

*LINEE GUIDA per la predisposizione di una rete
di monitoraggio delle acque sotterranee in
sistemi a media e bassa permeabilità in
impianti produttivi e interpretazione
preliminare dei dati.*

*PhD Geol. Fabrizio Franceschini
Dipartimento ARPAT di Pisa*

IL MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE NEI PROCEDIMENTI DI AUTORIZZAZIONE AMBIENTALE*



ANNO XXXI n° 113

Suolo, sottosuolo e acque sotterranee sono matrici ambientali per le quali, in sede di autorizzazione di qualsiasi attività produttiva, **deve** essere effettuata una valutazione dei potenziali impatti ed eventualmente previsti adeguati interventi di mitigazione dei rischi e la messa in opera di efficaci sistemi di controllo e monitoraggio.

Come per le altre matrici ambientali oggetto di valutazione nel campo delle autorizzazioni ambientali (acque superficiali, atmosfera, clima acustico etc.), le matrici suolo, sottosuolo e acque sotterranee necessitano di un background di conoscenze di base sito-specifiche senza le quali non è possibile effettuare le opportune valutazioni circa il loro stato di qualità ed identificare le eventuali alterazioni quali-quantitative indotte dalle attività antropiche.

In questo campo la normativa europea e nazionale risulta essere molto in ritardo rispetto ad altre matrici ambientali ed è quindi indispensabile, anche in ragione dell'importanza che hanno suolo, sottosuolo e acque sotterranee nel sostentamento degli ecosistemi e nello sviluppo economico sostenibile, l'adozione di misure idonee alla loro protezione e salvaguardia per gli usi legittimi attuali e delle prossime generazioni.

*Franceschini F. & Bonfanti A. (2021) pubblicato su Il Geologo, Periodico ufficiale dell'Ordine dei Geologi della Toscana, Anno XXXI, n 113

art.74 comma 1, lettera l del D.lgs n.152/2006

Acque sotterranee “*tutte le acque che si trovano al di sotto della superficie del suolo, nella zona di saturazione e in diretto contatto con il suolo e il sottosuolo*”.

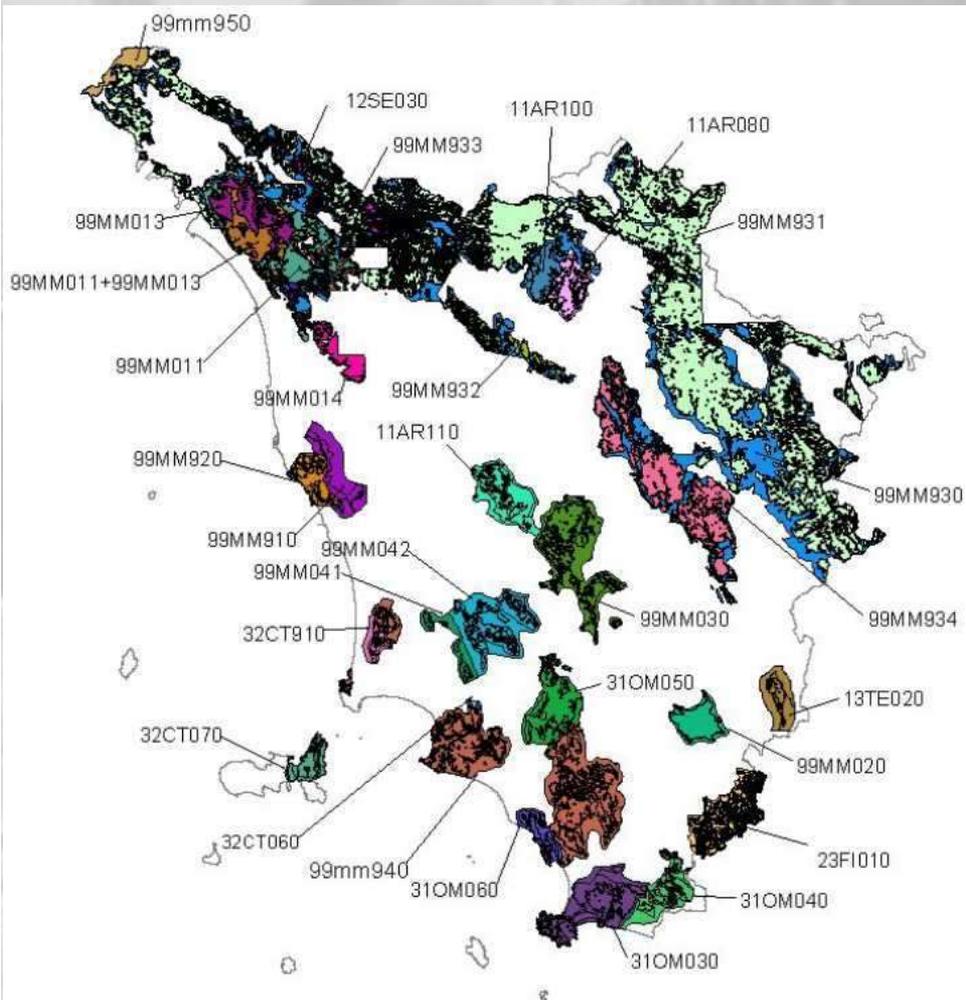
Tale definizione comprende sia i corpi acquiferi oggetto di sfruttamento (Corpi Idrici Significativi, CSI) sia tutte le restanti acque facenti parte del complesso delle acque di saturazione del sottosuolo anche non soggette a flusso di massa (acquicludo).

K (m/s)		Acquiferi				Acquitardi		Acquiclude			
		10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰
GRANULOMETRIA	omogenea	Ghiaia		Sabbia		Sabbia molto fine		Silt		Argilla	
	varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia		Sabbia e argilla					
GRADI DI PERMEABILITA'		ELEVATA				BASSA		NULLA			
TIPI DI FORMAZIONI		PERMEABILI				SEMI-PERM.		IMPERM.			

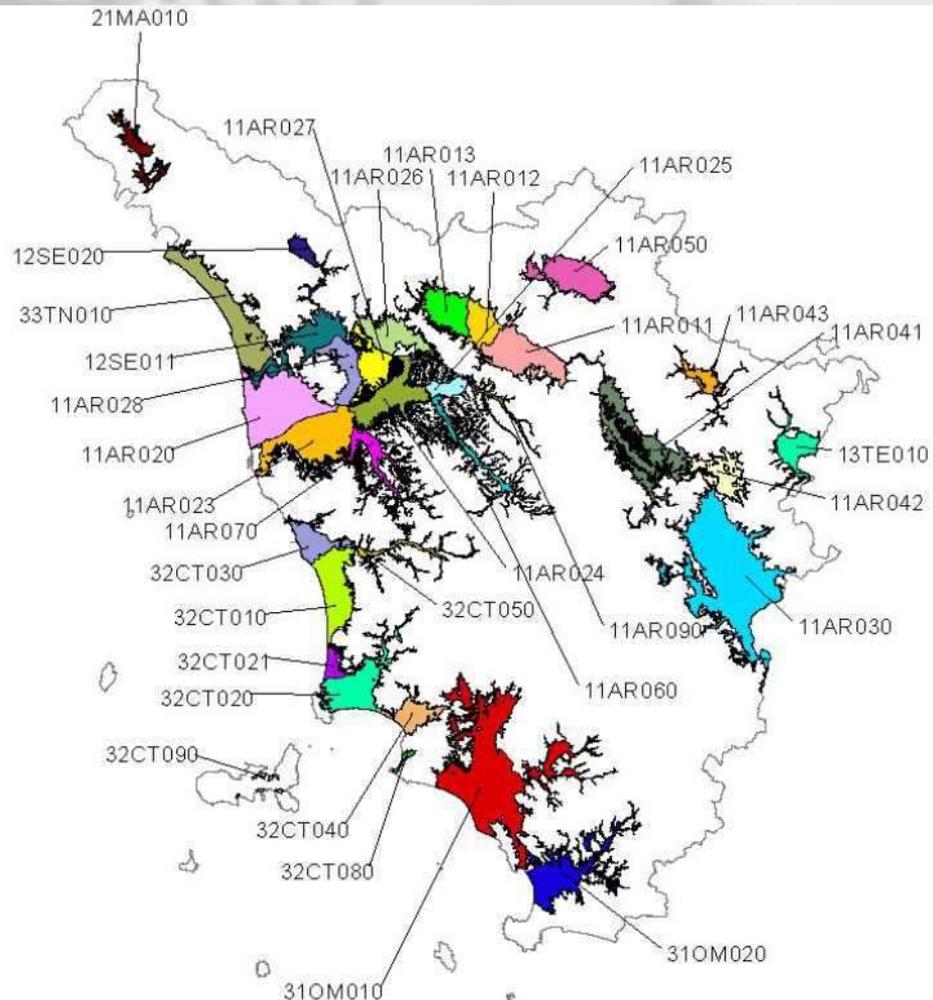
Di Molfetta & Sethi 2012, Modificato.

Solo in presenza di flusso idrico un contaminante può migrare in maniera significativa all'interno della zona satura ed è quindi ai corpi idrici (**acquiferi**) e agli **aquitardi** che si concentrano le attenzioni sullo stato di qualità ambientale.

CIS mezzo roccioso

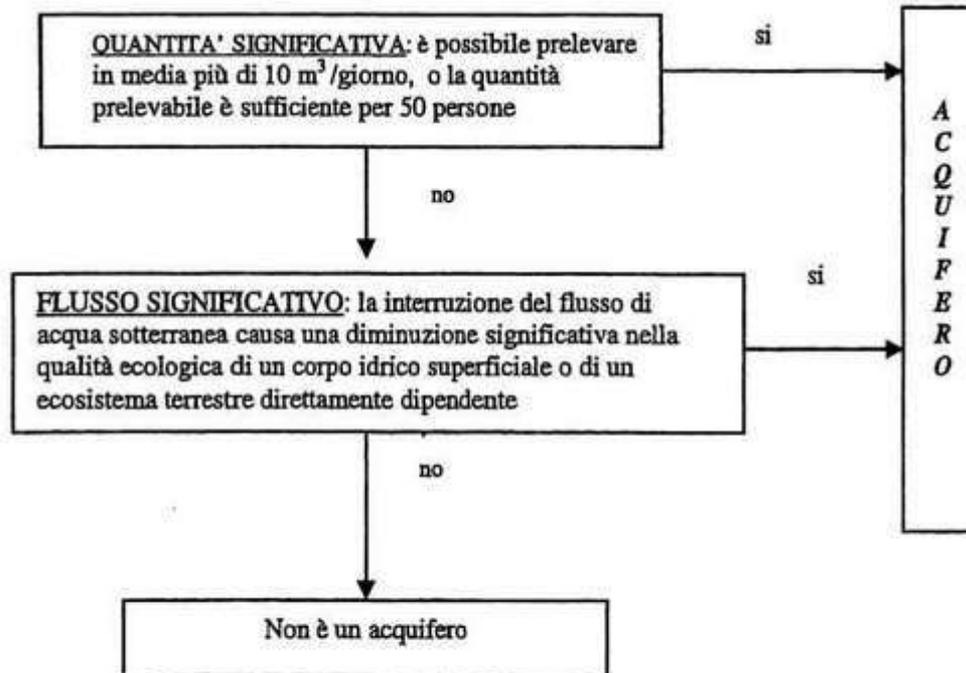


CIS mezzo poroso



Identificazione degli acquiferi

Corpo Idrico Sotterraneo (CIS) Volume distinto di acque sotterranee contenuto da uno o più acquiferi caratterizzato da omogeneità ambientale (qualitativa/quantitativa) tale da permettere, attraverso l'interpretazione delle misure effettuate in un numero significativo di stazioni di campionamento, di valutarne lo stato e di individuarne il trend.



Dlgs 30/2009 Art.2 lettera m)

acquifero: uno o più strati sotterranei di roccia o altri strati geologici di permeabilità sufficiente da consentire un flusso significativo di acque sotterranee o l'estrazione di quantità significative di acque sotterranee

Q > 7 litri/minuto

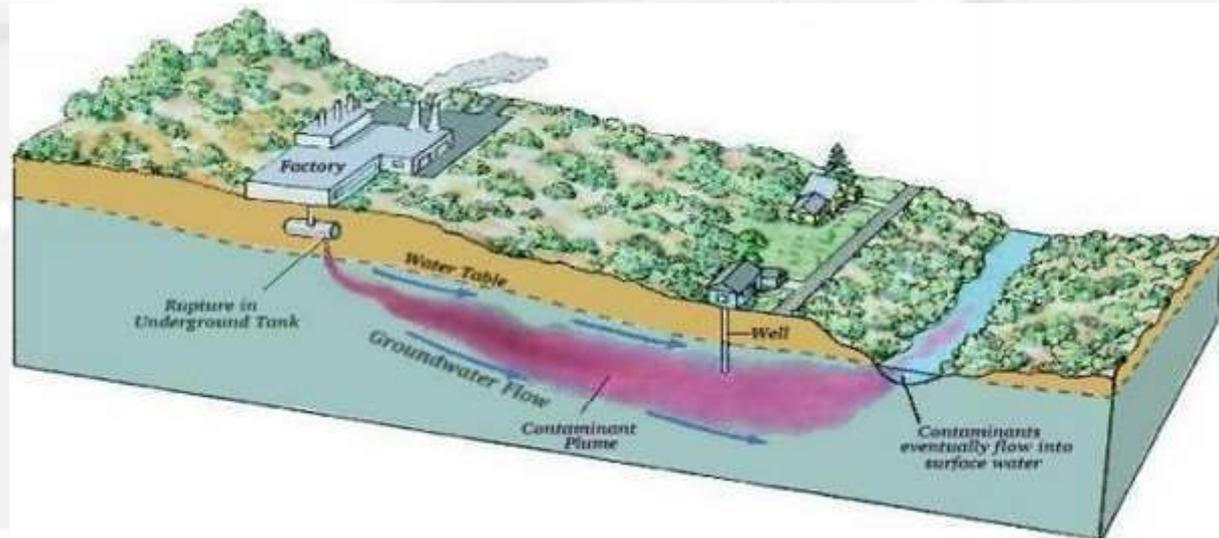
Figura 1: schema per l'identificazione degli acquiferi

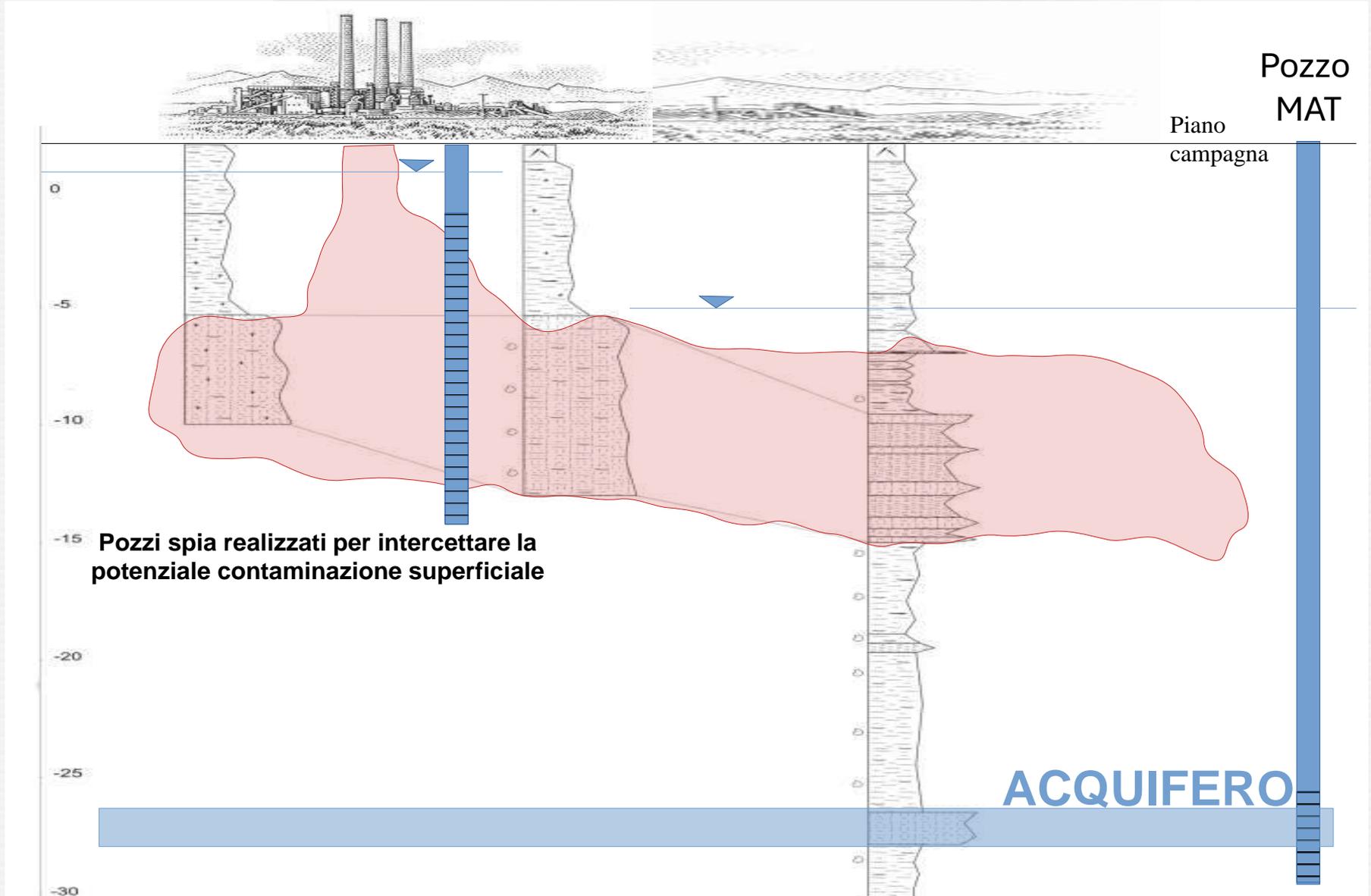
Le sorgenti di contaminazione

A causa delle diverse conformazioni degli acquiferi la veicolazione delle sostanze può risultare non uniforme dipendendo molto dalla scala con la quale si effettuano le osservazioni; una scala microscopica attinente alla struttura del mezzo poroso e una scala macroscopica attinente alle caratteristiche stratigrafiche e giaciture delle formazioni geologiche (Freeze and Cherry, 1979; Civita, 2005).

Questa eterogeneità può rendere molto complicato individuare la sorgente di contaminazione in tempi brevi per poter contenere il conseguente danno ambientale dell'immissione di un contaminante in ambiente sotterraneo.

E' importante identificare quanto prima le sorgenti di contaminazioni occulte o in atto in modo da evitare lo sviluppo di contaminazioni troppo estese per poter essere trattate.





Le attività di monitoraggio delle acque sotterranee

Il recepimento della direttiva 2010/75/UE, con il Dlgs n.46/2014, porta alla modifica dell'art. 29 sexies del Dlgs n.152/2006 introducendo l'obbligo per le aziende soggette ad AIA ad effettuare il monitoraggio delle acque sotterranee:

*"comma 3-bis. L'autorizzazione integrata ambientale contiene le ulteriori disposizioni che garantiscono la protezione del suolo e delle acque sotterranee, le opportune disposizioni per la gestione dei rifiuti prodotti dall'impianto e per la riduzione dell'impatto acustico, nonché disposizioni adeguate per la manutenzione e la verifica periodiche delle **misure adottate per prevenire le emissioni nel suolo e nelle acque sotterranee e disposizioni adeguate relative al controllo periodico del suolo e delle acque sotterranee** in relazione alle sostanze pericolose che possono essere presenti nel sito e tenuto conto della possibilità di contaminazione del suolo e delle acque sotterranee presso il sito dell'installazione".*

*"comma 6-bis. Fatto salvo quanto specificato nelle conclusioni sulle BAT applicabili, l'autorizzazione integrata ambientale **programma specifici controlli almeno una volta ogni cinque anni per le acque sotterranee** e almeno una volta ogni dieci anni per il suolo, a meno che sulla base di una valutazione sistematica del rischio di contaminazione non siano state fissate diverse modalità o più ampie frequenze per tali controlli."*

Riguardo al monitoraggio del suolo e delle acque sotterranee nelle AIA sono due i principali riferimenti normativi di cui tenere conto:

A - la previsione contenuta all'art. 29-sexies, comma 6-bis precedentemente citato riguardo al monitoraggio di suolo e acque sotterranee, con riferimento a tutte le sostanze potenzialmente in grado di contaminare le acque (non solo le pericolose).



B - l' applicazione del nuovo DM 95/2019 (**Relazione di Riferimento**) che disciplina le modalità con cui deve essere verificata la necessità del monitoraggio, prende in esame le sole sostanze pericolose ai sensi del regolamento CLP (art. 29-sexies, comma 3-bis);



Le due previsioni normative non sono state adeguatamente coordinate tra loro ed essendo suscettibili di interpretazioni contrastanti sono oggetto di approfondimento anche da parte del Comitato di Coordinamento Nazionale IPPC (seduta del dicembre 2018), che ancora però non è pervenuto a valutazioni conclusive. Preme evidenziare come le due discipline non siano in contrasto tra loro, completandosi a formare un unicum normativo nell'ambito della protezione sullo stato di qualità delle acque sotterranee.

N° ord	DOSTANZE	Valore limite (µ/l)	AMMINE AROMATICHE		
			39	Clorometano	1,0
			40	Triclorometano	0,15
			41	Cloruro di Vinile	0,5
			42	1,2-Dicloroetano	1
			43	1,1 Dicloroetilene	0,05
			44	Tricloroetilene	1,5
			45	Tetracloroetilene	1,1
			46	Esaclobotadiene	0,10
			47	Sommatoria organosolganati	10
			ALIFATICI CLOBURATI NON CANCEROGENI		
			48	1,1 - Dicloroetano	810
			49	1,2-Dicloroetilene	50
			50	1,2-Dicloropropano	0,15
			51	1,1,2 - Tricloroetano	0,2
			52	1,2,3 - Tricloropropano	0,001
			53	1,1,2,2, - Tetracloroetano	0,05
			ALIFATICI ALCENATI CANCEROGENI		
			54	Tribromoetano	0,3
			55	1,2-Dibromoetano	0,001
			56	Dibromocloroetano	0,12
			57	Bromodichloroetano	0,17
			NITROBENZENI		
			58	Nitrobenzene	3,5
			59	1,2 - Dinitrobenzene	15
			60	1,3 - Dinitrobenzene	3,7
			61	Cloronitrobenzani (ognuno)	0,5
			CLOROBENZENI		
			62	Monoclorobenzene	40
			63	1,2 Diclorobenzene	270
			64	1,4 Diclorobenzene	0,5
			65	1,2,4 Triclorobenzene	190
			66	1,2,4,5 Tetraclorobenzene	1,8
			67	Pentaclorobenzene	5
			68	Esaclobenzene	0,01
			FENOLI E CLOROFENOLI		
			69	2-clorofenolo	180
			70	2,4 Diclorofenolo	110
			71	2,4,6 Triclorofenolo	5
			72	Pentaclorofenolo	0,5
			73	Anilina	10
			74	Difenilamina	910
			75	p-toluidina	0,35
			FITOFARMACI		
			76	Alaclor	0,1
			77	Aldrin	0,03
			78	Atrazina	0,3
			79	alfa - esaclobossano	0,1
			80	beta - esaclobossano	0,1
			81	Gamma - esaclobossano (lindano)	0,1
			82	Clordano	0,1
			83	DDO, DDT, DDE	0,1
			84	Dieldrin	0,03
			85	Endrin	0,1
			86	Sommatoria fitofarmaci	0,5
			DIOSSENE E FURANI		
			87	Sommatoria PCDD, PCDF (conversione YEF)	4 x 10 ⁻⁶
			ALTRE SOSTANZE		
			88	PCB	0,01
			89	Acrilammide	0,1
			90	Idrocarburi totali (espressi come n-esano)	350
			91	Acido para - ftalico	37000
			92	Amianto (fibre A > 10 nm) (*)	da definire
			METALLI		
1	Alluminio	200			
2	Antimonio	5			
3	Argento	10			
4	Arsenico	10			
5	Berillio	4			
6	Cadmio	5			
7	Cobalto	50			
8	Cromo totale	50			
9	Cromo (VI)	5			
10	Ferro	200			
11	Mercurio	1			
12	Nichel	20			
13	Piombo	10			
14	Zinco	1000			
15	Selenio	10			
16	Manganese	50			
17	Fallio	2			
18	Cinco	3000			
19	Boro	1000			
20	Cianuri liberi	50			
21	Fluoruri	1500			
22	Nitriti	500			
23	Solfati (mg/L)	250			
			COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		
24	Benzene	1			
25	Etilbenzene	50			
26	Stirene	25			
27	Toluene	15			
28	para-Xilene	10			
			POLICICLICI AROMATICI		
29	Benzo (a) antracene	0,1			
30	Benzo (a) pirene	0,01			
31	Benzo (b) fluorantene	0,1			
32	Benzo (k.) fluorantene	0,05			
33	Benzo (g, h, i) perilene	0,01			
34	Criseno	5			
35	Bibenzo (a, h) antracene	0,01			
36	Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0,1			
37	Pirene	50			
38	Sommatoria (31, 32, 33, 36)	0,1			

(*) Non sono disponibili dati di letteratura tranne il valore di 7 milioni fibre/l comunicato da ISS, ma giudicato da ANPA e dallo stesso ISS troppo elevato. Per la definizione del limite si propone un confronto con ARPA e Regioni.

Tabella 2 All. 5

• Titolo V
 Parte quarta Dlgs
 152/06
 CSC Acque sotterranee

Tabella 3- Valori soglia da considerare per la valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee

PARAMETRO	Numero Chemical Abstracts Service (CAS)	VALORI SOGLIA (µg L ⁻¹)	VALORI SOGLIA* (µg L ⁻¹) (interazione acque superficiali)				
ELEMENTI IN TRACCIA				1,2 Dicloroetano	107-06-2	3	
Antimonio	7440-36-0	5		Tricloroetilene + Tetracloroetilene	(79-01-6) + (127-18-4)	10	
Arsenico	7440-38-2	10		Esaclorobutadiene	87-68-3	0,15	0,05
Boro	7440-42-8	1000		1,2 Dicloroetilene	540-59-0	60	
Cadmio**	7440-43-9	5	0,08 (Classe 1) 0,09 (Classe 2) 0,15 (Classe 3) 0,25 (Classe 4)	ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI			
Cromo Totale	7440-47-3	50		Dibromoclorometano	124-48-1	0,13	
Cromo VI	non applicabile	5		Bromodichlorometano	75-27-4	0,17	
Mercurio	7439-97-6	1	0,07***	NITROBENZENI			
Nichel	7440-02-0	20	4 (SQA biodisponibile)	Nitrobenzene	98-95-3	3,5	
Piombo	7439-92-1	10	1,2 (SQA biodisponibile)	CLOROBENZENI			
Selenio	7782-49-2	10		Clorobenzene	108-90-7	40	
Vanadio	7440-62-2	50		1,4 Diclorobenzene	106-46-7	0,5	
COMPOSTI E IONI INORGANICI				1,2,4 Triclorobenzene	120-82-1	190	
Cianuro libero	57-12-5	50		Triclorobenzeni	12002-48-1		0,4
Fluoruro	16984-48-8	1500		Pentaclorobenzene	608-93-5	5	0,007
Nitrito	14797-65-0	500		Esaclorobenzene	118-74-1	0,01	0,005
Fosfato	98059-61-1			PESTICIDI			
Solfato	18785-72-3	250 (mg L ⁻¹)		Aldrin	309-00-2	0,03	
Cloruro	16887-00-6	250 (mg L ⁻¹)		β-esaclorocicloesano	319-85-7	0,1	0,02 (Somma degli esaclorocicloesani)
Ammoniaca (ione ammonio)	14798-03-9	500		DDT totale ****	non applicabile	0,1	0,025
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI				p,p'-DDT	50-29-3		0,01
Benzene	71-43-2	1		Dieldrin	60-57-1	0,03	
Etilbenzene	100-41-4	50		Sommatoria (aldrin, dieldrin, endrin, isodrin)	(309-00-2), (60-57-1), (72-20-8), (465-73-6)		0,01
Toluene	108-88-3	15		DIOSSINE E FURANI			
Para-xilene	106-42-3	10		Sommatoria PCDD, PCDF	non applicabile	4x10 ⁻⁶	
POLICICLI AROMATICI				ALTRE SOSTANZE			
Benzo(a)pirene	50-32-8	0,01	1,7 x10 ⁻⁴	PCB*****	non applicabile	0,01	
Benzo(b)fluorantene	205-99-2	0,1	0,017***	Idrocarburi totali (espressi come n-esano)	non applicabile	350	
Benzo(k)fluorantene	207-08-9	0,05	0,017***	Conduttività (µS cm ⁻¹ a 20°C) - acqua non aggressiva.	non applicabile	2500	
Benzo(g,h,i)perilene	191-24-2	0,01	8,2 x10 ⁻⁵ ***	COMPOSTI PERFLUORURATI			
Dibenzo(a,h)antracene	53-70-3	0,01		Acido perfluoropentanoico (PFPeA)	2706-90-3	3	
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	193-39-5	0,1		Acido perfluoroesanoico (PFHxA)	307-24-4	1	
ALIFATICI CLORURATI				Acido perfluorobutansolfonico (PFBS)	375-73-5	3	
Triclorometano	67-66-3	0,15		Acido perfluoroottanoico (PFOA)	335-67-1	0,5	0,1
Cloruro di Vinile	75-01-4	0,5		Acido perfluoroottansolfonico (PFOS)	1763-23-1	0,03	6,5x10 ⁻⁴

Disposizioni in materia di delitti contro l'ambiente

(Modifiche al Codice Penale, Giugno 2015)

Il nuovo art. 452-bis (inquinamento ambientale) sanziona penalmente la compromissione o il deterioramento “significativi e misurabili” delle acque o dell'aria, o di porzioni estese o significative del suolo o del sottosuolo o di un ecosistema, della biodiversità, anche agraria, della flora o della fauna.



Il nuovo art. 452-quater (disastro ambientale) punisce l'alterazione irreversibile o rimuovibile solo con provvedimenti eccezionali, dell'equilibrio di un ecosistema che ne determini una sua estesa compromissione (rischio ambientale) mettendo in pericolo la pubblica incolumità (rischio sanitario).

L'accusa dovrà dimostrare una variazione deteriore dello stato preesistente espressa secondo quantità numeriche mediante le conoscenze scientifiche e le verifiche di tipo tecnico (G.Battarino, *Ecoscienza n.2, 2015*).



La prova del nesso di causalità e la regola "*del più probabile che non*" (Cass. 20.02.2018 n. 4020)

1. Il nesso di causa tra un condotta illecita e un danno può essere affermato non solo quando il secondo sia stato una conseguenza certa della prima, ma anche quando ne sia stato una conseguenza ragionevolmente probabile.

2. La ragionevole probabilità che quella causa abbia provocato quel danno va intesa non in senso statistico, ma logico: cioè non in base a regole astratte, ma in base alle circostanze del caso concreto.

3. Ciò vuol dire che anche in una causa statisticamente improbabile può ravvisarsi la genesi del danno, se tutte le altre possibili cause fossero ancor più improbabili, e non siano concepibili altre possibili cause.

La scienza non fornisce sicurezze, solo probabilità.

L'incertezza della scienza non può vincolare l'analisi del giudice e quindi il giudizio controfattuale viene necessariamente operato facendo riferimento ad una "elevata probabilità logica" in contrapposizione ad "al di là di ogni ragionevole dubbio"

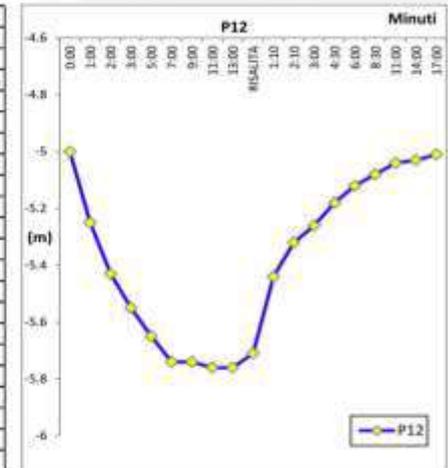
Sistemi idrogeologici a medio-bassa permeabilità

- direzioni di flusso

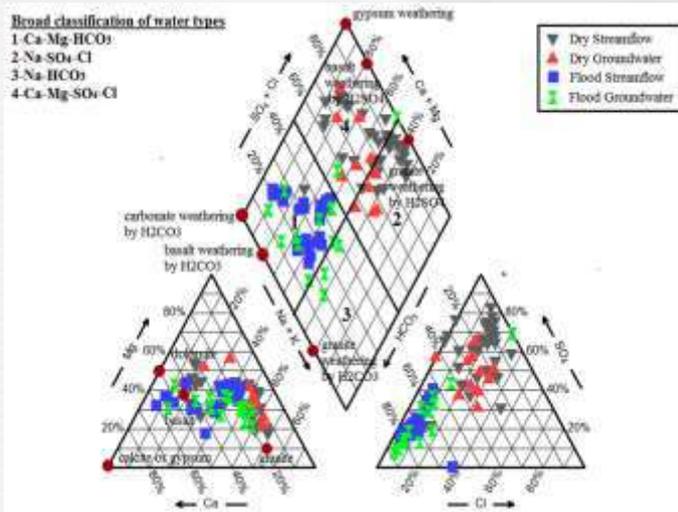


capacità di ricarica -

P12		Data: 29-03-2018	
Pozzoni 12.3h			
Tempo	Dinamico	Portata Utile (l/min)	Portata Utile (l/min)
0:00	-	-	Quota barometrica: +66 cm
1:00	-0.25	0.15	Acqua incolore e inodore
2:00	-0.41	-	Acqua prelevata filtrata
3:00	-0.55	-	
4:00	-0.67	-	
5:00	-0.74	-	
6:00	-0.76	-	
7:00	-0.76	-	
8:00	-0.76	-	
9:00	-0.76	-	
10:00	-0.76	-	
11:00	-0.76	-	
12:00	-0.76	-	
13:00	-0.76	-	
14:00	-0.76	-	
15:00	-0.76	-	
16:00	-0.76	-	
17:00	-0.81	-	

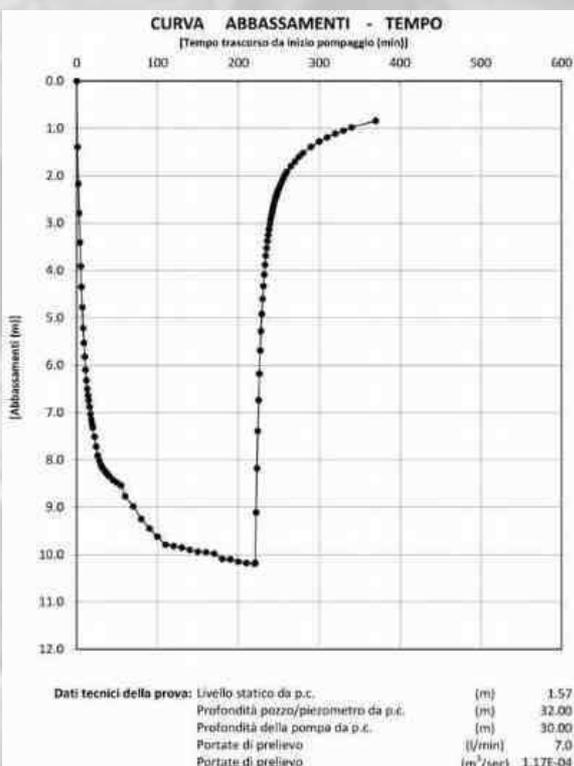


- interpretazione del dato chimico



Contrariamente ai pozzi per l'approvvigionamento idrico quelli installati ai fini del monitoraggio ambientale o nei progetti di bonifica sono spesso installati in zone a bassa permeabilità (acquitardi).

In questi casi le attività di spurgo richiedono basse portate (<5 l/m).



Le caratteristiche di pozzi di monitoraggio con bassa permeabilità deve essere nota prima dell'esecuzione dello spurgo.

A tale scopo al termine dell'installazione del pozzo, dopo il periodo di riposo previsto, devono essere effettuate prove per determinare le velocità di ricarica.

Tra il 2003 e il 2005 al dip. Arpat di Pisa si ragiona su caratteristiche dei piezometri installati su terreni a media-bassa permeabilità e sull'interpretazione dei dati. L'interazione prolungata acqua-roccia e l'assenza di ossigeno favorisce la solubilizzazione di sostanze che alterano la qualità delle acque.

ARPAT
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

CRITERI GENERALI PER LA REALIZZAZIONE DI RETI DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ PRODUTTIVE SOGGETTE A IPPC.

Sommario

FINALITÀ 2

DEFINIZIONI 3

CARATTERISTICHE DELLA RETE DI MONITORAGGIO 4

CRITERI DI UBICAZIONE DEI POZZI DI MONITORAGGIO 4

NUMERO DI POZZI DI MONITORAGGIO 5

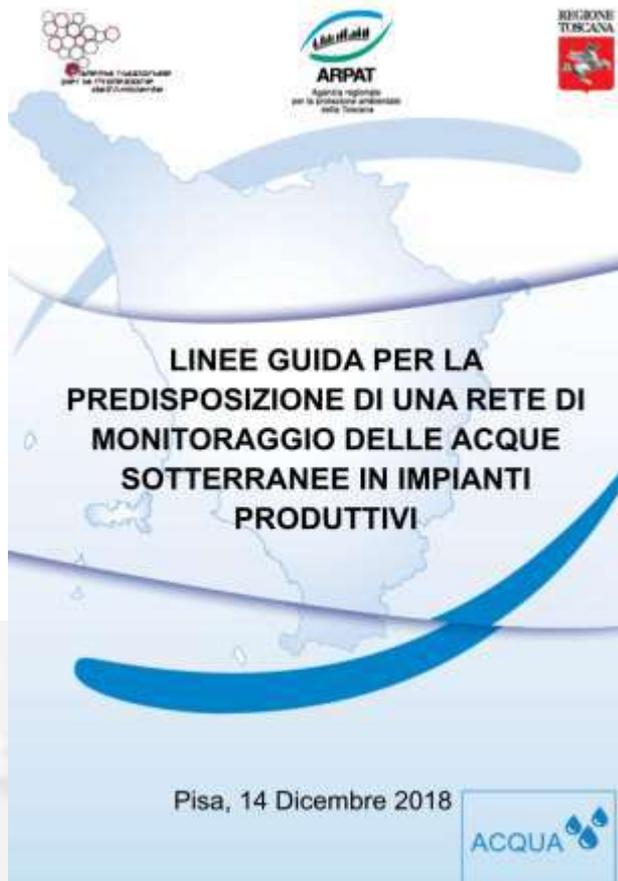
SPECIFICHE TECNICHE NELLA REALIZZAZIONE DEI POZZI DI MONITORAGGIO 5

PROCEDURA PER L'ESECUZIONE DELLO SPURGO PRIMA DEL CAMPIONAMENTO DI POZZI DI MONITORAGGIO 7

PREMESSA 7

SPURGO VOLUMETRICO 8

SPURGO DINAMICO 8



LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DI UNA RETE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE IN IMPIANTI PRODUTTIVI

Pisa, 14 Dicembre 2018

ACQUA

Linee guida per la predisposizione di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee in impianti produttivi



Linee guida
 per la
 predisposizione
 di una rete di
 monitoraggio delle
 acque sotterranee
 in sistemi a media e
 bassa permeabilità
 in impianti produttivi
 e interpretazione
 preliminare dei dati



7.0 SPURGO DEL PRESIDIO DI MONITORAGGIO.....	16
7.1 Spurgo volumetrico.....	16
7.2 Spurgo dinamico.....	17
8.0 ESECUZIONE PROVA DI RISALITA.....	17
9.0 MISURA IN CAMPO DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICI.....	18
9.1 Conducibilità.....	19
9.2 Temperatura dell'acqua.....	19
9.3 Potenziale redox (Eh, ORP).....	19
9.4 pH.....	19
9.5 Ossigeno disciolto.....	20
10.0 CAMPIONAMENTO.....	20
10.1 Prescrizioni di carattere generale.....	20
10.2 Criteri generali per la scelta della procedura di campionamento.....	21
10.3 Procedura di campionamento.....	22
10.4 Prelievo del campione.....	22
11.0 INTERPRETAZIONE PRELIMINARE DEI DATI IDROGEOCHIMICI.....	24
11.1 Premessa.....	24
11.2 Elementi maggiori.....	24
11.3 Elementi in traccia.....	25
11.4 Tabelle riassuntive.....	25
12.0 BIBLIOGRAFIA.....	27

INDICE

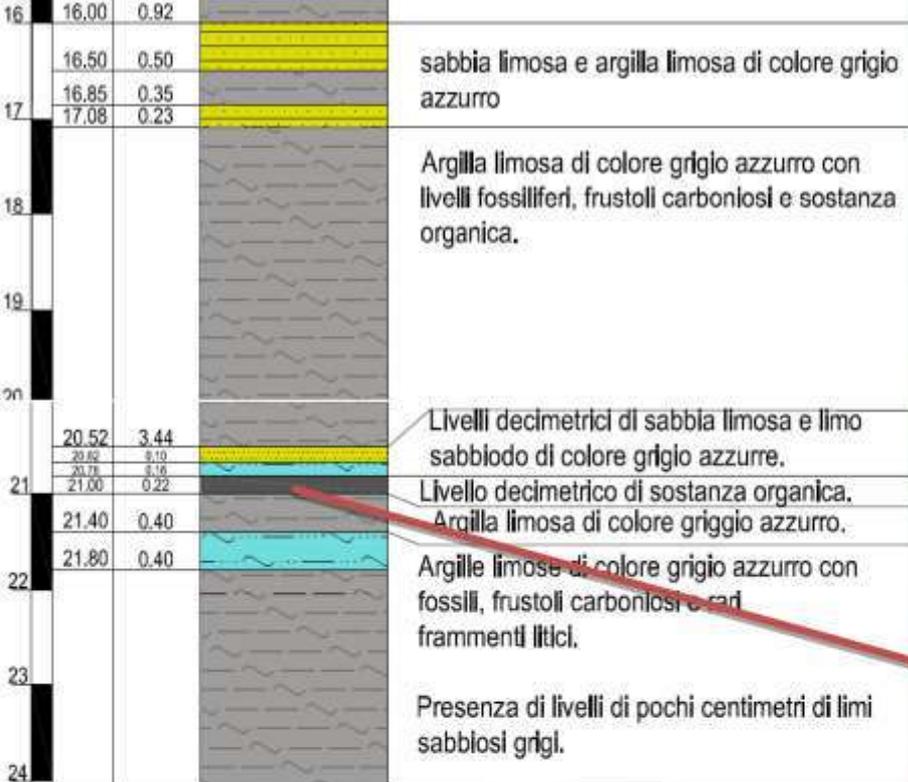
1.0 PREMESSA.....	6
2.0 INTRODUZIONE.....	7
3.0 DEFINIZIONI.....	8
4.0 VALUTAZIONE DELLO STATO DI QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	10
5.0 RICOSTRUZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO SITO-SPECIFICO.....	10
5.1 Relazione Idrogeologica Preliminare.....	11
5.2 Relazione Idrogeologica Conclusiva.....	11
5.3 Schema di flusso delle attività.....	11
6.0 I PRESIDII DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	13
6.1 Caratteristiche dei presidi di monitoraggio.....	13
6.2 Misure piezometriche.....	15
6.3 Specifiche tecniche per la dismissione di presidi di monitoraggio.....	16

ALLEGATI

Allegato 1 – Scheda presidio di monitoraggio

Allegato 2 – Scheda per l'esecuzione della prova di falda

Allegato 3 – Scheda per il campionamento



	36P 12,3m		36P 9,2m		30P 6,3m		29P 9,3m		35P 15m		N2 14m		N2 24m		N1 21m		N3 10m		N3 24,5m	
	TQ	Cessione	TQ	Cessione	TQ	Cessione	TQ	Cessione	TQ	Cessione	TQ	Cessione	TQ	Cessione	TQ	Cessione	TQ	Cessione	TQ	Cessione
Cloruri	nd	48	nd	44	nd	68	nd	83	nd	36	nd	53	nd	39	nd	153	nd	63	nd	68
Solfati	nd	167	nd	107	nd	238	nd	96	nd	53	nd	1266	nd	115	nd	396	nd	44	nd	1326
NH4	nd	1.59	nd	3.12	nd	0.29	nd	0.43	nd	0.52	nd	3.42	nd	0.39	nd	<0,1	nd	0.12	nd	0.92
Crtot	125	<1	100	1.5	104	1.2	66	<1	62	<1	109	6.4	84	<1	29	4.9	83	14	114	1.1
Nichel	119	5.2	109	8	114	4	52	2.1	64	1.4	94	650	81	4.6	22	11	80	21	112	22
Rame	43	4.9	35	16	36	14	16	2	20	5	42	28	32	9.8	9.3	19	31	38	47	6.1
Zinco	142	17	119	14	120	11	71	12	78	6.9	111	304	100	11	35	44	106	34	130	7.8
Arsenico	16	1.9	12	2.3	<4	2.2	5.6	<1	<4	<1	6.6	<1	4.2	2.5	220	117	<4	7.5	13	<1
Cadmio	0.5	<0,1	0.3	<0,1	0.3	<0,1	0.2	<0,1	0.2	<0,1	0.3	6.5	0.4	<0,1	1.3	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1
Piombo	17	<1	16	1	16	<1	13	<1	11	<1	19	2.7	16	<1	7.6	1.8	15	6.6	20	<1
Boro	195	370	145	90	130	120	97	40	86	30	94	150	76	70	190	4130	78	430	79	490
Manganese	188		497		418		835		448		378		648		490		766		687	
Antimonio	7.3		4.6		4.4		5.3		3.2		4.1		4.3		2.8		2.4		4.7	
	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l	mg/kg	µg/l

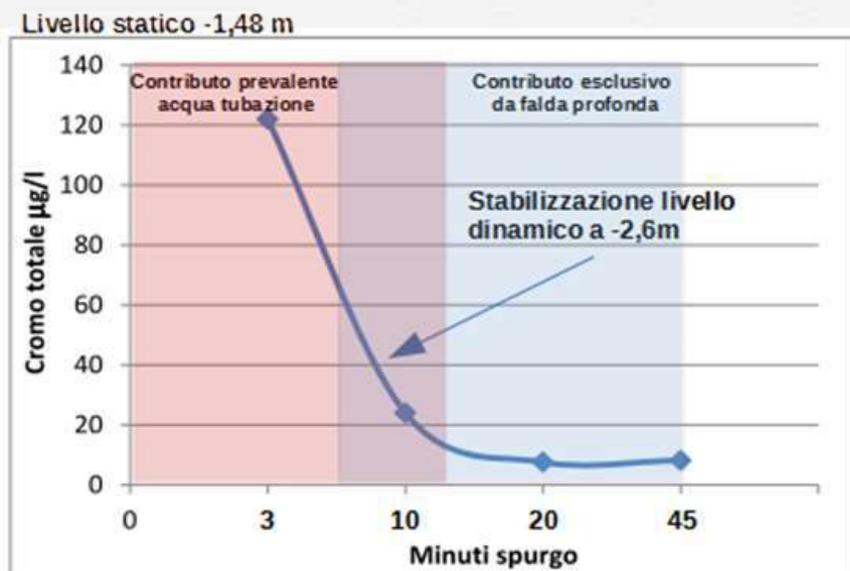
Campioni prelevati in corrispondenza di efflorescenze biancastre e/o rossastre.

Anioni in cessione espressi in mg/l



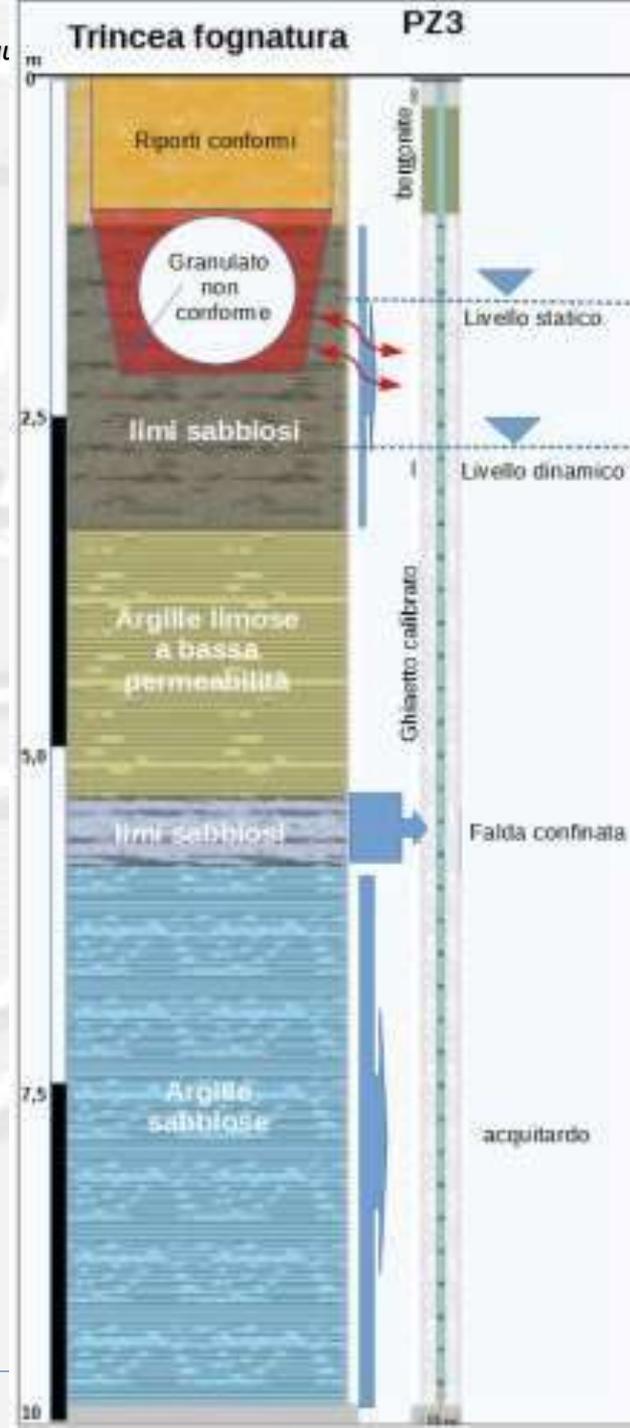
Applicazione dell'idrogeochimica nella definizione di una contaminazione in atto

Il campionamento del 3/22 è stato effettuato durante l'emungimento per lo spurgo del piezometro secondo i seguenti steps: T0 dopo 3 minuti, T1 dopo 10 minuti, T2 dopo 20 minuti e T3 dopo 40 minuti. Il grafico evidenzia concentrazioni elevate di Cr_{tot} che si riducono fino a valori inferiori ai limiti dopo il completamento dello spurgo.

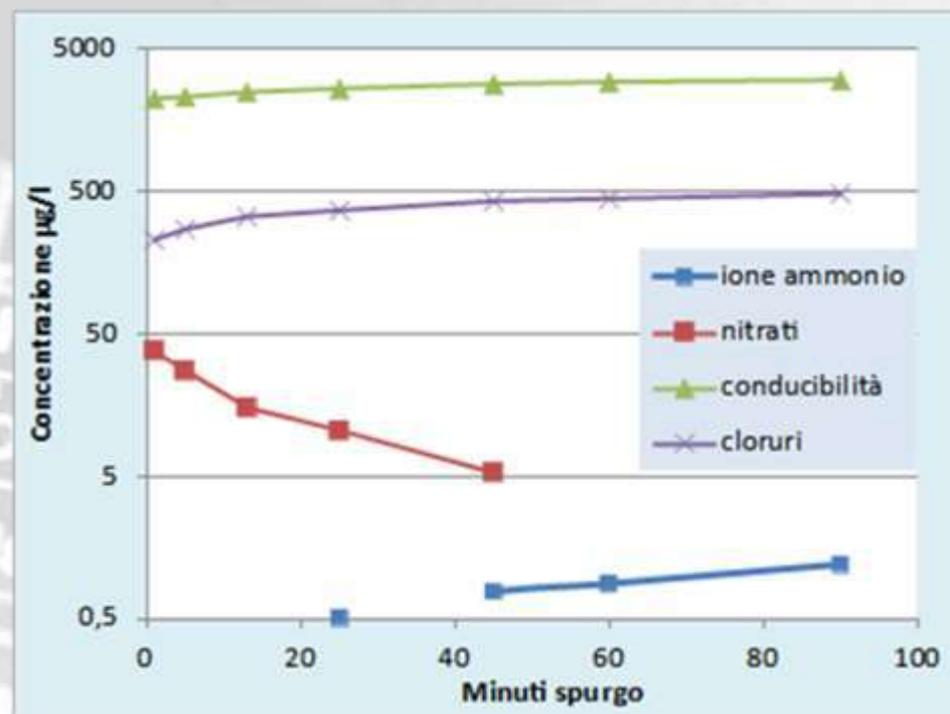
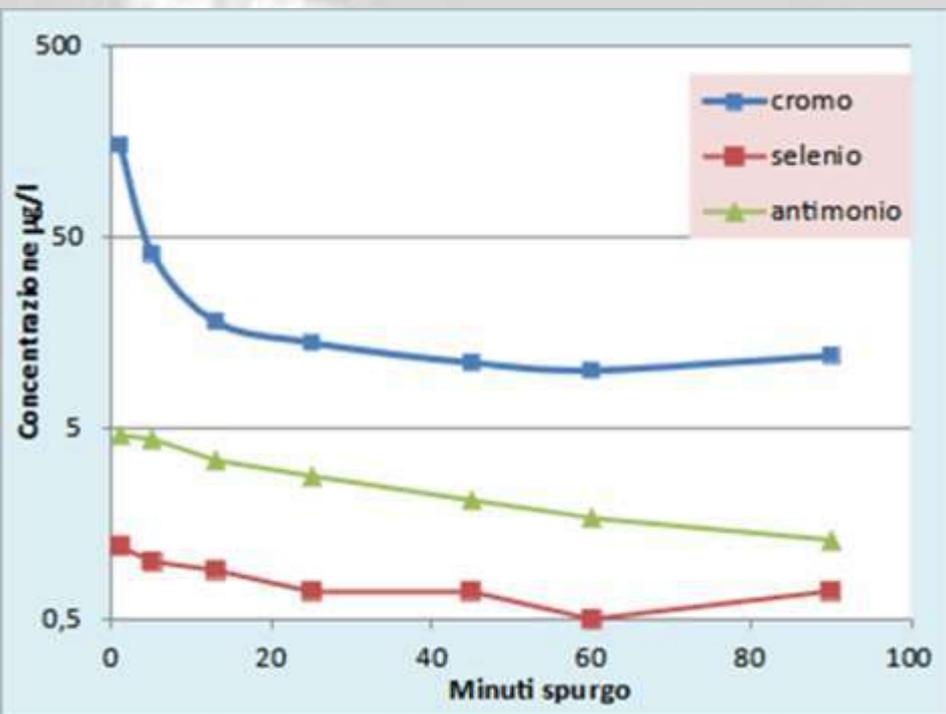


Le acque stagnanti presenti nel piezometro prima dell'emungimento presentano Cr in soluzione in concentrazioni maggiori rispetto alle acque di falda estratte dopo la stabilizzazione dei livelli dinamici del piezometro.

Una volta predominante l'afflusso delle acque di falda profonde, scompare il contributo connesso alla percolazione delle acque di saturazione contaminate presenti nei livelli più superficiali in contatto con il granulato non conforme. Tale situazione è ben schematizzata nella figura adiacente dove è riportata la stratigrafia del sottosuolo nell'intorno della trincea, lo schema di completamento del PZ3 e la posizione del granulato non conforme nel rinfiaccio della tubazione fognaria.



Il campionamento è stato ripetuto il 27/09/22 durante l'emungimento per lo spurgo del piezometro secondo i seguenti steps temporali: 0,5,13,25,45,60,90 minuti.



I risultati evidenziano in maniera estremamente chiara come l'ipotesi di lavoro fosse pienamente confermata con i markers caratteristici della contaminazione indotta dalla presenza del granulato non conforme in contatto con la falda (Cromo VI, Antimonio e Selenio) che si attenuano con il richiamo delle acque dai livelli più profondi a maggiore trasmissività.

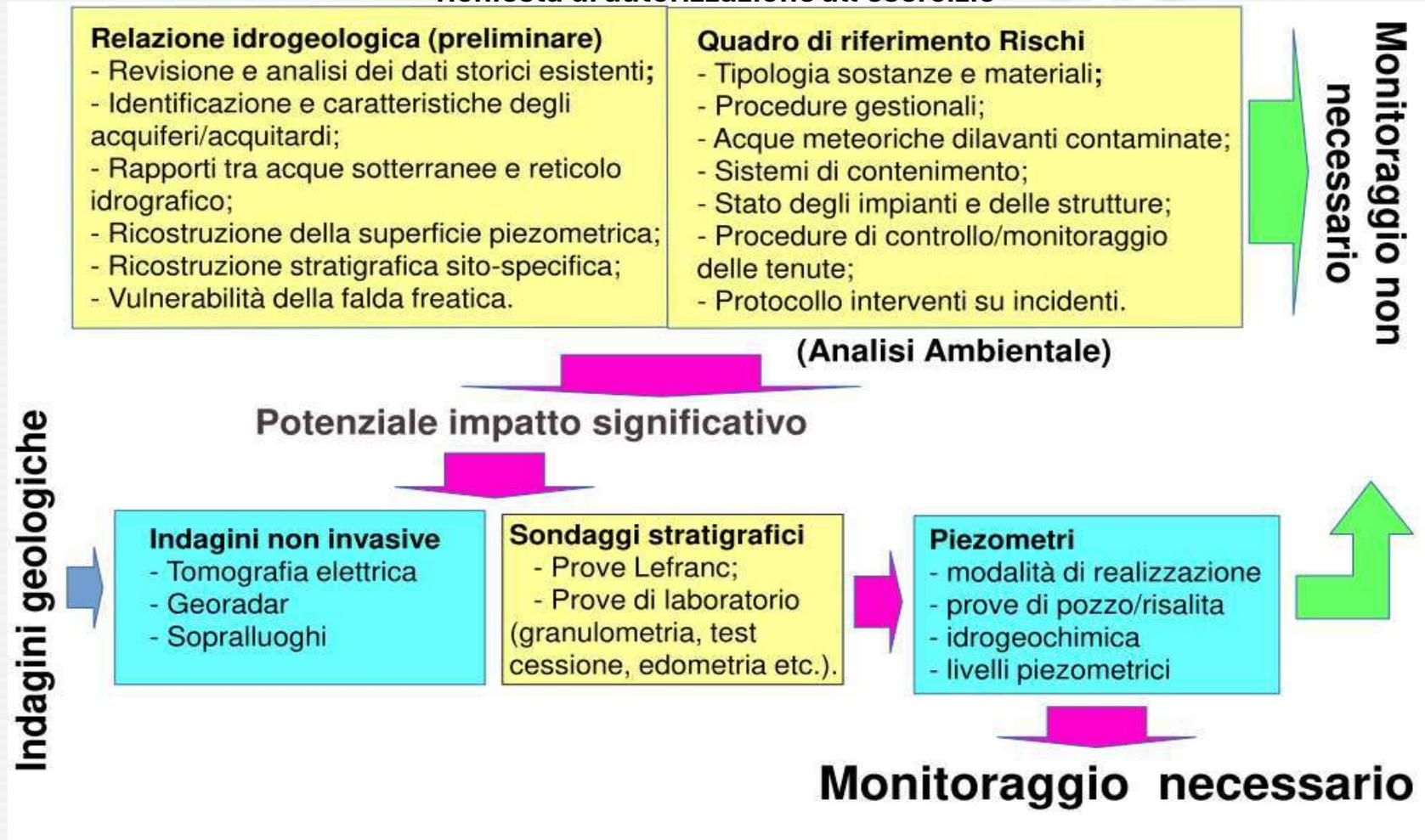
Campionamento del 27/9/2022 sul PZ3

Filtrati a 0,45 micron e stabilizzati con HNO₃

min spurgo		1	5	13	25	45	60	90		
sigla		T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	CSC	Guida
Alluminio	µg/l	<25	<25	<25	<25	<25	<25	< 25	200	-
Antimonio	µg/l	4,6	4,4	3,4	2,8	2,1	1,7	1,3	5	-
Argento	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	< 1	10	-
Arsenico	µg/l	2,3	1,9	2	2	2	1,9	2	10	-
Bario	µg/l	nd	-	700						
Berillio	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	4	-
Boro	µg/l	1048	1090	1121	1157	1200	1200	1238	1000	-
Cadmio	µg/l	0,1	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,05	5	-
Cobalto	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	< 1	50	-
Cromo tot	µg/l	152	41	18	14	12	10	14	50	-
Cromo VI	µg/l	152	41	18	14	11	10	12	5	-
Ferro	µg/l	22	23	29	33	40	44	49	200	-
Manganese	µg/l	93	199	231	235	238	237	237	50	-
Mercurio	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1	1	-
Nichel	µg/l	6,9	4,7	4,3	4,1	3,8	3,7	3,6	20	-
Piombo	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	< 1	10	-
Rame	µg/l	11	6,4	3,6	2,7	2,3	2,1	1,9	1000	-
Selenio	µg/l	1,2	1	0,9	0,7	0,7	0,5	0,7	10	-
Tallio	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,05	2	-
Vanadio	µg/l	nd	-	50						
Zinco	µg/l	8	4,4	4	3,3	2,8	3,1	2,4	3000	-
cloruri	mg/l	229	271	332	367	426	444	482	-	250
solforati	mg/l	329	329	287	257	226	207	184	250	-
sodio	mg/l	187	230	299	346	415	442	485	-	200
potassio	mg/l	51,2	48,4	46,1	42,9	40,7	39,4	36,9	-	-
magnesio	mg/l	29,9	32,2	33	31,6	31,9	31,6	32,4	-	-
calcio	mg/l	228	229	207	192	175	164	152	-	-
NH ₃	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,51	0,77	0,88	1,2	-	0,5
NO ₃	mg/l	37,9	27,6	15,2	10,5	5,3	<5	<5	-	50
cond		2249	2303	2483	2641	2842	2940	3029	-	2500
T		24,4	19,2	19,6	19,5	19,6	19,5	19,6	-	-
pH		7,1	7,6	6,9	7	7,2	7,3	7,2	-	-

Il monitoraggio delle acque sotterranee nell'ambito delle procedure istruttorie relative a: Assoggettabilità a VIA, AIA, AUA, art.208/216, art.192, EoW.

Approfondimenti da effettuarsi prima della redazione della documentazione prevista per la richiesta di autorizzazione all'esercizio



Monitoraggio necessario

Relazione idrogeologica di dettaglio

- logs stratigrafico e di completamento dei pozzi di monitoraggio installati;
- quote assolute di riferimento dei piezometri per la misura della soggiacenza;
- grafico dei tempi di ricarica e dati di permeabilità desunti da prove effettuate in corso di perforazione o successive;
- sezioni stratigrafiche che mettano in evidenza spessori e natura dell'acquifero/acquitrando monitorato;
- eventuali connessioni e relazioni con acquiferi adiacenti e corpi idrici superficiali o con acque superficiali (acque di piazzale, meteoriche etc.);
- eventuali utilizzi dell'acquifero monitorato e individuazione dei possibili recettori;
- caratterizzazione idrochimica degli elementi maggiori e minori.

Monitoraggio
quinquennale

Impatto significativo

Piano di Monitoraggio e controllo

- Ubicazione dei punti di campionamento su planimetria di dettaglio;
- Caratteristiche delle stazioni di campionamento;
- Frequenza del campionamento e parametri da monitorare;
- Modalità di esecuzione dello spurgo e di prelievo dei campioni;
- Modalità di stabilizzazione, conservazione dei campioni;
- Procedure analitiche di laboratorio;
- Frequenza di invio dei risultati e delle relazioni di valutazione dei dati, indicazione valori guida a cui viene fatto riferimento.

Valutazione
risultati

GRAZIE PER
L'ATTENZIONE