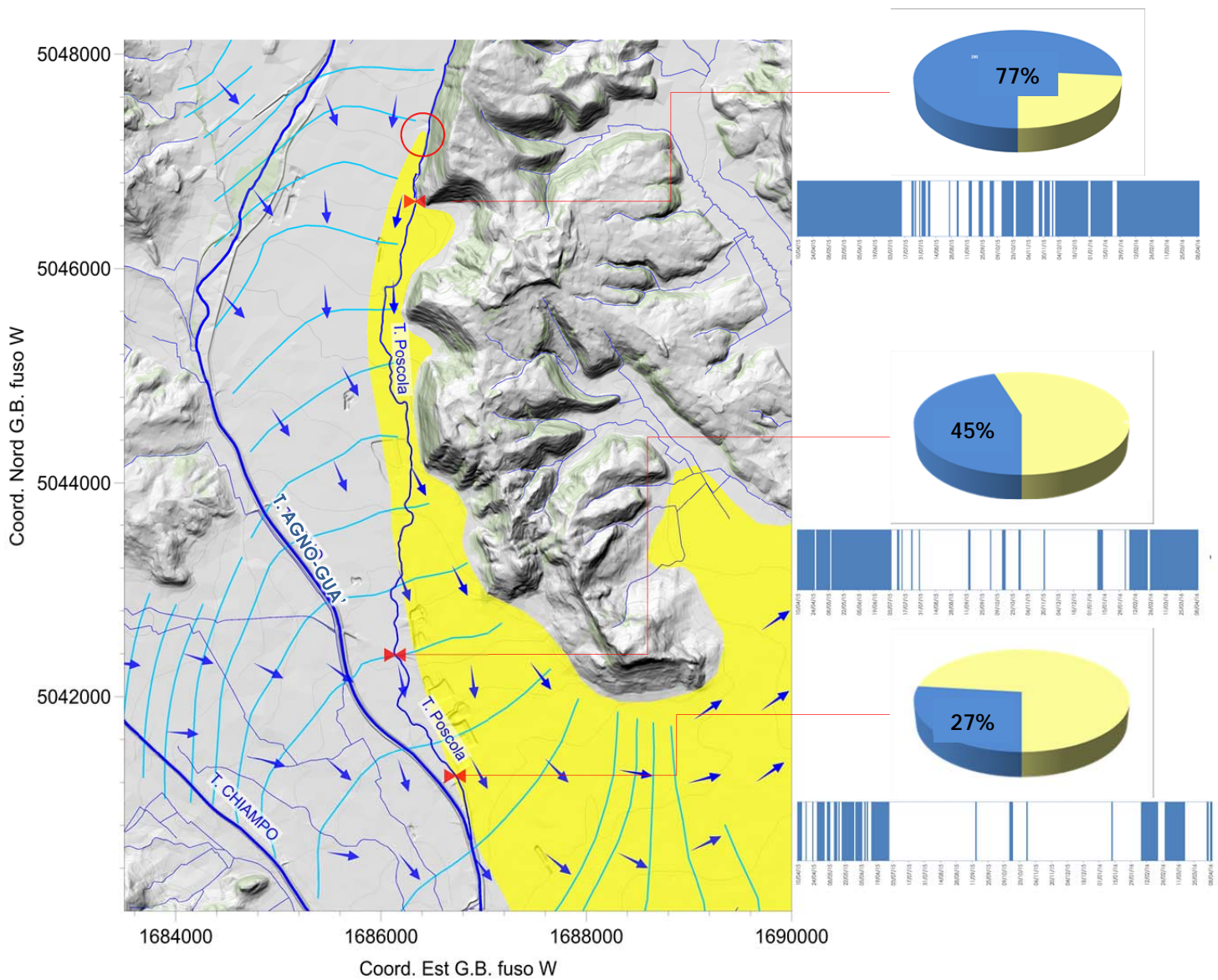


**Figura 2:** Rappresentazione schematica del modello concettuale di propagazione dal sito sorgente con evidenziato in giallo il plume inquinante generato dalla dispersione idrodinamica in falda. Con le frecce blu in basso la direzione di movimento della falda idrica sotterranea mentre con le frecce rosse il contributo all'inquinamento operato dalla dispersione del Poscola nel tratto a valle del sito sorgente (freccia azzurra).

Al fine di definire con precisione il regime idraulico del torrente Poscola, nel corso degli ultimi 2 anni è stata realizzata una campagna di monitoraggio specifica che ha visto l'installazione di tre sonde per la misura in continuo dei livelli idrometrici (a valle del sito sorgente) e l'esecuzione di una serie di misure di portata. Questa attività ha permesso di quantificare la dispersione del Poscola nel tratto in oggetto che in fase di magra è di circa **7 l/s km**. Il monitoraggio in continuo dei livelli ha permesso inoltre di stabilire il suo regime




idrometrico che evidenzia un regime complesso, caratterizzato da vari e prolungati periodi di asciutta (assenza di deflusso) alternati da fasi parossistiche con portate stimate superiori ai 30 mc/s<sup>9</sup>. In particolare, dai risultati riportati in destra della figura 3, si nota come i giorni con presenza d'acqua rilevati in corrispondenza dell'ultima sezione di misura, prima dell'immissione nel Guà, sono stati in un anno di misura solo il 98 su 365 ovvero il 27% rispetto al 77% delle sezione più a monte che evidenzia la forte dispersione della sua portata.



**Figura 3:** Raffigurazione del tracciato del torrente Poscola nell'area di studio con evidenziate in rosso le tre sezioni di misura predisposte per lo studio del suo regime idraulico, con le frecce blu il deflusso freatico e con l'area in giallo la ricostruzione del plume di inquinamento rilevato (soglia di 500 ng/l PFAS totali). Si osservi lo sviluppo del corso d'acqua che, dal sito inquinato (cerchiato in rosso), si sviluppa parallelamente al deflusso freatico per alcuni km verso sud fino a piegare verso il centro della valle e confluire nel Guà. Nei grafici a barra a destra sono riportati con le linee blu i giorni con presenza di deflusso superficiale nel corso dell'ultimo anno di rilievi (da aprile 2015 ad aprile 2016). Con i grafici a torta la percentuale di tempo in un anno in cui si è registrato deflusso superficiale.

<sup>9</sup> Relazione tecnica di progetto del Consorzio Alta Pianura Veneta per la sistemazione idraulica del T. Poscola.

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 10 di 15

Nel definire la lunghezza del plume di contaminazione utilizzato per la stima, in relazione al modello concettuale prima descritto, si è quindi considerato il Poscola quale rapido vettore di propagazione con una lunghezza di input legata alle condizioni idrauliche del Poscola. Da questa analisi risulta che il corso d'acqua, nella fase iniziale dell'inquinamento, ha avuto l'effetto di accelerare la diffusione della contaminazione delle acque sotterranee verso valle sopravanzando la lenta propagazione in falda dell'inquinamento dal sito sorgente. Tale azione è avvenuta in modo intermittente (in relazione al regime idraulico) attraverso il processo di dispersione in alveo che in quel tratto, anch'esso variabile, ha assunto il ruolo di una *sorgente lineare secondaria* di contaminazione. Questa sovrapposizione delle veloci acque contaminate in superficie, considerando lo sviluppo planimetrico dell'alveo che segue la direttrice di deflusso sotterraneo (vedi Figura 3) ha avuto come effetto di ridurre la distanza da considerare nella stima dei tempi del deflusso sotterraneo in quanto, a tutti gli effetti, è come se la sorgente inquinante fosse avanzata verso valle di vari km rispetto alla posizione attuale. Questa considerazione è avvalorata se si considera che la portata del Poscola nel recente passato in questo tratto d'asta era sicuramente maggiore in quanto rimpinguata dagli scarichi della stessa Ditta (allora RIMAR) prima e del depuratore di Trissino poi (solo in seguito confluiti nel collettore consortile ARICA)<sup>10</sup>.

Dall'analisi dei valori di inquinamento riscontrati in falda e nel Poscola, del regime idraulico dello stesso torrente e degli altri tributari irrigui (Roggia Marinati, scolo Fiumazzo) che si immettono nel segmento di torrente considerato è stato valutato come tratto di corso d'acqua in grado di contribuire significativamente alla diffusione della contaminazione nell'acquifero solo il primo tratto a valle del sito sorgente ovvero circa **3 km** (poco prima della seconda sezione di misura). Questa analisi è avvalorata sia dall'andamento del plume di contaminazione da PFAS e sia dalla ricostruzione storica del plume di contaminazione da benzotrifluoruri (BTF).


### 2.3 IDRODINAMICA SOTTERRANEA E STIMA DEI TEMPI DI DIFFUSIONE

Come è noto, la *velocità effettiva del deflusso idrico sotterraneo* risulta un parametro di primaria importanza per una stima attendibile dei tempi di propagazione di un inquinamento nelle acque sotterranee e quindi per stabilirne l'origine nel tempo. Infatti, conoscendo il punto di immissione dell'agente inquinante in falda, la velocità di flusso dell'acqua sotterranea e la distanza del fronte di contaminazione, si può determinare con una certa approssimazione il tempo impiegato dall'inquinamento per coprire tale distanza. Questa approssimazione si riduce ulteriormente se è noto anche il *fattore di ritardo (R)* del contaminante ovvero il parametro rappresentativo della reale velocità con cui il contaminante si propaga in falda in fase disciolta<sup>11</sup>. L'equazione rappresentativa di questo calcolo è:

$$\text{Tempo di propagazione} = \frac{\text{Massima distanza raggiunta dall'inquinamento}}{\text{Velocità effettiva della falda}} \times R$$

<sup>10</sup> L'attivazione del collettore consortile è datata giugno 2000. Prima di allora gli scarichi dell'impianto di depurazione confluivano nello stesso Poscola circa 1 km a valle del sito sorgente (Fonte ARICA, 2016)

<sup>11</sup> Tale parametro è correlato con la velocità effettiva di falda dall'espressione  $R = \frac{\text{Velocità effettiva della falda}}{\text{Velocità effettiva di propagazione dell'inquinante}}$

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 11 di 15

Per stabilire la velocità effettiva della falda da adottare per l'area di studio, si sono utilizzate le fonti bibliografiche disponibili e in particolare, dato l'approccio rigoroso e sistematico, lo studio IRSEV citato in premessa. In tale studio, realizzato per un evento di contaminazione da benzotrifluoruri coincidente con la parte centro-settentrionale dell'area in esame (vedi Figura 4), la velocità reale del deflusso idrico sotterraneo fu calcolata da numerose e diverse prove sperimentali in sito. I risultati, mediati e differenziati in funzione del segmento di acquifero studiato, furono i seguenti:


- Tratto di acquifero a nord di Montecchio Maggiore: Velocità media ponderale di **3.2 m/giorno** con valori massimi puntuali di **6.1 m/giorno**
- Tratto di acquifero a sud di Montecchio Maggiore verso Vicenza: Velocità media ponderale di **1.9 m/giorno** con valori massimi puntuali di **3.5 m/giorno**

La diminuzione della velocità di flusso a valle di Montecchio Maggiore è in accordo con la diminuzione del gradiente piezometrico che accompagna l'aumento della sezione di flusso.

Per quanto riguarda il tratto di alta pianura a nord di Montecchio Maggiore, i valori di tali velocità sono coerenti anche con i risultati di altri studi a carattere puntuale eseguiti nell'area. In particolare tra questi si cita il lavoro "Studi e indagini geologiche e idrogeologiche per la realizzazione di un sistema di monitoraggio della falda mediante pozzi della MITENI S.p.A." del 1998, i cui risultati sperimentali (ottenuti da prove in falda e con traccianti proprio nel sito sorgente) hanno quantificato la velocità effettiva di deflusso sotterraneo variabile da un minimo di **3.3** a un massimo di **10.8** m/giorno.

Per il tratto di acquifero inquinato che si estende da Montecchio Magg. verso Lonigo non si dispone delle stesse numerose e distribuite informazioni sulla velocità di falda ma solo di pochi valori puntuali. Comunque, considerando l'assetto idrogeologico e la concordanza con parametri idrogeologici rilevati dello studio IRSEV, al fine di ottenere una prima indicazione di massima sull'evoluzione temporale dell'inquinamento, si è accettato di assumere anche per questo tratto di acquifero gli stessi coefficienti di deflusso stimati nell'acquifero da Montecchio M. fino a Vicenza.

Come accennato non è invece possibile includere in queste prime stime, quantunque indicative, il vasto territorio inquinato che si estende oltre Lonigo verso sud (vedi Figura 1). Determinante in tal senso è l'incertezza su cui si basa il modello concettuale di propagazione e diffusione dell'inquinante in quest'area, come rilevato dai contraddittori risultati provenienti dai numerosi campionamenti eseguiti, quindi l'impossibilità di stabilire il fronte della contaminazione originato dalla sola propagazione sotterranea. La contaminazione delle acque sotterranee da PFAS in questa parte di territorio infatti, contrariamente al tratto di alta pianura, è influenzato dai corsi d'acqua e dall'irrigazione, appare limitata al solo all'acquifero superficiale e, soprattutto, sembra perdere quella continuità spaziale necessaria per spiegare la propagazione idrodinamica in falda dell'inquinante. A concorrere a questo quadro di incertezza vi è inoltre la scarsità di informazioni idrogeologiche specifiche e l'estrema eterogeneità litologica che contraddistingue la bassa pianura. In quest'area infatti, il suolo, i corsi d'acqua e le acque sotterranee formano un sistema interconnesso di estrema complessità, soprattutto a causa dell'elevata eterogeneità della struttura del sottosuolo, dovuta sia alla naturale presenza e sovrapposizione di depositi alluvionali con caratteristiche assai diverse (sabbie-argille-limi),

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 12 di 15

sia alle modificazioni artificiali derivanti dalla importante attività agricola (irrigazione), civile e industriale (derivazioni/scarichi). Per tutti questi motivi quindi, le stime a seguire non hanno considerato il fronte più meridionale del *plume* di contaminazione.

Ciò premesso, assumendo i valori di velocità effettiva di falda pari ai valori calcolati nello studio IRSEV citato e assumendo un fattore di ritardo pari a **1.9**<sup>12</sup> indicativo per il congenere PFOA<sup>13</sup> si ottengono, in funzione dei diversi tratti di acquifero inquinato, i seguenti tempi stimati di propagazione:

	Tratto di acquifero	Distanza (Km)	Velocità media stimata (m/giorno)	Tempo medio di propagazione (anni)	Velocità massima stimata (m/giorno)	Tempo minimo di propagazione (anni)
Plume intravallivo	Trissino-Montecchio Maggiore	6	3.2	<b>9.8</b>	6.1	<b>5.1*</b>
Plume est	Montecchio Maggiore - Vicenza	7	1.9	<b>21.9</b>	3.5	<b>11.9*</b>
Plume sud	Montecchio Maggiore - Lonigo	8	1.9	<b>24.7</b>	3.5	<b>13.4*</b>

\* Tali stime sono considerate rappresentative della massima velocità di diffusione attesa.

**Tabella A:** Stima indicativa dei tempi di propagazione dell'inquinamento nei diversi tratti di falda considerata.


Da queste determinazioni, eseguendo le sommatorie dei tempi di propagazione calcolati nei rispettivi tratti, è possibile stimare il periodo complessivo di propagazione dell'inquinamento per raggiungere il fronte della contaminazione attuale.

I risultati sono all'interno di un *range* di variabilità definito dal valore di velocità di falda utilizzata. Nel caso dell'utilizzo della velocità media i tempi impiegati di propagazione sono di circa **31.7** anni verso Vicenza e **34.5** verso Lonigo.

Se invece si usa la velocità massima misurata dalle prove in sito la stima del periodo temporale necessario per la propagazione dell'inquinamento si riduce a soli **17.0** anni per raggiungere il fronte della contaminazione attuale verso Vicenza e di circa **18.5** verso Lonigo.

<sup>12</sup> Calcolo eseguito con un Koc PFOA pari a 115,00 (Higgins e Luthy 2006) adottato da US EPA (2014).

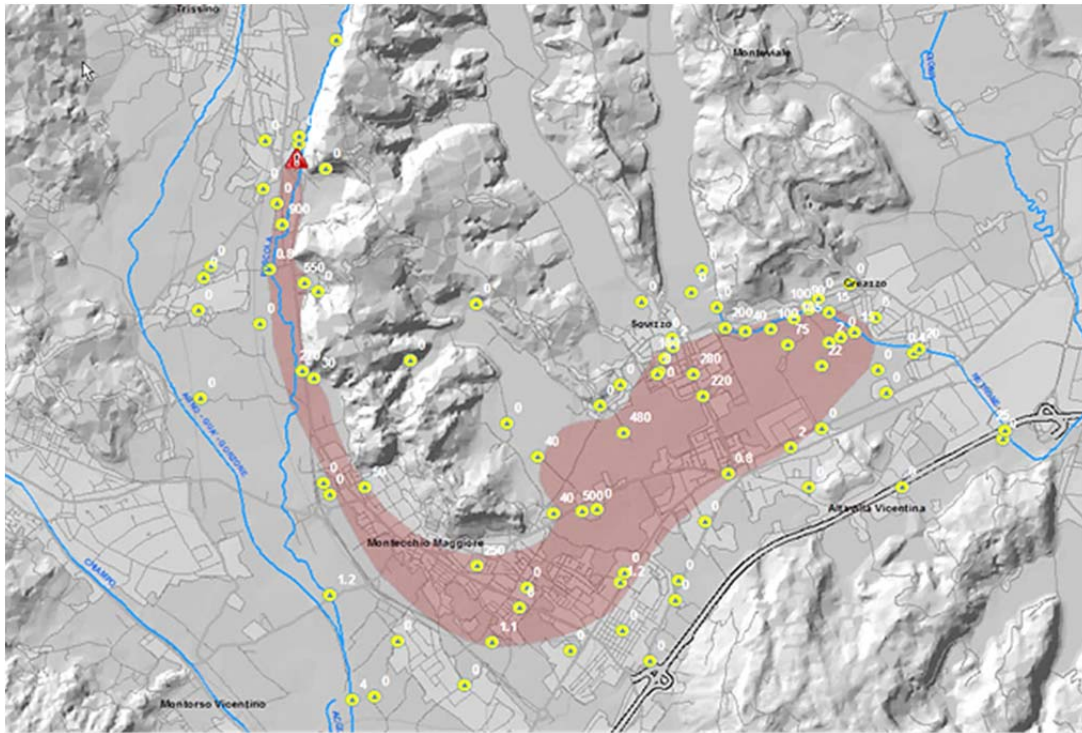
<sup>13</sup> Si è preso il fattore di ritardo del PFOA quale coefficiente rappresentativo dei PFAS in quanto presenta il coefficiente di ritardo noto rappresentativo del congenere rilevato a maggior concentrazione.

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 13 di 15

#### 2.4 L'EVENTO DI CONTAMINAZIONE DA BENZOTRIFLUORURI (BTF) DEL 1977

Una utile indicazione di raffronto che avvalorata la stima in esame viene dall'analisi comparata dall'episodio storico di contaminazione da benzotrifluoruri (BTF) avvenuto negli anni '70 (vedi figura 4). Tale raffronto è possibile per la forte analogia dei due fenomeni (stessa origine e analogo *plume* di contaminazione verso Vicenza) ben ricostruita dallo studio IRSEV del 1979 e dalla ricostruzione storica eseguita sull'attività produttiva e degli scarichi nel sito in oggetto.

Da questa analisi risulta che il tempo impiegato da quello storico evento di contaminazione a raggiungere il fronte della contaminazione di allora (meno estesa come quella attuale) **non poteva essere superiore a 11 anni**<sup>14</sup> ovvero, rapportato a quel tempo, antecedente al **1966**<sup>15</sup> in quanto anno di costruzione dell'industria chimica (allora RIMAR<sup>16</sup>). Tale velocità di diffusione, considerate le caratteristiche idrodipersive dei BTF<sup>17</sup>, è plausibile con una elevata dinamica di falda stimata con i valori massimi di velocità utilizzati in questo studio.




**Figura 4:** Ricostruzione dell'area contaminata nell'episodio storico da inquinamento da benzotrifluoruri degli anni '70 con evidenziati i punti della rete di controllo delle acque (sotterranee e superficiali) per i controlli periodici dell'epoca. L'etichetta in bianco riporta le relative concentrazioni rilevate nel 1977 espresse in µg/l della specie inquinante.

<sup>14</sup> Secondo G.L. Fontana e G. Bressan in "Trissino nel Novecento" Ed. Poligrafo 2009, l'inizio della produzione dei benzotrifluoruri avviene nel 1968. Se si considera questo riferimento temporale l'inquinamento avrebbe impiegato solo 9 anni per arrivare a Creazzo, il fronte di contaminazione rilevata all'epoca.

<sup>15</sup> " Piano di Caratterizzazione Ambientale dello stabilimento della Miteni SpA, ai sensi del D.lgs 152/06 e s.m.i - Copernico s.r.l., 2013)". Da questo stesso documento risulta che le sostanze perfluoroalchiliche sono state prodotte nel sito in oggetto fin dall'anno di attivazione dell'attività industriale datata 1966.

<sup>16</sup> Lo stabilimento attuale della Miteni Spa di Trissino ha origine con la società RIMAR (acronimo di Ricerche MARzotto) nel 1966, anno in cui il laboratorio di ricerca e applicazione di sostanze antimacchia per i tessuti nelle ex scuderie della villa Trissino, in piazza Giangiorgio a Trissino (VI) viene spostata nell'attuale sito (Località Colombara n° 91 Trissino - VI).

<sup>17</sup> Contrariamente ai PFAS i BTF sono insolubili in acqua e, con un coefficiente di ripartizione molto maggiore, un fattore di ritardo più elevato.

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 14 di 15

### 3 – CONCLUSIONI

Va innanzitutto ricordato quanto premesso circa l'attendibilità di queste stime temporali ovvero che le stesse si basano su assunzioni e semplificazioni che, se non verificate, potrebbero invalidare del tutto o in parte i risultati qui esposti. Questi stessi risultati quindi devono considerarsi *stime indicative* affette da un certo grado di aleatorietà e quindi da confermare attraverso ulteriori approfondimenti e con l'applicazione di idonei strumenti specialistici quali la modellistica numerica.

Le ricostruzioni storiche finora eseguite hanno permesso di stabilire che la produzione delle sostanze perfluoroalchiliche nell'attuale stabilimento della MITENI di Trissino ebbe inizio tra **la fine del 1966<sup>14</sup> e l'inizio del 1967<sup>13</sup>** e già nel 1970 l'azienda aveva approntato impianti che consentivano di produrre oltre dodici tonnellate annue di acido perfluorooctanoico (PFOA)<sup>18</sup>.

Dallo studio del regime idraulico e dell'inquinamento del Poscola rilevato da ARPAV in questi anni si desume che lo stesso sia stato un fattore importante per velocizzare la diffusione della contaminazione nelle fasi iniziali dell'inquinamento. Questo è avvenuto per un tratto di alcuni chilometri a valle dello stabilimento attraverso la dispersione delle portate del corso d'acqua contaminato con l'effetto di accelerare l'inquinamento al sistema sotterraneo verso sud di almeno **3 anni**.

Ciò premesso, dalle prime stime indirette basate sulla velocità di deflusso della falda ricavate in questo studio e della vastità dell'inquinamento rilevato si desume che l'evoluzione temporale dell'inquinamento sia avvenuta a scala **pluridecennale**, con un origine temporale del fenomeno stimata ad **oltre 20 anni dal presente**. Tale valore è indicativo di una stima ottenuta con le massime velocità di falda rilevate dallo studio IRSEV del 1979 e con altre misure di velocità disponibili da bibliografia ed è coerente sia comparando la velocità di diffusione dell'inquinamento storico del 1977 da BTF, sia con l'inizio dell'attività produttiva<sup>19</sup> dei PFAS nel sito industriale di Trissino e sia con il quadro complessivo dell'inquinamento rilevato da ARPAV nelle diverse matrici ambientali nel corso degli ultimi anni.


L'analisi comparata con l'inquinamento storico del 1977 da BTF evidenzia un acquifero caratterizzato da una elevata idrodinamica con valori di velocità effettiva di falda **superiori ai 6 m/giorno** per il tratto intra vallivo fino a Montecchio M. e superiori ai 3 m/g per il tratto successivo verso Vicenza.

Considerando infine i risultati di questa stima e la ricostruzione storico-documentale della attività produttiva e dei sistemi scarico utilizzati si possono desumere importanti indicazioni sulla storia e l'evoluzione di questo inquinamento:

1. Osservando che la produzione dei PFAS è iniziata prima ancora dei BTF<sup>16</sup> e che fino all'entrata in funzione del depuratore di Trissino (1987-'88) lo scarico industriale avveniva direttamente nel torrente Poscola o sul suolo/sottosuolo<sup>20</sup>, si desume che l'inquinamento delle acque sotterranee abbia avuto origine con la stessa attività produttiva dell'allora RIMAR, come indica l'inquinamento storico da BTF originatosi dallo stesso sito industriale. Un indizio della possibile presenza dei PFAS si rileva nelle relazioni peritali dei CTU relativamente

<sup>18</sup> G.L. Fontana e G. Bressan in "Trissino nel Novecento" Ed. Poligrafo 2009

<sup>20</sup> Perizie dei CTU prof. G. Bianucci e dr. geol. S. Caddeo nell'ambito del Procedimento penale n. 5387 disposto dal Giudice dott. A. De Silvestri nel 1977.

	Stima dei tempi di propagazione dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle acque sotterranee in provincia di Vicenza, Padova e Verona	Data 21/08/2016 Revisione 3 Nota Tecnica n° 05/16
Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Servizio Idrologico		Pagina 15 di 15

all'inquinamento del 1977<sup>21</sup> e sia dallo Studio IRSEV del 1979 nelle quali si rilevava la presenza di numerosi altri composti (alcuni dei quali di concentrazione comparabili ai BTF) dei quali non era stato possibile l'individuazione.

2. Dallo studio della cinetica di propagazione si rileva che la compromissione delle risorse idriche è avvenuta in modo progressivo in funzione della distanza della sorgente di inquinamento. Considerando l'inizio della contaminazione tra il 1966 e il 1967, le velocità di propagazione stimate da questo studio, a titolo di riferimento, datano l'arrivo del *plume* inquinante al 1970 per il centro di Montecchio Maggiore, al 1984 per Almisano e l'anno successivo per il centro di Lonigo.
3. In senso opposto, dalle stesse velocità di diffusione, si evince che gli effetti degli interventi di messa in sicurezza realizzati nel sito inquinato della MITENI si manifesteranno nelle aree più distanti dell'acquifero qui considerato (Vicenza Ovest - Lonigo) con un ritardo temporale di almeno 17 anni.
4. Circa la previsione sull'evoluzione del fenomeno e quindi del suo esaurimento spazio-temporale essa è possibile solo in termini generali mancando delle sperimentazioni sito specifiche e un modello numerico di trasporto. Considerando le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero, l'entità e l'estensione dell'inquinamento e la scarsa/nulla biodegradabilità delle specie inquinanti<sup>22</sup> si richiamano le conclusioni dello studio IRSEV del 1977 riguardo l'inquinamento da BTF (di estensione assai minore) che aveva indicato come tempo minimo richiesto per l'esaurimento naturale dell'inquinamento un periodo temporale non inferiore ai 50 anni<sup>23</sup>.

---

<sup>21</sup> Perizie dei CTU del prof. Arnaldo Liberti e prof. G. Bianucci nell'ambito del Procedimento penale n. 5387 disposto dal Giudice dott. A. De Silvestri nel 1977.

<sup>22</sup> L'emivita in ambiente acquoso del congenere PFOA è di 92 anni.

<sup>23</sup> Stima puramente indicativa e semmai errata per difetto.