

Monitoraggio chimico e isotopico delle acque sotterranee presso la Discarica “ Tre Monti ” – Imola

Anni di riferimento: 2017-2018

Bologna, Novembre 2018

Indice

1. Premessa e obiettivi.....	3
2. Monitoraggio delle acque sotterranee	4
2.1. Esecuzione delle campagne di monitoraggio.....	7
2.2. Misure di livello della falda e parametri chimico-fisici misurati in campo	7
2.3. Regime pluviometrico nel periodo 2016-2018.....	10
3. Caratterizzazione del percolato e indicatori di contaminazione	13
4. Sintesi del chimismo delle acque sotterranee e superamenti delle CSC	15
5. Facies idrochimica delle acque sotterranee.....	19
5.1. Ricostruzione delle facies idrochimiche	19
6. Qualità delle acque superficiali del Rio Rondinella	23
7. Caratterizzazione isotopica	27
7.1. Acque sotterranee	27
7.2. Acque superficiali	29
7.3. Sintesi dei risultati delle indagini isotopiche	31
Conclusioni.....	32
Documenti di riferimento	33

A cura di:

Emanuela Lischi, Marco Marcaccio, Cristina Regazzi

Hanno collaborato:

- Distretto Imolese - Sezione di Bologna per le attività di campionamento
- Area Chimica Acque e Contaminanti organici Sede secondaria LM Bologna per le analisi chimiche
- Laboratorio Tematico Isotopia Ambientale della Sezione di Piacenza per le analisi isotopiche

1. Premessa e obiettivi

La presente relazione costituisce un aggiornamento dei dati di monitoraggio rilevati nel 2017 e 2018 da Arpae sulle acque sotterranee della discarica Tre Monti, di proprietà Con.Ami e gestita da Herambiente Spa, situata in Comune di Imola (BO) – località Pediano – al confine con il Comune di Riolo Terme. La discarica è autorizzata in regime AIA/IPPC per lo smaltimento di rifiuti non pericolosi.

Le attività di monitoraggio in oggetto sono state svolte a seguito delle indagini della Sezione Provinciale Arpae di Bologna, che alla fine del 2015 avevano riscontrato superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) fissate dal D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (Tabella 2, Allegato 5 alla Parte IV) per Nitriti, Solfati, Nichel, Arsenico, Cromo esavalente (Cr VI), nelle acque prelevate da pozzi denominati “pozzi spia”, localizzati nell’intorno delle vasche di stoccaggio del percolato di discarica. Uno dei principali obiettivi delle attività di monitoraggio effettuate nel 2015 e 2016 è stato quello di verificare l’estensione della zona interessata dalla contaminazione di percolato nelle acque sotterranee, in particolare se questa avesse interessato anche le zone esterne a valle della discarica, dove scorre il Rio Rondinella, oltre a verificare l’eventuale contaminazione anche delle matrici suolo, sottosuolo ed acque superficiali.

La verifica dell’estensione della potenziale area contaminata ha previsto la progettazione e la realizzazione di una rete di monitoraggio che, oltre ai “pozzi spia” già esistenti, conta di ulteriori 16 nuovi piezometri, di cui 10 interni all’area di proprietà, 3 esterni all’area a valle della direzione di presumibile migrazione del plume di contaminazione e 3 in zona ritenuta di “bianco”. Le attività di campionamento e analisi hanno riguardato diverse matrici ambientali (acque superficiali, sotterranee e suolo) nell’ambito del piano di caratterizzazione per la definizione del modello concettuale del sito; nell’ambito di tale progettazione, si è deciso di affiancare alle analisi chimiche dei contaminanti, indagini di tipo geochimico ed isotopico, volte a definire un quadro più completo dell’idrogeologia dell’area di studio.

Nella presente relazione si riportano e si analizzano gli ulteriori dati acquisiti nell’anno 2017 e nel primo semestre dell’anno 2018, come prosecuzione delle attività di monitoraggio isotopico e caratterizzazione della facies idrochimica eseguite nel periodo 2015-2016, per i cui esiti si rimanda al documento già pubblicato sul sito web dell’Agenzia, contenente peraltro la descrizione del modello concettuale del sito (Arpae Emilia-Romagna, 2017).

2. Monitoraggio delle acque sotterranee

Come citato in premessa, la rete di monitoraggio delle acque sotterranee è stata progettata a seguito dei superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) riscontrate nelle acque prelevate dai pozzi “spia” localizzati nell’intorno delle vasche di stoccaggio del percolato di discarica, denominate V1 e V2.

Tali vasche, insieme alle altre due (V3 e V4), hanno costituito il sistema di stoccaggio del percolato della discarica. Di fatto, le vasche V1 e V2, già dal 2013, a seguito di rilevazione di anomalia nella struttura di fondo, sono state mantenute vuote, fatta eccezione per un breve periodo, nel 2015, durante il quale sono state riutilizzate.

Dalla rilevazione dei superamenti delle CSC fino ad oggi, il percolato è stato stoccato soltanto nelle vasche V3 e V4, dalle quali, mediante condotta (percolatodotto), viene inviato a dei serbatoi di stoccaggio posti più a valle rispetto la discarica, nell’area del Depuratore Comunale Santerno, da cui viene prelevato per essere inviato a impianti di trattamento di rifiuti liquidi.

Con DET-AMB-2016-2529 del 26/07/2016 di Arpa SAC di Bologna, è stata disposta la rimozione delle vasche V1 e V2, e del materiale (sabbia, ghiaia e terreni) presente sia lateralmente che al di sotto delle stesse, quale intervento di bonifica finalizzato a rimuovere la sorgente di inquinamento e le sostanze inquinanti riscontrate nelle acque sotterranee della cosiddetta area “catino”.

La progettazione della rete di monitoraggio delle acque sotterranee ha tenuto conto della necessità di individuare dei punti di indagine posti sia a monte (nell’intorno delle vasche) che a valle idrogeologico della zona sorgente, rispetto al possibile percorso di migrazione ipotizzato nell’ambito del Modello Concettuale Preliminare. Pertanto, la rete di monitoraggio delle acque sotterranee, è stata realizzata individuando principalmente tre gruppi di piezometri rappresentativi di diverse zone:

- interni alla discarica e distribuiti intorno alla zona sorgente;
- esterni alla discarica e in prossimità del bersaglio (corpo idrico superficiale);
- esterni alla discarica e in zona non interessata da attività di gestione rifiuti, considerati punti di “bianco”.

I piezometri, rappresentati nelle figure 2.1 e 2.2 sono così ripartiti:

- 10 piezometri interni alla discarica, distribuiti lungo il perimetro delle vasche di stoccaggio del percolato, di cui 4 all’interno della zona rimaneggiata (Pz2015/1, Pz2015/2, Pz2015/3, Pz2015/4), 1 lungo la zona di potenziale transito adiacente le vasche lato sud (Pz2015/5), 3 a valle delle vasche di stoccaggio del percolato (Pz2015/6, Pz2015/7, Pz2015/8), 2 adiacenti le vasche lato nord, ovvero dal lato opposto rispetto la direzione di potenziale transito del plume di contaminazione (Pz2015/9, Pz2015/10);
- 3 piezometri esterni alla discarica, in prossimità del corpo idrico superficiale (Pz2015/11, Pz2015/12, Pz2015/13);
- 3 piezometri esterni alla discarica, in area non interessata dalla gestione dei rifiuti, considerati punti di “bianco” (Pz2015/B, Pz2015/B2, Pz2015/B3).

I piezometri, interni ed esterni alla discarica, sono stati realizzati dal gestore, alla presenza dei tecnici di Arpa, a fine anno 2015 ed inizio anno 2016. In ogni foro di sondaggio è stato installato un tubo piezometrico di diametro pari a 3 pollici, microfessurato per gran parte della profondità, ad esclusione dei primi 2-3 metri di profondità dal piano di campagna, al fine di ridurre al minimo le possibili infiltrazioni di acqua dalla superficie all’interno del piezometro. La testa del pozzo è stata sigillata con bentonite in corrispondenza del tratto cieco e ricoperta, a scopo protettivo, con un pozzetto carrabile comprensivo di botola in ghisa.



Figura 2.1 Ubicazione punti di monitoraggio discarica Tre Monti



Figura 2.2 Ubicazione punti di monitoraggio "bianco" discarica Tre Monti

In tabella 2.1 si riportano le principali caratteristiche costruttive dei piezometri realizzati, dove si indicano anche le profondità in cui terminano le unità stratigrafiche A e B riconosciute:

- Unità A: terreni di origine antropica o spessore fortemente rimaneggiato. È una unità costituita da diverse unità in funzione della tipologia di attività in essa svolta, ad esempio A2 si tratta dei materiali di riporto a granulometria sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa intorno alle vasche V1 e V2 e come sottofondo di stabilizzazione delle strade interne alla discarica;
- Unità B: substrato di origine naturale allentato e/o alterato costituito da limo, limo argilloso e argilla limosa di colore marrone con variegature grigiastre e striature e puntature nere, con presenza di frustoli organici e rari bioclasti, avente un grado bassissimo di sovraconsolidazione.
- Unità C: formazione delle argille azzurre distinto in due unità con la profondità (C1 e C2) avente un grado di sovraconsolidazione che progressivamente va da medio a elevato.

Nella medesima tabella 2.1 sono inoltre evidenziate in grassetto le profondità raggiunte dalle Unità A e B comprese nel tratto filtrante dei diversi piezometri, dove l'Unità C (argille azzurre) viene filtrata dai piezometri dalla fine dell'Unità B fino alla fine del tratto filtrante di ciascun piezometro che coincide sempre con la profondità massima di ciascun piezometro. In questo modo è possibile distinguere le stazioni sulla base delle Unità che vengono intercettate, rispettivamente le 3 Unità (A, B, C), quelle che filtrano 2 Unità (B e C) e quelle che filtrano solo l'Unità C delle argille azzurre:

- Unità A, B, C – stazioni Pz2015/1 (A e C) e Pz2015/2;
- Unità B e C – stazioni Pz2015/3, Pz2015/5, Pz2015/6, Pz2015/7, Pz2015/8, Pz2015/11, Pz2015/12, Pz2015/13, Pz2015/B3;
- Unità C – stazioni Pz2015/4, Pz2015/9, Pz2015/10, , Pz2015/B, Pz2015/B2.

Occorre osservare che alcune stazioni hanno i filtri alla stessa profondità o prossimi al passaggio di Unità, pertanto in tabella sono state indicate tra parentesi le Unità potenzialmente filtrate, ovvero quando la distanza dal filtro è inferiore a circa 50 centimetri.

Tabella 2.1 Caratteristiche costruttive dei piezometri di monitoraggio e relative Unità intercettate.

Stazione	Profondità (m da p.c.)	Profondità filtri (inizio – fine filtri da p.c.)	Profondità Unità A (Rimaneggiata)	Profondità Unità B (Substrato naturale allentato/alterato)	Unità filtranti (A, B, C)
Pz2015/1	8	2 - 8	2.90	<i>Unità assente</i>	A, C
Pz2015/2	16	3 - 16	8.75	12.00	A, B, C
Pz2015/3	9	3 - 9	1.70	4.60	B, C
Pz2015/4	10	3 - 10	2.00	3.00	(B), C
Pz2015/5	9	3 - 9	0.50	3.20	B, C
Pz2015/6	11.5	2.5 - 11.5	2.00	5.90	(A), B, C
Pz2015/7	15	3 - 15	2.80	10.00	(A), B, C
Pz2015/8	15	3 - 15	1.30	9.50	B, C
Pz2015/9	9	3 - 9	0.40	<i>Unità assente</i>	C
Pz2015/10	8	2 - 8	1.00	2.00	(B), C
Pz2015/11	8	2 - 8	1.50	5.50	(A), B, C
Pz2015/12	8	2 - 8	1.00	3.20	B, C
Pz2015/13	8	2 - 8		3.10	B, C
Pz2015/B	8.5	2.5 - 8.5		0.70	C
Pz2015/B2	7	1 - 7		0.70	(B), C
Pz2015/B3	11	2 - 11	2.00	6.50	(A), B, C

Note: in **grassetto** le profondità delle Unità A e B comprese nel tratto filtrante dei piezometri; tra parentesi le unità potenzialmente filtrate.

Come da cronoprogramma allegato al progetto di rimozione delle vasche V1-V2, i lavori di sistemazione dell'area hanno comportato la progressiva dismissione dei piezometri adiacenti alle vasche V1-V2, e conseguentemente, da agosto 2016 non sono stati più effettuati campionamenti sui "pozzi spia" (P1/10, P2/10, P3/10, P1/13, P2/13 e P3/13), e da novembre 2017 sui piezometri in area rimaneggiata (Pz2015/1-2-3-4).

Il protocollo dei parametri analitici previsto per le analisi di laboratorio ha incluso:

- i parametri definiti fondamentali dal D. Lgs. 36/03, individuati tenendo conto della tipologia di impatto da indagare e sulla base dei monitoraggi eseguiti negli anni di gestione della discarica nell'ambito del Piano di Monitoraggio e Controllo dell'AIA (Arpae Sezione di Bologna, 2016a);
- cationi e anioni principali per caratterizzare la facies idrochimica delle acque;
- parametri misurati in campo con strumentazione portatile: parametri chimico-fisici, pH, conducibilità, ossigeno disciolto e potenziale redox, nonché i livelli della falda tramite freatometro;
- isotopi stabili di ossigeno e idrogeno (delta ossigeno e delta deuterio).

I parametri chimici, congiuntamente ad anioni e cationi, sono stati analizzati presso la Sede secondaria del Laboratorio Multisito di Bologna, Area Chimica Acque e Contaminanti organici per le analisi chimiche, mentre le indagini isotopiche sono state effettuate presso il Laboratorio Tematico Isotopia Ambientale della Sezione di Piacenza.

2.1. Esecuzione delle campagne di monitoraggio

In Tabella 2.2 si riporta lo schema riassuntivo delle stazioni della rete di monitoraggio costituita da piezometri e pozzi spia campionati nelle diverse campagne.

I risultati analitici dei diversi contaminanti riscontrati nelle campagne di monitoraggio sono riportati con i relativi superamenti delle CSC nelle specifiche relazioni elaborate da Arpae Sezione di Bologna, alle quali si rimanda per approfondimenti (Arpae Emilia-Romagna, 2018a).

Tabella 2.2 Campionamenti effettuati nei piezometri, pozzi spia e trincea di drenaggio

Stazione	Data di campionamento						
	15/02/2016	14/03/2016	03/08/2016	08/11/2016	18/04/2017	21/11/2017	08/05/2018
P1/10	X	X	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO
P2/10	X	X	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO
P3/10	X	X	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO
P1/13	X	X	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO
P2/13	n.c.	n.c.	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO
P3/13	X	X	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO	DISMESSO
Pz2015/1	X	X	X	X	X	DISMESSO	DISMESSO
Pz2015/2	X	X	X	X	X	DISMESSO	DISMESSO
Pz2015/3	X	X	n.c.	n.c.	n.c.	DISMESSO	DISMESSO
Pz2015/4	X	X	n.c.	X	n.c.	DISMESSO	DISMESSO
Pz2015/5	X	X	X	X	X	X	X
Pz2015/6	X	X	X	X	X	X	X
Pz2015/7	X	X	X	X	X	X	X
Pz2015/8	X	X	X	X	X	X	X
Pz2015/9	X	X	n.c.	n.c.	n.c.	X	n.c.
Pz2015/10	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pz2015/11	X	X	X	X	X	X	X
Pz2015/12	X	X	X	X	X	X	X
Pz2015/13	X	X	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
PZ2015/B	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
PZ2015/B2	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
PZ2015/B3	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	X	n.c.

Legenda: X - campionamento eseguito; n.c. - campionamento non eseguito per assenza di acqua

2.2. Misure di livello della falda e parametri chimico-fisici misurati in campo

Nelle Tabelle 2.3-2.4 si riportano, per il periodo da febbraio 2016 a maggio 2018, le misure di livello della falda espresse, rispettivamente, come soggiacenza (profondità rispetto al piano campagna) e come piezometria (quota assoluta rispetto il livello medio del mare).

Sulla base della profondità di inizio dei filtri nelle diverse stazioni, è possibile evidenziare (celle in grigio nella tabella 2.3) le misure di livello che sono più alte rispetto l'inizio dei filtri stessi, situazioni

che evidenziano una falda in pressione spesso di modesta entità. Ciò risulta sempre evidente nelle stazioni, Pz2015/2-6, variabile a seconda dei periodi nelle stazioni Pz2015/1-4-5-9-11, mentre non si verifica mai nel resto delle stazioni (Pz2015/3-7-8-10-12-13).

Sulla base delle Unità intercettate dai filtri delle rispettive stazioni, si osserva quindi una condizione idrogeologica governata dal flusso delle acque nelle unità più superficiali (A e B) rispetto a quella più profonda (C), nella quale le acque hanno una limitatissima capacità di movimento. Osservando infatti le variazioni di livello nelle diverse stagioni emerge che le stazioni dove si registrano le variazioni stagionali più rilevanti sono quelle che filtrano sia la sola Unità C, risultando anche senza acqua nella misura di agosto, sia quelle che filtrano le Unità B e C. Risultano invece avere variazioni di livello stagionale molto limitate le stazioni che intercettano le 3 Unità ed in particolare l'Unità A, quella più superficiale e permeabile. Occorre osservare inoltre che il flusso delle acque sotterranee dalla zona "catino" a valle è governato anche dalla presenza di un dosso naturale a monte del Pz2015/5 in grado di confinare entro certi limiti le acque all'interno dell'area rimaneggiata intorno le vasche V1 e V2.

Tabella 2.3 Misure di livello della falda nei piezometri espressa come soggiacenza

Stazione	Quota PC (m s.l.m.)	Profondità inizio filtri (m)	Soggiacenza (m)							
			15/2/16	14/3/16	19/4/16	3/8/16	8/11/16	18/4/17	21/11/17	8/5/18
Pz2015/1	120,08	2	0,95	0,93	0,89	1,09	0,82	3,78	-	-
Pz2015/2	122,66	3	2,23	2,12	2,42	2,58	2,82	2,48	-	-
Pz2015/3	122,86	3	6,78	6,7	3,95	8,11	-	-	-	-
Pz2015/4	122,91	3	2,75	3,44	2,93	-	6,54	-	-	-
Pz2015/5	118,55	3	1,81	2,67	0,73	5,76	7,19	6,39	1,14	1,68
Pz2015/6	114,01	2,5	1,68	1,59	1,81	2,18	1,81	2,04	1,79	1,76
Pz2015/7	113,14	3	3,15	3,41	4,15	4,83	4,17	4,28	4,15	4
Pz2015/8	117,32	3	4,3	4,02	3,94	4,32	4,81	3,94	4,74	4,59
Pz2015/9	120,49	3	6,12	6,31	5,05	-	-	-	0,95	8,52
Pz2015/10	125,67	2	-	-	7,7	-	-	-	-	7,6
Pz2015/11	109,38	2	1,61	2,04	1,85	5,65	6,8	6,2	1,94	1,69
Pz2015/12	110,07	2	2,15	2,15	2,47	3,41	2,87	2,38	2,61	2,23
Pz2015/13	110,93	2	5,18	2,51	2,9	-	-	-	-	6,81
Pz2015/B3	221,07	2	-	-	-	-	-	-	4,47	7,62

Legenda: evidenziati in **grigio** i livelli di falda più elevati rispetto la profondità di inizio dei filtri.

Tabella 2.4 Misure di livello della falda nei piezometri espressa come piezometria

Stazione	Quota PC (m s.l.m.)	Profondità inizio filtri (m)	Piezometria (m)							
			15/2/16	14/3/2016	19/4/2016	3/8/16	8/11/16	18/4/17	21/11/17	8/5/2018
Pz2015/1	120,08	2	119,13	119,15	119,19	118,99	119,26	116,3	-	-
Pz2015/2	122,66	3	120,43	120,54	120,24	120,08	119,84	120,18	-	-
Pz2015/3	122,86	3	116,08	116,16	118,91	114,75	-	-	-	-
Pz2015/4	122,91	3	120,16	119,47	119,98	-	116,37	-	-	-
Pz2015/5	118,55	3	116,74	115,88	117,82	112,79	111,36	112,16	117,41	116,87
Pz2015/6	114,01	2,5	112,33	112,42	112,20	111,83	112,20	111,97	112,22	112,25
Pz2015/7	113,14	3	109,99	109,73	108,99	108,31	108,97	108,86	108,99	109,14
Pz2015/8	117,32	3	113,02	113,30	113,38	113,00	112,51	113,38	112,58	112,73
Pz2015/9	120,49	3	114,37	114,18	115,44	-	-	-	119,54	111,97
Pz2015/10	125,67	2	-	-	117,97	-	-	-	-	118,07
Pz2015/11	109,38	2	107,77	107,34	107,53	103,73	102,58	103,18	107,44	107,69
Pz2015/12	110,07	2	107,92	107,92	107,60	106,66	107,20	107,69	107,46	107,84
Pz2015/13	110,93	2	105,75	108,42	108,03	-	-	-	-	104,12
Pz2015/B3	221,07	2	-	-	-	-	-	-	216,6	213,45

Legenda: evidenziati in **grigio** i livelli di falda più elevati rispetto la profondità di inizio dei filtri.

In concomitanza al campionamento delle acque sotterranee effettuato nelle diverse stazioni, sono stati determinati i seguenti parametri di campo: temperatura, potenziale redox e ossigeno disciolto (Tabella 2.5). Dai dati emerge quanto segue:

- la campagna estiva di agosto 2016 ha registrato le temperature più elevate rispetto le altre campagne, condotte in stagioni primaverili, autunnali ed invernali; nella suddetta campagna di indagine, le maggiori temperature sono state misurate in corrispondenza dei piezometri (Pz2015/1 e Pz2015/2) all'interno dell'area rimaneggiata, a conferma che le acque sotterranee contenute nell'area rimaneggiata sono di infiltrazione di acque superficiali che

nel periodo estivo assumono valori di temperatura superiori ai 20°C. Tutti gli altri valori registrati, compresi quelli in corrispondenza dei piezometri esterni, sono paragonabili a quelli di un'acqua di falda, sebbene con escursioni termiche non trascurabili, ovvero da 10,8°C a 16,4°C per i piezometri interni al sito e da 9,3°C a 18,0°C per i piezometri esterni al sito;

- il potenziale redox evidenzia una discreta variabilità tra le diverse campagne analitiche, a dimostrazione di una variabilità dello stato di ossidazione delle acque; si evidenzia in particolare la prevalenza di condizioni riducenti nella campagna di agosto 2016, con rilevazione di potenziale redox negativo in tutti i piezometri monitorati, e di condizioni ossidanti nella campagna di marzo 2016, con rilevazione di potenziale redox positivo in tutti i piezometri monitorati ad eccezione di Pz2015/12;
- rispetto al contenuto di ossigeno disciolto, si osservano condizioni ossidanti per tutte le campagne analitiche, con valore minimo di 2,55 mg/L rilevato nella campagna di novembre 2017 nel piezometro PZ2015/9, e valore massimo di 8,94 mg/L rilevato nella campagna di maggio 2018 nel piezometro PZ2015/8. In generale si osservano valori coerenti con quelli che si riscontrano nelle acque di falda più superficiale, ovvero ricchi di ossigeno disciolto, sia per l'apporto dall'acqua meteorica che si infila che per arricchimento nella zona insatura.

Tabella 2.5 Parametri chimico-fisici misurati in campo

Stazione	Temperatura (°C)						
	15/02/2016	14/03/2016	03/08/2016	08/11/2016	18/04/2017	21/11/2017	08/05/2018
P1/10	14,2	-	-	-	-	-	-
P1/13	14,1	-	-	-	-	-	-
P2/10	13,0	-	-	-	-	-	-
P3/10	9,8	-	-	-	-	-	-
P3/13	14,2	-	-	-	-	-	-
Pz2015/1	12,8	12,2	21,4	16,7	17,0	-	-
Pz2015/2	14,0	14,2	22,0	16,8	16,6	-	-
Pz2015/3	13,3	13,9	-	-	-	-	-
Pz2015/4	12,4	13,1	-	13,9	-	-	-
Pz2015/5	11,5	12,9	16,3	13,0	15,3	15,4	14,8
Pz2015/6	10,8	11,2	16,4	14,9	12,4	14,4	12,7
Pz2015/7	12,1	12,8	15,4	13,8	13,4	14,1	14,4
Pz2015/8	12,9	13,9	16,2	14,7	15,0	15,2	15,5
Pz2015/9	14,2	14,8	-	-	-	16,3	-
Pz2015/11	9,3	10,5	16,3	13,0	-	13,7	14,3
Pz2015/12	9,9	10,7	18,0	15,1	13,8	14,6	13,8
Pz2015/13	12,3	11,6	-	-	12,5	-	-
Pz2015/B3	-	-	-	-	-	14,9	-

Stazione	Potenziale Redox (mV)						
	15/02/2016	14/03/2016	03/08/2016	08/11/2016	18/04/2017	21/11/2017	08/05/2018
P1/10	-87	-	-	-	-	-	-
P1/13	61	-	-	-	-	-	-
P2/10	6	-	-	-	-	-	-
P3/10	35	-	-	-	-	-	-
P3/13	-37	-	-	-	-	-	-
Trincea	-34	-	-	-	-	-	-
Pz2015/1	85	124	-117	116	85	-	-
Pz2015/2	-74	23	-141	-178	-126	-	-
Pz2015/3	214	281	-	-	-	-	-
Pz2015/4	205	266	-	138	-	-	-
Pz2015/5	145	187	-150	11	114	33	89
Pz2015/6	103	142	-2,4	-31	39	20	29
Pz2015/7	124	175	-6,7	-128	-72	-93	-59
Pz2015/8	25	192	-24,2	-91	132	-69	44
Pz2015/9	157	162	-	-	-	46	-
Pz2015/11	122	75	-35	-63	-4	-37	-37
Pz2015/12	67	-2	-40	-57	157	27	-31
Pz2015/13	128	82	-	-	-	-	-
Pz2015/B3	-	-	-	-	-	49	-

Stazione	Ossigeno disciolto (mg/l)						
	15/02/2016	14/03/2016	03/08/2016	08/11/2016	18/04/2017	21/11/2017	08/05/2018
P1/10	4,37	-	-	-	-	-	-
P1/13	7,83	-	-	-	-	-	-
P2/10	6,33	-	-	-	-	-	-
P3/10	8,10	-	-	-	-	-	-
P3/13	4,61	-	-	-	-	-	-
Pz2015/1	3,97	6,00	3,23	3,61	2,84	-	-
Pz2015/2	3,30	4,94	7,71	3,97	6,96	-	-
Pz2015/3	5,80	6,42	-	-	-	-	-
Pz2015/4	3,23	6,03	-	3,18	-	-	-
Pz2015/5	5,00	6,72	7,91	4,58	4,69	5,14	8,72
Pz2015/6	4,23	6,00	7,07	3,74	7,18	3,52	4,11
Pz2015/7	5,15	5,17	6,99	3,41	7,18	2,9	3,64
Pz2015/8	3,27	4,84	7,1	3,53	4,21	2,8	8,94
Pz2015/9	3,21	4,52	-	-	-	2,55	-
Pz2015/11	3,10	6,68	7,15	4,08	7,19	4,37	3,38
Pz2015/12	7,42	6,98	6,74	4,06	4,06	3,18	4,49
Pz2015/13	6,59	6,71	-	-	-	-	-
Pz2015/B3	-	-	-	-	-	4,95	-

2.3. Regime pluviometrico nel periodo 2016-2018

I livelli delle acque sotterranee dipendono strettamente dalle condizioni climatiche e in particolare dal regime pluviometrico. Nelle Figure 2.3, 2.4, 2.5 si riporta la precipitazione cumulata su base giornaliera degli anni 2016, 2017 e primo semestre del 2018, rilevata da Arpae presso la stazione di Imola, dalla quale risulta che:

- le misure di febbraio 2016, marzo 2016, novembre 2016, novembre 2017 e maggio 2018 sono state precedute da un periodo caratterizzato da abbondanti precipitazioni.
- le misure di agosto 2016 e aprile 2017 sono state precedute da un periodo relativamente povero di precipitazioni.

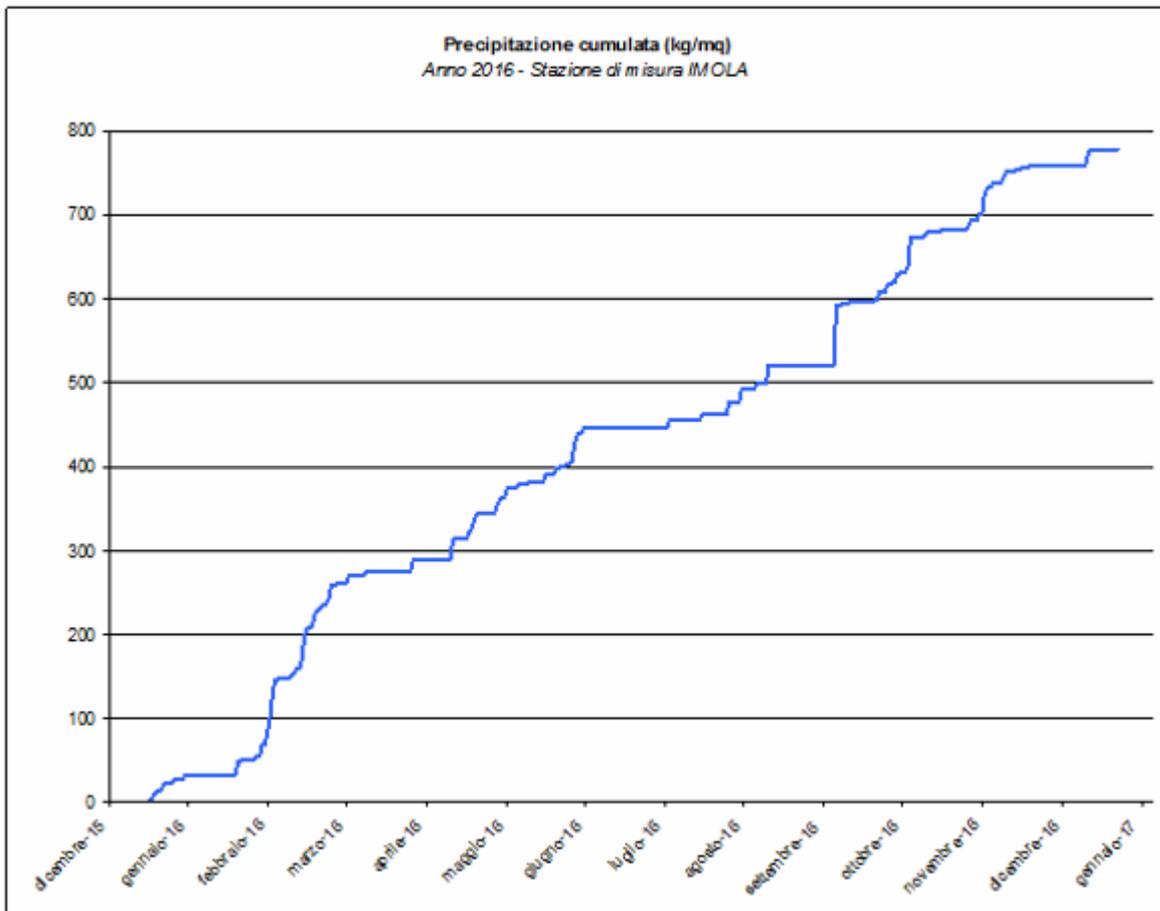


Figura 2.3 Precipitazione cumulata anno 2016 presso la stazione di misura di Imola (dati Arpa).

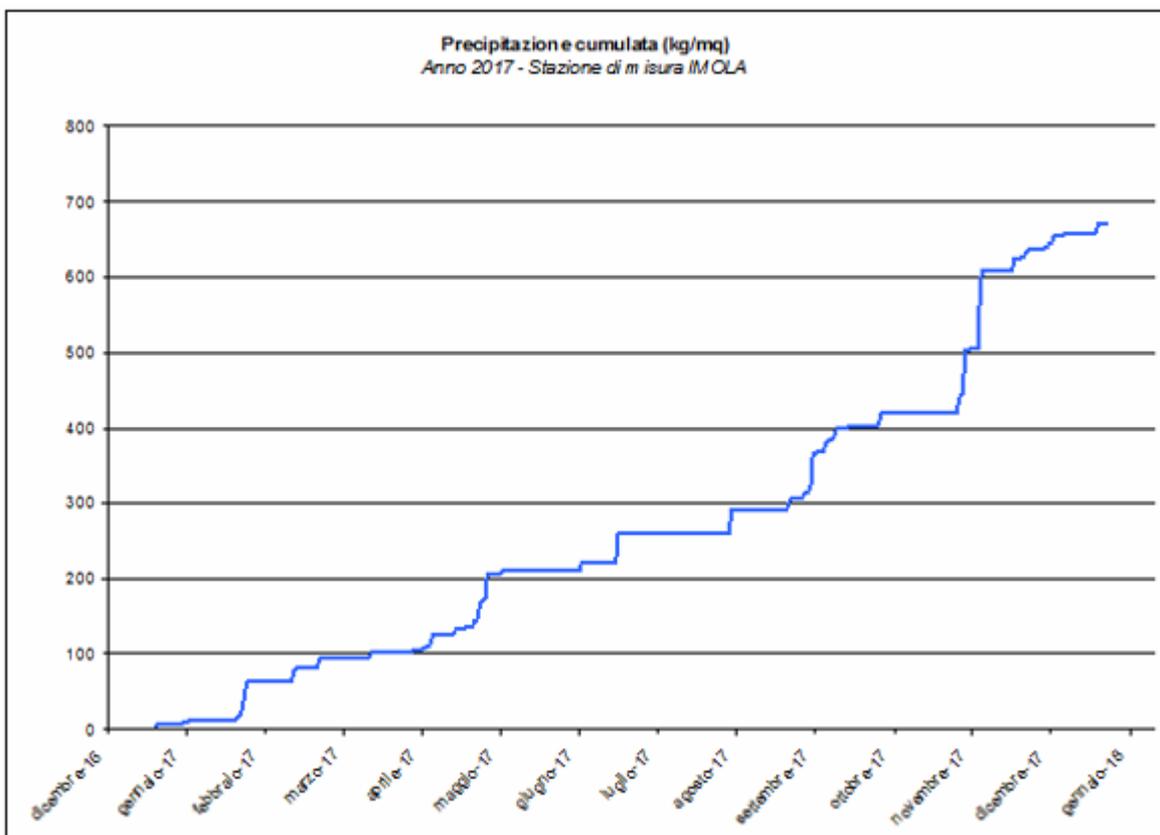


Figura 2.4 Precipitazione cumulata anno 2017 presso la stazione di misura di Imola (dati Arpa).

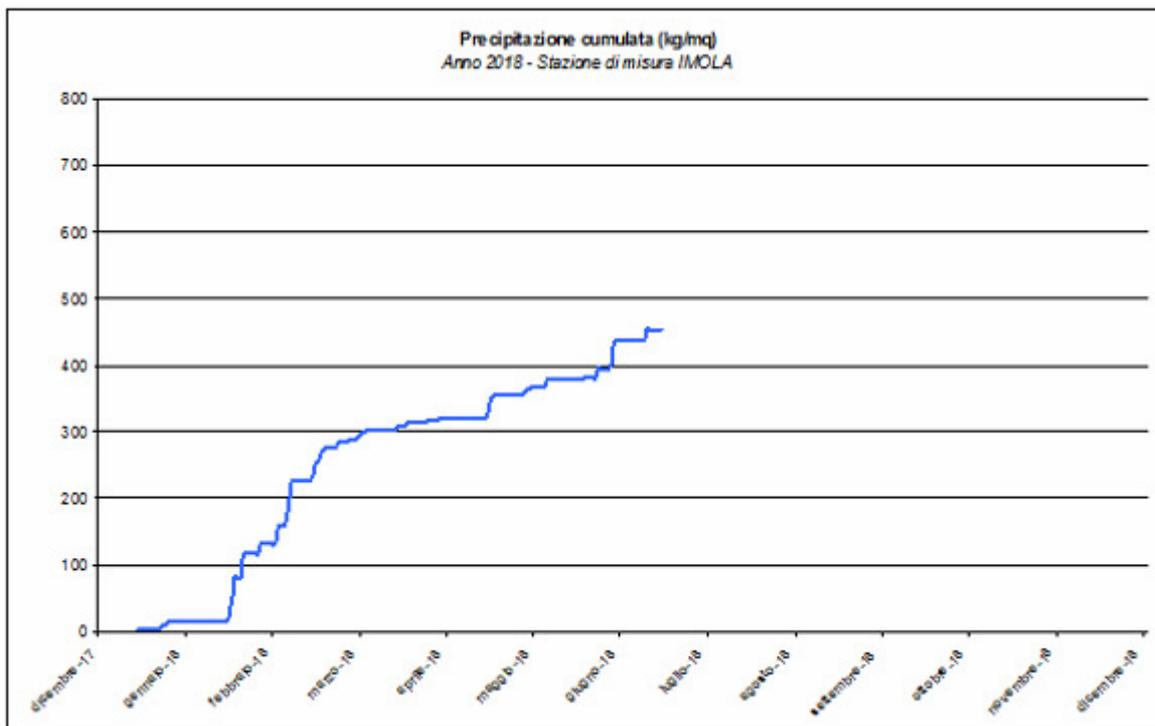


Figura 2.5 Precipitazione cumulata primo semestre anno 2018 presso la stazione di misura di Imola (dati Arpae)

3. Caratterizzazione del percolato e indicatori di contaminazione

La caratterizzazione chimica del percolato prodotto dalla discarica permette, tra le altre cose, anche l'individuazione dei parametri chimici indicatori - "marker" - delle potenziali contaminazioni nelle matrici suolo, acque sotterranee e acque superficiali nell'intorno della discarica stessa. La variabilità della composizione del percolato dipende da diversi fattori, in particolare connessi all'età della discarica, agli eventi meteorologici, alle caratteristiche del rifiuto conferito e dalle modalità di gestione (compattazione, grado di umidità del rifiuto) (Canziani e Cossu, 1989). Si premette che, per ragioni tecniche, il punto di campionamento è variato nelle diverse campagne di indagine, come indicato nella nota in calce alla tabella stessa, e che tale fattore può influire sulla variabilità del dato finale.

In Tabella 3.1 si riportano gli esiti analitici dei monitoraggi sul percolato condotti da ArpaE dal 2016. Il percolato risulta caratterizzato da valori di pH lievemente basici e di composizione chimica relativamente costante, in termini di rapporti tra i diversi elementi, evidenziando solo variazioni di concentrazione nel tempo attribuibili al diverso grado di diluizione che è funzione del regime pluviometrico e della relativa infiltrazione delle acque meteoriche nel corpo di discarica.

Tutte le campagne analitiche hanno confermato l'assenza di cianuri, nitriti, cadmio, mercurio, cromo VI e selenio, a fronte di concentrazioni significative di arsenico, piombo, nichel e boro. Si osserva inoltre una presenza non trascurabile di fenoli (in particolare di metil fenoli), con la sola eccezione dell'ultima campagna analitica di maggio 2018 in cui per la prima volta si osserva una concentrazione di fenoli inferiore al limite di quantificazione della metodica.

La campagna analitica di novembre 2017 mostra un incremento notevole della concentrazione di ferro, pari a circa un ordine di grandezza; analogamente a quanto riportato per le acque sotterranee, tale aumento è presumibilmente imputabile ai lavori di risistemazione dell'area delle vasche di stoccaggio percolato, nonché alle condizioni particolarmente siccitose precedenti la data di campionamento, anche in considerazione delle maggiori concentrazioni di metalli pesanti in stretta relazione con il ferro (cromo, zinco, rame, nichel). Tale evidenza trova riscontro anche negli autocontrolli effettuati dal Gestore.

La campagna analitica di maggio 2018 mostra, rispetto allo storico rilevato, concentrazioni inferiori per diversi parametri, quali Conducibilità, COD, numerosi metalli (Mn, Ni, Zn, Cr, Fe, B, Mo, Ba, Va) e fenoli. Tale condizione pare ascrivibile ad una "diluizione" del percolato da parte delle acque meteoriche, dovuta alle abbondanti precipitazioni verificatesi nei giorni antecedenti il campionamento (in data 01/05/2018 si è registrata una precipitazione cumulata di 8,8 kg/m², il 02/05/2018 di 17,4 ed il 03/05/2018 di 10,8). Tale ipotesi risulta confermata dai riscontri isotopici, per i quali si rimanda al capitolo successivo.

Il confronto delle concentrazioni dei diversi parametri chimici con quelle riscontrate in discariche simili presenti in provincia di Bologna (ArpaE Sezione di Bologna, 2016) e con i valori noti in bibliografia (Christensen et al., 2001), non evidenzia differenze significative.

In merito ai fenoli si osserva che le concentrazioni sono in linea con l'età della discarica e il relativo stadio di biostabilizzazione (anaerobico metanogeno). I fenoli sono infatti presenti nel percolato di discariche di rifiuti solidi urbani, contenuti nei prodotti chimici industriali e sono generalmente utilizzati come disinfettanti nei prodotti commerciali, in cui sono contenuti in basse concentrazioni, si degradano e tendono a diminuire come concentrazione nel percolato con il passare del tempo.

Tabella 3.1 Caratterizzazione chimica del percolato della discarica Tre Monti

Parametro	UdM	Data di campionamento Arpae				
		15/02/2016*	14/03/2016*	03/08/2016***	18/04/2017**	08/05/2018***
pH	unità di pH	8,3	8,0	8,3	8,1	8,3
Conducibilità a 20°C	µS/cm	22'600	15'270	18'700	31'700	16410
Alcalinità	mg/L		12'236	13'531	36'941	12'715
COD (O ₂)	mg/L	6130	4260	6500	6010	3190
BOD ₅ (O ₂)	mg/L	1593	-	-	468	457
Azoto ammoniacale (NH ₄ ⁺)	mg/L	2900	1950	2110	2690	2070
Nitriti (NO ₂)	µg/L	<30	<30	<30	<30	< 20
Azoto nitrico (N)	mg/L	<0,2	3,9	0,4	7	2,2
Cloruri (Cl ⁻)	mg/L	2689	1500	3074	2690	2247
Solfati (SO ₄)	mg/L	119	329	659	280	188
Cianuri liberi (CN)	µg/L	<10	<10	<10	<10	<30
Arsenico (As)	µg/L	235	138	227	410	149
Rame (Cu)	µg/L	51	19	54	622	25
Piombo (Pb)	µg/L	33	11	14	67	12
Cadmio (Cd)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	< 0,5
Manganese (Mn)	µg/L	335	443	303	400	205
Mercurio (Hg)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	< 0,5
Nichel (Ni)	µg/L	476	252	434	770	219
Zinco (Zn)	µg/L	450	342	556	1303	125
Cromo VI (Cr)	µg/L	<2	<2	<2	<2	< 2
Cromo totale (Cr)	µg/L	3648	1670	2820	5139	1430
Stagno (Sn)	µg/L	2015	396	219	-	-
Selenio (Se)	µg/L	<5	<5	<5	<5	< 5
Ferro (Fe)	µg/L	7'336	8'432	5'225	59'270	2'824
Boro (B)	µg/L	10'492	6'011	16'950	27'444	11'322
Molibdeno (Mo)	µg/L	2160	<5	8	46	21
Vanadio (V)	µg/L	251	129	238	453	155
Bario (Ba)	µg/L	1161	693	1102	1739	887
Magnesio (Mg)	mg/L	-	92,3	120	158	99,1
Calcio (Ca)	mg/L	-	114	70,4	183	79,1
Sodio (Na)	mg/L	-	1'648	2'515	2591	2161
Potassio (K)	mg/L	-	836	1273	1328	949
2-Clorofenolo	µg/L	2,1	6,0	1,3	2,1	< 0,1
2,4-Diclorofenolo	µg/L	1,4	4,0	1,1	<0,1	< 0,1
2,4,6-Triclorofenolo	µg/L	0,2	1,5	0,6	<0,1	< 0,1
Pentaclorofenolo	µg/L	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	< 0,1
Fenolo	µg/L	64	465	62	130	< 0,1
2 metil fenolo	µg/L	107	141	57	52,9	< 0,1
3 metil fenolo	µg/L	35	131	27	42,8	< 0,1
4 metil fenolo	µg/L	29	192	96	149	< 0,1

Note: (*) campionato direttamente in vasca di stoccaggio (V3/V4)
(**) campionato nei serbatoi di stoccaggio a valle del percolato dotto (depuratore Santerno)
(***) campionato nei serbatoi di stoccaggio a monte del percolato dotto

4. Sintesi del chimismo delle acque sotterranee e superamenti delle CSC

L'analisi riportata in questo paragrafo rappresenta una sintesi di quanto già pubblicato da Arpae Servizio Territoriale nelle note di aggiornamento periodico trasmesse ad Arpae SAC, Comune di Imola ed AUSL di Imola (Arpae Emilia-Romagna, 2018a).

I monitoraggi effettuati sulle acque sotterranee dei piezometri interni all'area rimaneggiata, ovvero in prossimità delle vasche di stoccaggio V1 e V2, presentano un profilo analitico caratterizzato da alti valori dei parametri caratteristici di inquinamento organico (quali conducibilità elettrica, COD, Azoto ammoniacale), riconducibile quindi alle perdite di percolato, e valori medi superiori alle CSC per nitriti e solfati. Il pH si attesta su valori più marcatamente alcalini rispetto ai valori medi rilevati nel percolato e ciò è determinato dalla presenza di terre stabilizzate a calce che costituiscono il piede dell'argine di valle della discarica.

In termini di superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) delle stazioni interne all'area rimaneggiata, si riscontra:

- nichel nelle stazioni P1/10, P1/13, P2/10, P3/13 e Pz2015/2, Pz2015/3;
- arsenico in tutte le stazioni ad eccezione del P3/10;
- cromo esavalente in tutte le stazioni ad eccezione di P1/10, P1/13, Pz2015/1-2-3, per i quali invece la concentrazione è sempre risultata inferiore al limite di quantificazione;
- boro per le stazioni P2/10, P3/10, Pz2015/1-3-4;
- fenoli, nella forma di clorofenoli e di metil fenoli, in tutte le stazioni interne all'area rimaneggiata, ad eccezione di Pz2015/3; si segnala in proposito che nel corso della campagna di marzo 2016 è stato rilevato il superamento della CSC per il parametro pentaclorofenolo in riferimento ai pozzi P2/10, P3/10, P1/13.

Le stazioni ancora interne al sito, ma all'esterno dell'area rimaneggiata, presentano valori medi di pH meno alcalini rispetto ai pozzi interni all'area rimaneggiata, con valori caratteristici di acque sotterranee. I valori medi di conducibilità risultano invece dello stesso ordine di grandezza di quelli in zona rimaneggiata, mentre risultano mediamente inferiori le concentrazioni medie di COD ed azoto ammoniacale. Si osservano, inoltre, concentrazioni medie superiori alle CSC per i seguenti parametri:

- boro, solfati e manganese, con superamenti diffusi in tutte le stazioni;
- nichel e arsenico nella stazione Pz2015/7;
- nitriti nelle stazioni Pz2015/5 e Pz2015/9;
- ferro, limitatamente alle ultime due campagne di indagine.

Non si rileva presenza significativa di fenolo e clorofenoli per nessuna delle stazioni interne al sito ma esterne all'area rimaneggiata, solo nei Pz2015/5 e Pz2015/7 si riscontrano valori di poco superiori al limite di quantificazione ma ben lontani dalle relative CSC.

I piezometri esterni al sito di discarica e ubicati in prossimità del Rio Rondinella, presentano valori medi di pH, conducibilità, COD ed azoto ammoniacale comparabili con i piezometri esterni all'area rimaneggiata; si osservano concentrazioni medie superiori alle CSC per le seguenti sostanze:

- solfati e manganese per tutti e tre i piezometri indagati;
- boro, con superamenti diffusi per tutti e tre i piezometri indagati;
- nichel nel solo piezometro Pz2015/12;
- ferro, limitatamente alle ultime due campagne di indagine.

La presenza di fenoli è stata rilevata in due campagne (febbraio 2016-novembre 2017) nel solo piezometro Pz2015/11, con valori pari al limite di quantificazione della metodica, quindi significativamente molto inferiori alla CSC stabilita per legge.

In Tabella 4.1 si riportano i valori di concentrazione minimi e massimi rilevati per gli inquinanti ritenuti maggiormente significativi, distinguendo tra i valori rilevati nel percolato, piezometri interni alla discarica in area rimaneggiata, piezometri interni alla discarica ma al di fuori dell'area rimaneggiata e piezometri esterni alla discarica.

Tabella 4.1 Concentrazioni min-max rilevate in percolato e acque sotterranee

		Percolato	Piezometri in area rimaneggiata	Piezometri interni	Piezometri esterni
pH	u pH	8 - 8,3	7,7 - 11,1	6,9 - 8,1	6,9 - 7,9
Azoto Ammoniacale	mg/L	1950 - 2900	1,2 - 155	0,22 - 11,1	1,1 - 29
Nitriti (NO ₂)	µg/L	<30	30 - 5480	20 - 5714	26 - 335
Solfati (SO ₄)	mg/L	119 - 659	301 - 2504	73 - 2280	592 - 3355
Arsenico (As)	µg/L	138 - 410	8 - 143	5 - 24	5 - 9
Boro (B)	µg/L	6'011 - 27'444	291 - 2600	579 - 3634	838 - 5033
Cromo VI (Cr)	µg/L	<2	2 - 12	3 - 4	<2
Cromo totale (Cr)	µg/L	1430 - 5139	5 - 12	7 - 8	<5
Ferro (Fe)	µg/L	2'824 - 59'270	5 - 46	7 - 9140	5 - 3950
Manganese (Mn)	µg/L	205 - 443	5 - 98	29 - 2847	128 - 1995
Nichel (Ni)	µg/L	219 - 770	10 - 1104	5 - 66	8 - 37
Piombo (Pb)	µg/L	11 - 67	< 5	< 5	< 5
Fenolo	µg/L	0,1 - 465	0,2 - 7943	0,1 - 2,1	< 0,1

Dall'analisi dei dati sopra riportati si osserva che il percolato è caratterizzato da pH basico, elemento da ritenersi positivo per i presidi di impermeabilizzazione della discarica. Passando dall'area rimaneggiata all'esterno della discarica, il pH delle acque sotterranee assume valori inferiori, avvicinandosi sempre più alla neutralità.

Il percolato è caratterizzato da elevate concentrazioni di metalli pesanti quali arsenico, piombo, nichel e cromo; la concentrazione di questi metalli diminuisce passando dalla zona rimaneggiata all'esterno della discarica. Stesse considerazioni per i fenoli.

Per quanto riguarda solfati e manganese, invece, si osservano concentrazioni in aumento dai piezometri interni a quelli esterni alla discarica rispetto a concentrazioni più basse presenti nel percolato. Ciò conferma l'esclusione di solfati e manganese dal set dei parametri marker di contaminazione, la cui presenza nelle acque sotterranee si ipotizza determinata da cause naturali, qualora i successivi campionamenti confermino gli andamenti ad oggi rilevati. Si riportano nelle Figure 4.1 e 4.2 gli andamenti delle concentrazioni di solfati e manganese rilevate nei piezometri esterni alla discarica, dalle quali emergono concentrazioni costantemente superiori alle CSC definite da legge, e il numero ridotto di misure non permette al momento di individuare un trend statisticamente significativo.

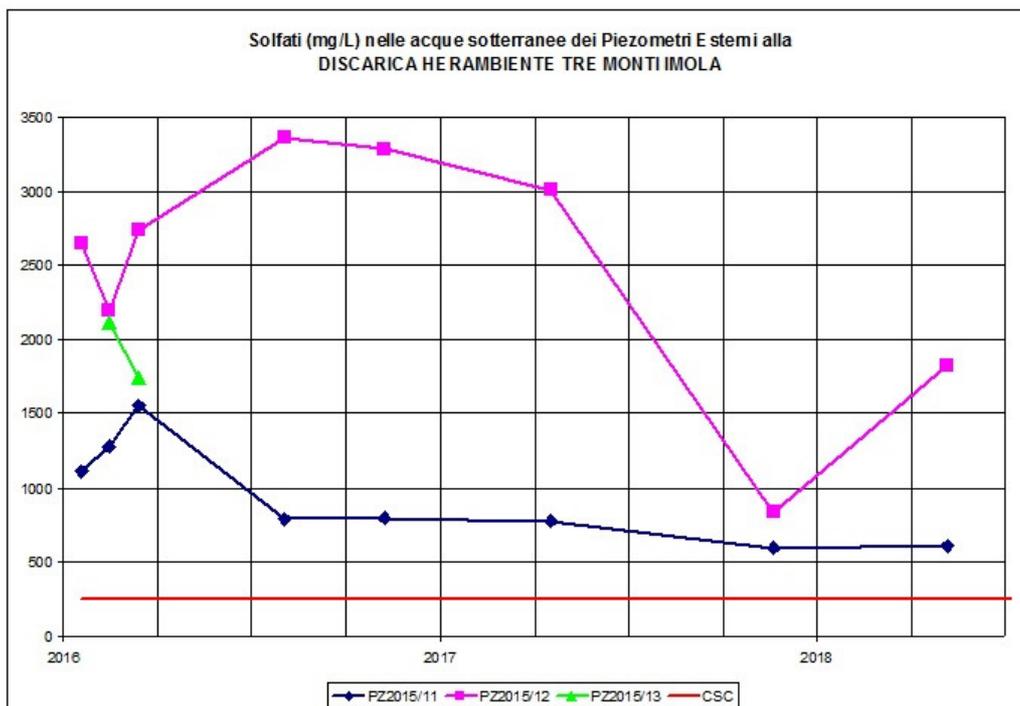


Figura 4.1 Andamento della concentrazione di solfati nei piezometri esterni alla discarica Tre Monti

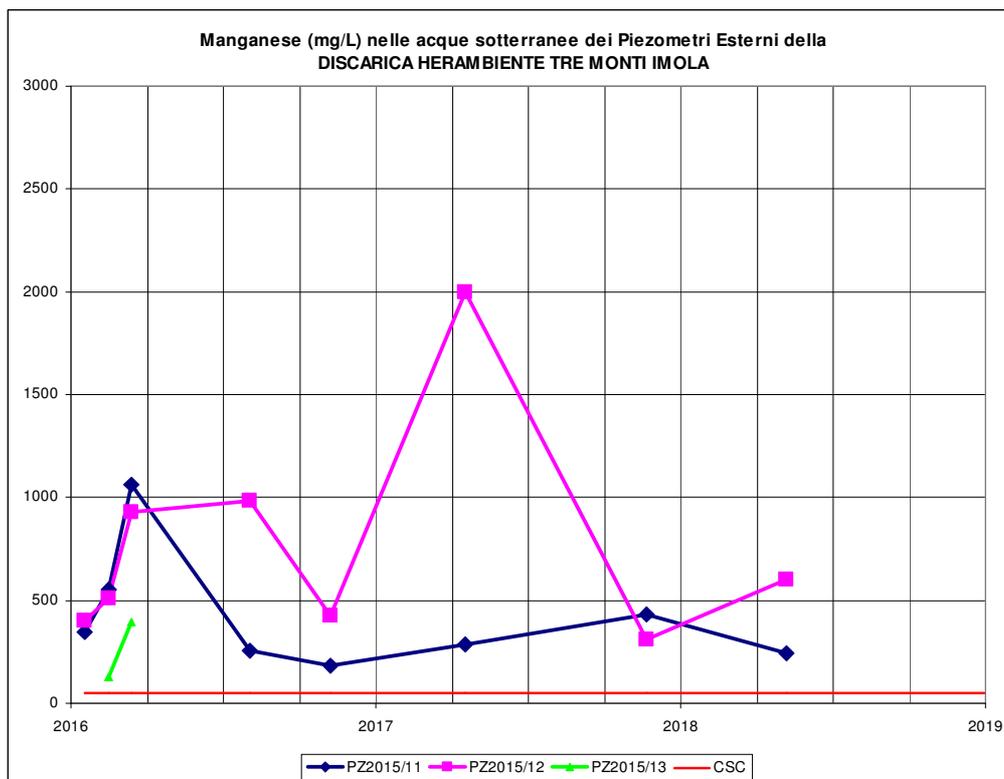


Figura 4.2 Andamento della concentrazione di manganese nei piezometri esterni alla discarica Tre Monti

L'aumento delle concentrazioni di boro dalla zona interna alla discarica a quella esterna, risultando inoltre un parametro marker di contaminazione considerando gli elevati tenori presenti nel

percolato, è stato spiegato nel documento Arpae (Arpae Emilia-Romagna, 2017a), attraverso una caratterizzazione isotopica del boro che risulta presente naturalmente nella matrice solida. In merito, infine, al diffuso aumento delle concentrazioni di ferro, registrato nelle ultime due campagne di monitoraggio, si presume che tale fenomeno sia connesso alla movimentazione di sedimenti avvenuta nel corso dei lavori di risistemazione dell'area delle vasche di stoccaggio percolato, e non sia connesso a interazioni del sistema delle acque sotterranee con il percolato, anche in considerazione degli esiti dei monitoraggi isotopici, per i quali si rimanda allo specifico capitolo nel seguito della presente relazione. Il trend delle concentrazioni di ferro nelle acque sotterranee sarà comunque da valutare a seguito dei prossimi monitoraggi, al fine di disporre di una base dati idonea alle valutazioni. Con i dati disponibili è possibile osservare in Figura 4.3 la relazione del ferro con il contenuto di ossigeno disciolto nei 3 piezometri esterni alla discarica (Pz2015/11-12-13) dove risulta evidente che il piezometro Pz2015/12 presenta un incremento del ferro nell'ultimo campionamento a fronte di una riduzione progressiva del contenuto di ossigeno disciolto, che favorisce la stabilità del ferro disciolto in falda.

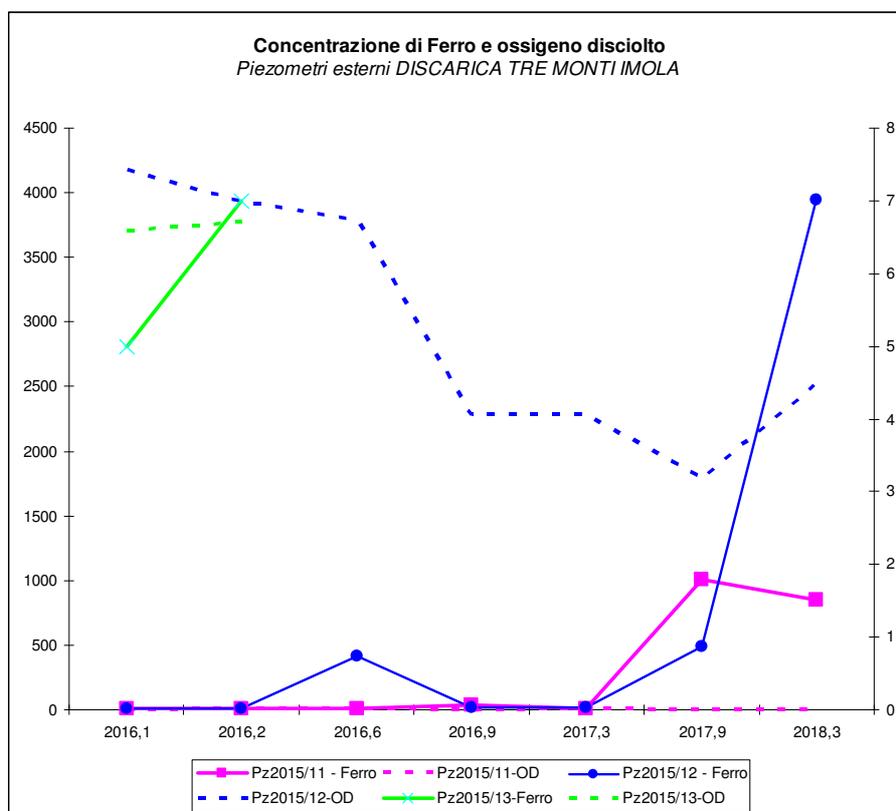


Figura 4.3 – Correlazione tra concentrazione di ferro e ossigeno disciolto

Nell'ultima campagna analitica del 2017 è stato possibile procedere al campionamento del piezometro denominato Pz2015/B3, uno dei tre piezometri definiti di "bianco", realizzati in area esterna alla discarica e considerati rappresentativi delle caratteristiche naturali del sito. Dalle stratigrafie dei sondaggi presentate da Herambiente SpA, si osserva che, per il piezometro Pz2015/B3, i primi 2 m di terreno attraversato corrispondono ad un'area rimaneggiata, e non si esclude pertanto che il riempimento del piezometro possa avvenire per effetto dell'infiltrazione di acque meteoriche nello strato rimaneggiato delle argille, in un intorno del piezometro. Le indagini condotte a novembre 2017 su tale piezometro evidenziano concentrazioni inferiori alle CSC per tutti i parametri, con la sola eccezione del ferro, che come già accennato è stato rilevato, in tutti i punti di indagine, in concentrazioni maggiori rispetto allo storico.

5. Facies idrochimica delle acque sotterranee

5.1. Ricostruzione delle facies idrochimiche

Le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee sono influenzate da diversi fattori, tra cui:

- composizione della roccia-serbatoio;
- interazione acqua-roccia;
- condizioni idrodinamiche esistenti nell'acquifero;
- tempi di residenza nel sottosuolo;
- condizioni di temperatura e pressione in acquifero;
- fenomeni di mescolamento tra acque a differente chimismo.

La determinazione analitica dei cationi e anioni nei campioni di acque consente di determinare, sulla base della coppia catione-anione predominante, la "facies chimica" dell'acqua, intesa come la famiglia geochemica di appartenenza dell'acqua; nelle Tabelle 5.1-5.2 si riportano gli esiti analitici dei parametri aggiuntivi sia per la determinazione della facies idrochimica che ulteriori traccianti di contaminazione, rilevati sui piezometri per l'anno 2017 e nel primo semestre dell'anno 2018.

Tabella 5.1 Esiti analitici dei parametri aggiuntivi sui campioni di acque sotterranee - piezometri interni alla discarica

		Alcalinità	Calcio	Magnesio	Sodio	Potassio	Bario (Ba)	Molibdeno	Vanadio
		(Ca(HCO ₃) ₂)	(Ca)	(Mg)	(Na)	(K)	(Ba)	(Mo)	(V)
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
PZ2015/5	18/04/2017	1064	85,4	108	1502	63,4	51	5	<5
	21/11/2017	281	35,1	8,2	140	22,7	32	6	17
	08/05/2018	1152	90,6	126	1331	64,8	85	33	<5
PZ2015/6	18/04/2017	1053	355	181	632	26,6	24	<5	<5
	21/11/2017	672	88,1	64,5	294	50,5	30	<5	<5
	08/05/2018	908	193	132	527	23,1	34	9	<5
Pz2015/7	18/04/2017	1378	334	294	860	104	61	38	<5
	21/11/2017	847	194	122	432	23,8	53	<5	<5
	08/05/2018	1060	164	125	485	59,2	98	<5	<5
Pz2015/8	18/04/2017	1140	193	171	617	54,5	50	9	<5
	21/11/2017	898	121	94,4	389	38,7	41	<5	<5
	08/05/2018	1119	219	109	497	34	96	<5	<5
PZ2015/9	21/11/2017	217	44,5	5,5	90,4	14,5	31	7	6

Tabella 5.2 Esiti analitici dei parametri aggiuntivi sui campioni di acque sotterranee - piezometri esterni alla discarica

		Alcalinità	Calcio	Magnesio	Sodio	Potassio	Bario	Molibdeno	Vanadio
		Ca(HCO ₃) ₂	(Ca)	(Mg)	(Na)	(K)	(Ba)	(Mo)	(V)
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
PZ2015/11	18/04/2017	103	126	2317	86,2	1338	74	<5	<5
	21/11/2017	82,1	57,3	628	55,5	777	27	<5	<5
	08/05/2018	118	73,4	543	56,8	914	72	<5	<5
PZ2015/12	18/04/2017	604	605	1570	81,1	1253	21	11	<5
	21/11/2017	213	147	409	41,7	694	44	<5	<5
	08/05/2018	426	344	1096	65,9	959	71	<5	<5
PZ2015/B3	21/11/2017	53,8	26,9	186	19,8	636	18	<5	<5

L'identificazione della facies idrochimica del campione d'acqua permette di ricavare importanti informazioni relativamente ai meccanismi di circolazione sotterranea e sull'idrodinamica degli acquiferi. La maggior parte degli ioni è presente in acqua a seguito della dissoluzione di sali e di fenomeni di scambio ionico da parte di minerali argillosi presenti nel terreno; per queste motivazioni, campioni di acqua di falda prelevati dallo stesso bacino idrogeologico sono caratterizzati, in genere, dalla stessa facies idrochimica.

La facies chimica identificativa viene attribuita sulla base dell'anione predominante che funge da sostantivo, cui si aggiunge un aggettivo che indica il tipo di catione dominante. Esistono 4 facies chimiche principali (Civita, 2005) Figura 5.1: bicarbonato-calcica, solfato-calcica, cloruro-alcaina e bicarbonato-alcaina.

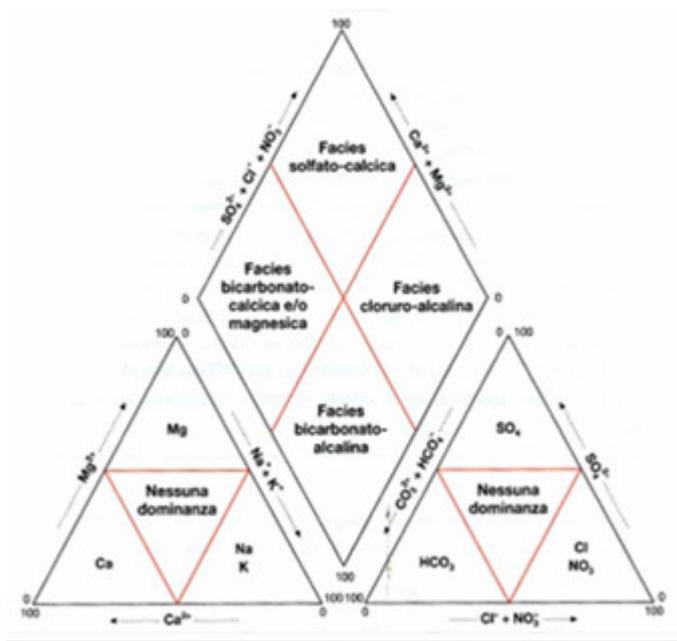


Figura 5.1 Esempio di diagramma di Piper (da Civita, 2005)

Il diagramma di Piper, schematizzato in Figura 5.1, esprime ciascuna concentrazione come percentuale del contributo totale di ioni presenti in soluzione e permette di riassumere i risultati relativi ai maggiori ioni in soluzione per i campioni raccolti, attraverso un rombo al disotto del quale vi sono due triangoli equilateri, uno rappresentativo dei cationi e uno degli anioni.

I punti rappresentativi dell'analisi sono localizzati all'interno del diagramma, sia nella losanga che nei triangoli equilateri, tenendo conto che ogni lato è suddiviso in 100 parti: l'osservazione contestuale della localizzazione di un punto di analisi consente la caratterizzazione dell'acqua campionata, al fine di distinguere la presenza di più sorgenti e valutare gli effetti del loro mescolamento.

Per completezza di informazione si precisa che l'alcalinità determinata nei campioni di acqua esprime la somma di carbonati e bicarbonati, pertanto la ripartizione tra ione carbonato e bicarbonato è stata calcolata considerando le condizioni di equilibrio al valore di pH rilevato nell'acqua sotterranea, come da funzione rappresentata in Figura 5.2.

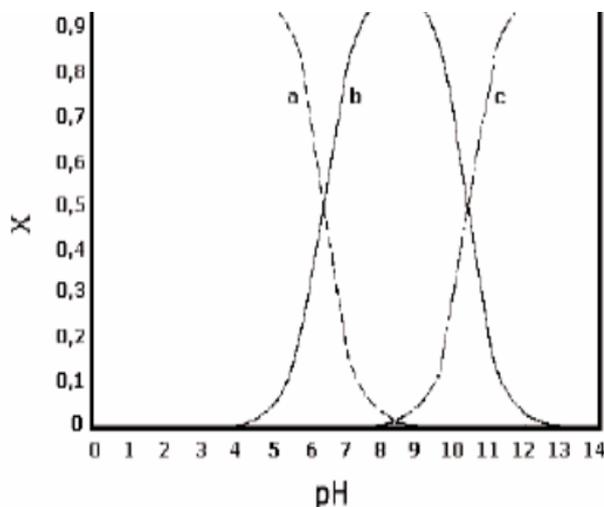


Figura 5.2 Equilibrio di carbonati e bicarbonati in acqua in funzione del pH (da APAT, 2003)

Si riportano di seguito i diagrammi di Piper relativi ai piezometri analizzati nelle campagne di indagine 2017-2018, elaborati con software GW_chart (USGS, versione 1.29).

Rispetto a quanto già evidenziato nella precedente relazione (Arpae Emilia-Romagna, 2017a) relativamente ai campionamenti del 2016, anche per il 2017-2018 il diagramma di Piper conferma per le acque sotterranee l'attribuzione della facies solfato clorurato alcalina, nonché la predominanza di sodio e potassio nei cationi; relativamente agli anioni, si osserva la predominanza dei solfati per Pz2015/6 e Pz2015/7, e dei cloruri per Pz2015/11, prossimo al Rio Rondinella, nella campagna del 18/04/2017, come da tendenza già osservata nelle due precedenti campagne del 2016.

Per il percolato si conferma invece la facies bicarbonato-alkalina, con predominanza di sodio e potassio per i cationi gli anioni e bicarbonato per gli anioni i cationi.

Alcune differenze composizionali di facies idrochimica nelle 3 campagne possono essere determinate dal regime pluviometrico precedente i diversi momenti di campionamento: aprile 2017 è stato preceduto da ridotte precipitazioni, mentre novembre 2017 e maggio 2018 da abbondanti precipitazioni, in una delle quali è stato possibile trovare acqua da campionare nei piezometri esterni di bianco.

In generale si conferma quindi che le facies idrochimiche delle acque sotterranee nelle diverse zone limitrofe alla discarica non hanno subito modifiche significative nel tempo, tenendo conto degli effetti indotti dalle variazioni stagionali determinate dal diverso regime pluviometrico. Si conferma la stabilità nel tempo della caratterizzazione idrochimica del percolato, come osservato nel 2016, differenziata da quella delle acque sotterranee.

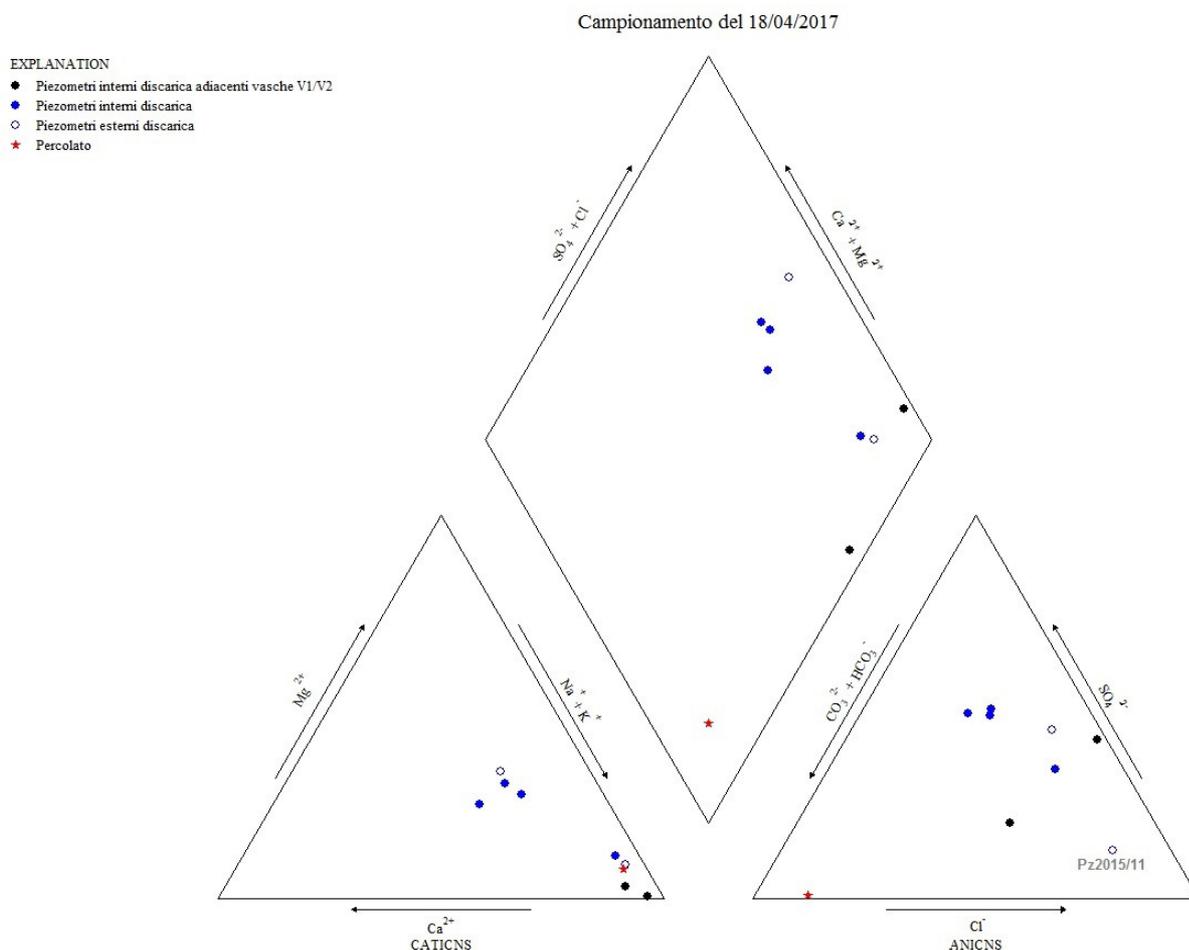


Figura 5.3 Diagramma di Piper relativo alla campagna del 18/04/2017

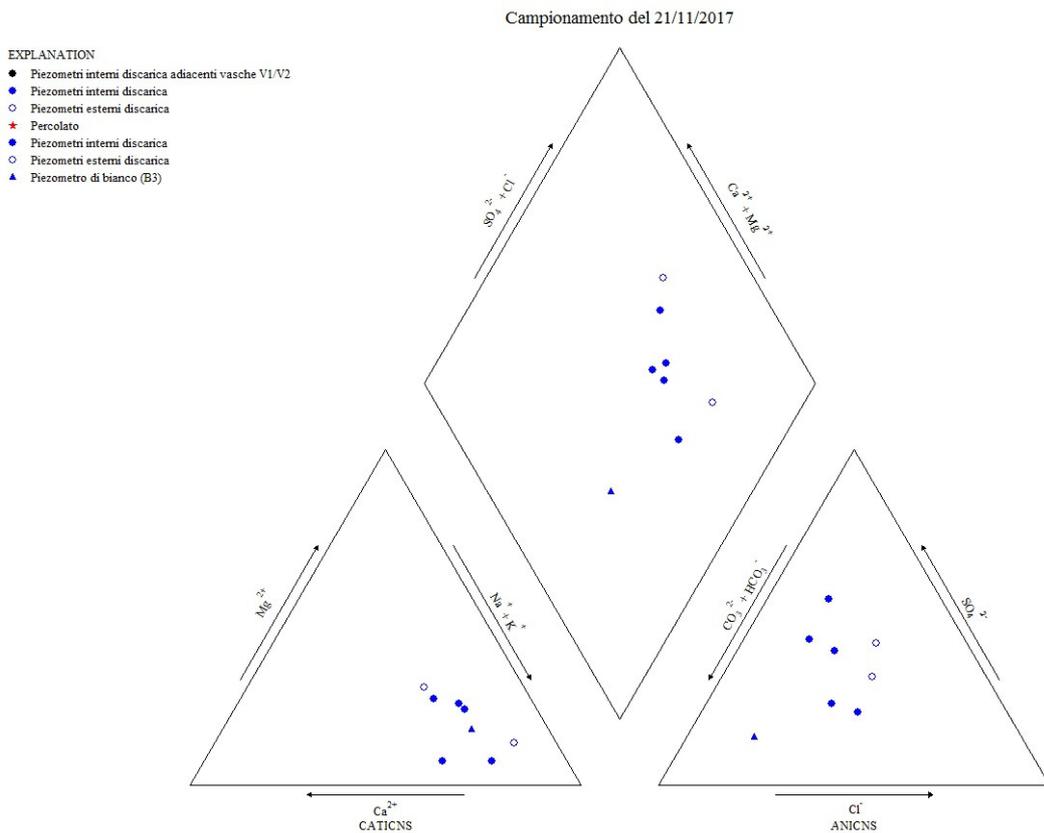


Figura 5.4 Diagramma di Piper relativo alla campagna del 21/11/2017

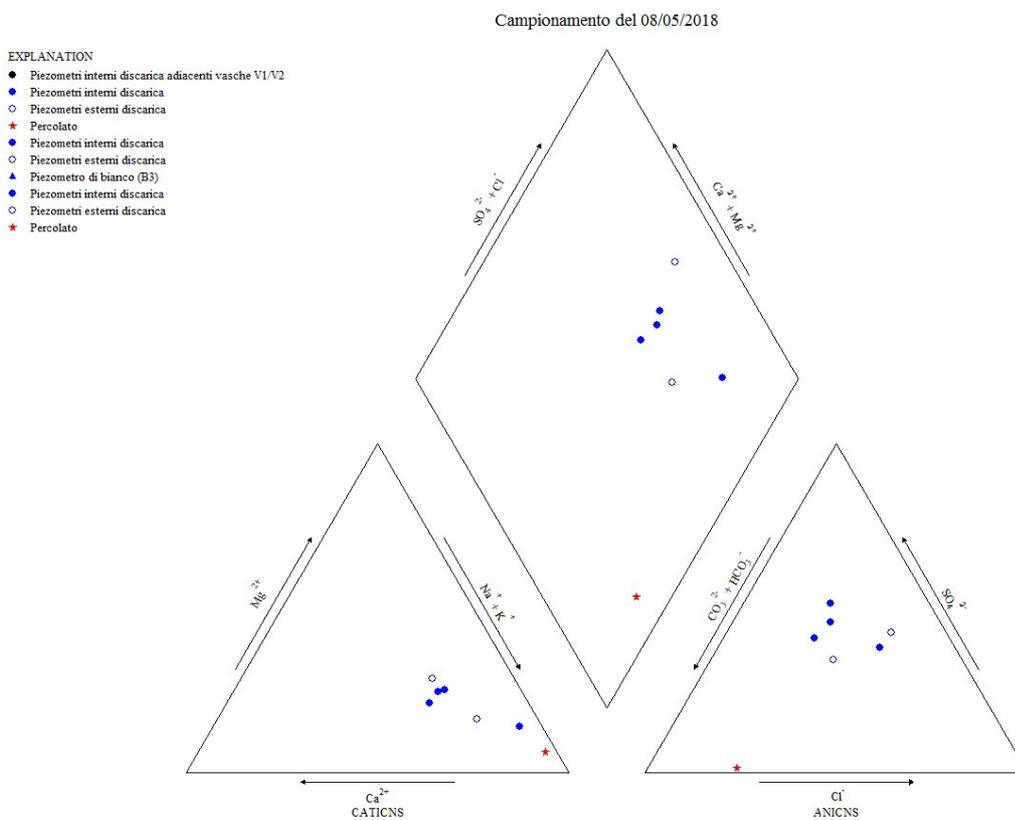


Figura 5.5 Diagramma di Piper relativo alla campagna del 08/05/2018

6. Qualità delle acque superficiali del Rio Rondinella

Il deflusso superficiale delle acque meteoriche dell'area di discarica viene drenato dal Rio Rondinella, che ha origine poco a monte della discarica dove il bacino imbrifero, di ridotte dimensioni drena le acque meteoriche di ruscellamento degli adiacenti terreni agricoli, e che confluisce, circa 4 km più a valle, in corrispondenza dell'abitato di Imola, nel torrente Santerno come affluente di destra.

Al fine di valutare il potenziale impatto della discarica sul Rio Rondinella, l'autorizzazione AIA prescrive, nella sezione del Piano di Monitoraggio e Controllo, a carico del Gestore, il monitoraggio periodico (bimestrale) della qualità delle acque superficiali del Rio Rondinella, attraverso un campionamento in due punti, uno a monte ed uno a valle della confluenza, nel Rio stesso, di due scoline, denominate Canala Nord e Canala Sud. Non essendo stati fissati dalla vigente normativa valori di qualità dei reticoli superficiali quali il Rio Rondinella, l'approccio di tipo qualitativo indicato in AIA è volto a verificare che non vi siano differenze di concentrazioni significative tra acque prelevate nel punto di monte e di valle, rispetto alla discarica, tenendo comunque presente la variabilità a cui sono soggette le acque superficiali anche in relazione ai diversi regimi pluviometrici stagionali o annuali.

Ancorché il Piano di Monitoraggio e Controllo prevedesse esclusivamente autocontrolli a carico del Gestore, anche per gli anni 2017 e 2018, Arpaè ha proseguito ad attuare il protocollo di campionamento periodico del Rio Rondinella avviato nel 2015-2016, comprendente sia parametri di caratterizzazione chimica che isotopica. Il suddetto protocollo viene applicato a quattro punti di campionamento:

- PUNTO 1 Monte uscita bacini: punto collocato in uscita da due bacini artificiali creati sul Rio Rondinella, a circa 550 metri a monte del Comparto Polifunzionale di Trattamento Rifiuti;
- PUNTO 2 Monte discarica: punto collocato circa 20 m a monte dell'impianto di discarica e nello specifico a monte dell'immissione nel Rio della Canala Sud proveniente dalla discarica stessa;
- PUNTO 3 Valle discarica : punto collocato circa 20-30 m a valle dell'impianto di discarica e nello specifico a valle dell'immissione nel Rio della Canala Nord proveniente dalla discarica stessa;
- PUNTO 4 Via Ghiandolino, angolo Via Rondinelle: punto collocato a valle del Comparto Polifunzionale di Trattamento Rifiuti; ad una distanza in linea d'aria di circa 2.500 metri dallo stesso.

La localizzazione dei suddetti punti di monitoraggio viene schematizzata in *Figura 6.1*. La frequenza di monitoraggio, stabilita mensile da protocollo, è stata fortemente condizionata dalla persistente siccità, registrata in particolare nel periodo estivo e autunnale. Per il dettaglio degli esiti del monitoraggio qualitativo del Rio Rondinella si rimanda alle relazioni già pubblicate sul sito web dell'Agenzia (Arpaè Emilia-Romagna, 2018). Le indagini chimiche dell'anno 2017 hanno evidenziato concentrazioni di Nitriti generalmente superiori nei punti di valle rispetto ai punti di monte della discarica Herambiente Spa, e che rispetto tale andamento sono attualmente in corso ulteriori accertamenti.



Figura 6.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio delle acque superficiali del Rio Rondinella

Ai fini dell'analisi del chimismo e origine delle acque sotterranee, si riportano nelle Figure 6.2-6.3-6.4-6.5 gli andamenti delle concentrazioni nelle acque superficiali di solfati, ferro, boro e manganese, in quanto sono i parametri per i quali si sono più frequentemente osservati superamenti delle CSC nelle acque sotterranee.

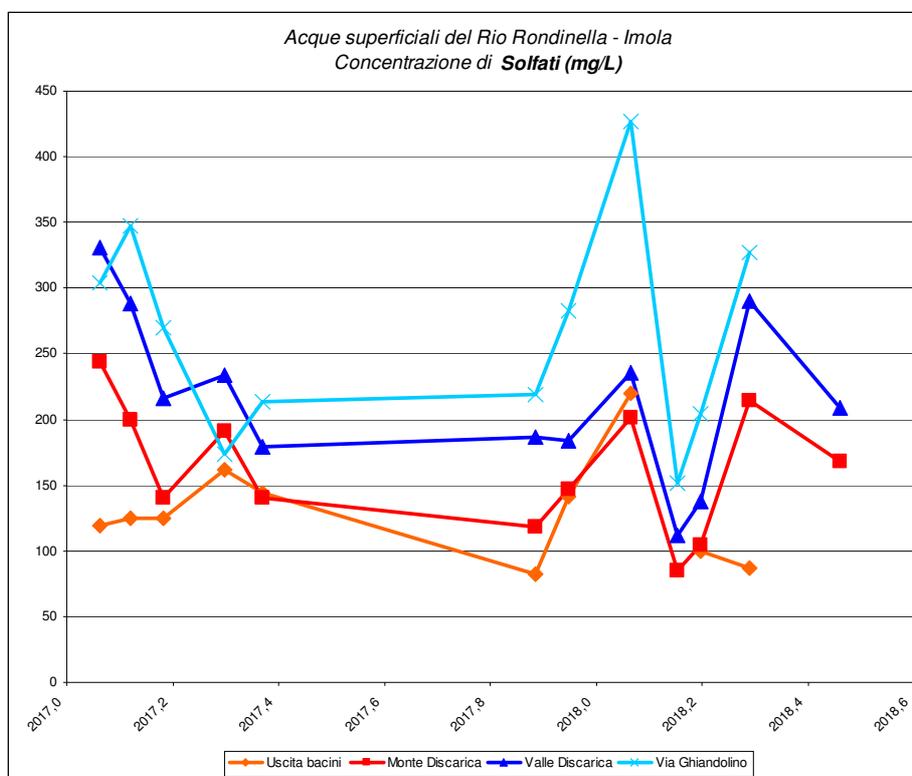


Figura 6.2 Concentrazione di Solfati nelle acque superficiali del Rio Rondinella

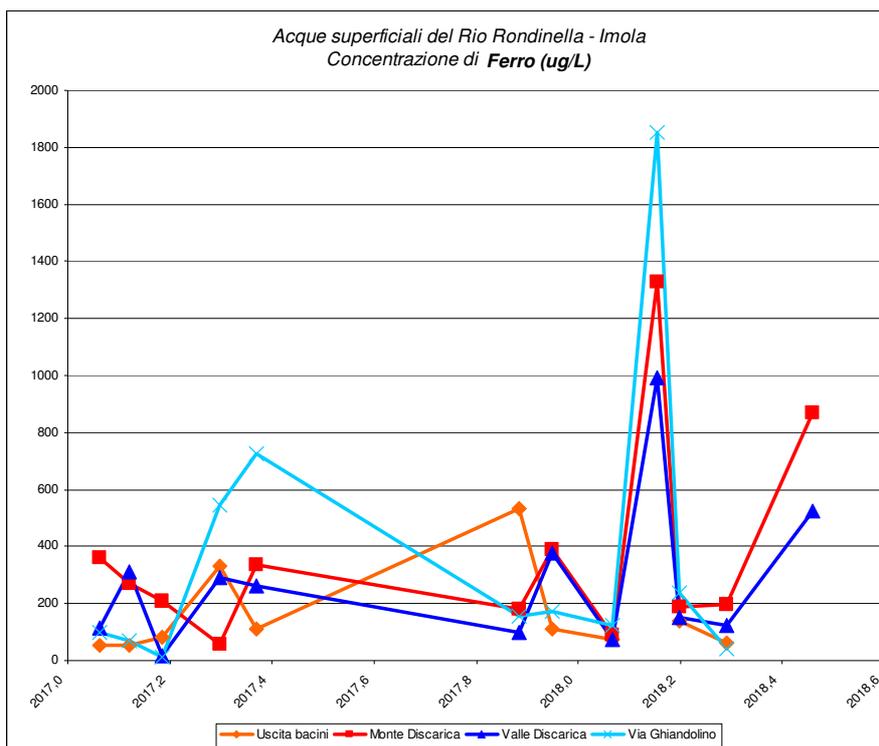


Figura 6.3 Concentrazione di Ferro nelle acque superficiali del Rio Rondinella

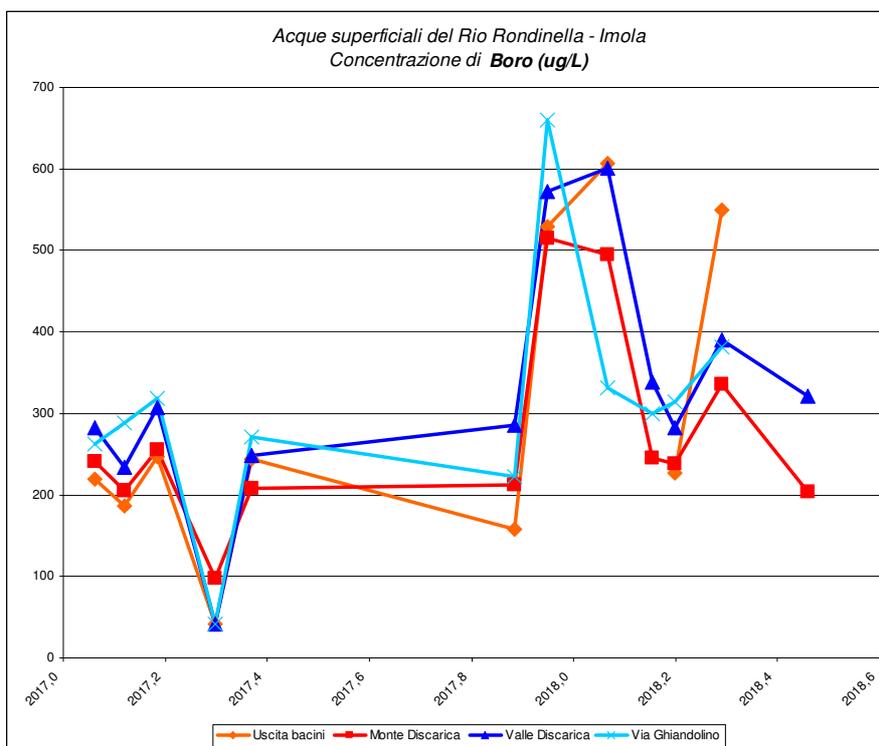


Figura 6.4 Concentrazione di Boro nelle acque superficiali del Rio Rondinella

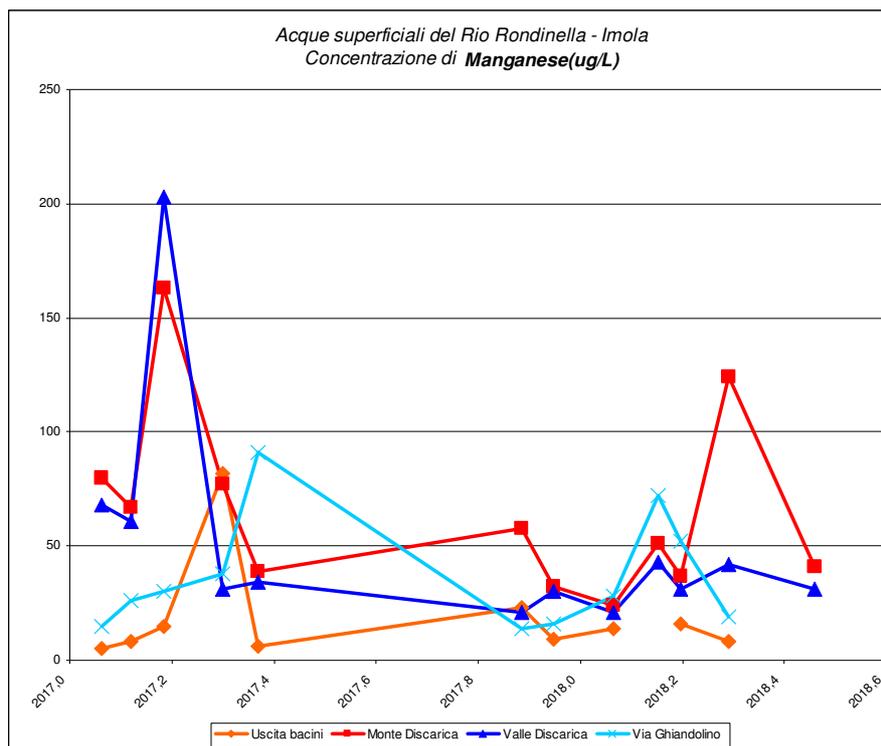


Figura 6.5 Concentrazione di Manganese nelle acque superficiali del Rio Rondinella

Osservando gli andamenti temporali delle diverse sostanze considerate, si osserva:

- le concentrazioni dei quattro parametri analizzati, solfati, ferro, boro e manganese, non evidenziano trend significativi nel tempo;
- i solfati evidenziano un incremento di concentrazione da monte a valle, le differenze tra le concentrazioni rilevate nei singoli punti di campionamento tendono a mantenersi pressoché costanti nel tempo, a parte il valore massimo del gennaio 2018 raggiunto nel punto di campionamento in Via Ghiandolino;
- il boro presenta concentrazioni simili nei diversi punti di campionamento con una leggera tendenza all'aumento procedendo verso valle. Anche nel tempo l'andamento è pressoché costante a parte i valori massimi rilevati per tutti i punti di campionamento nel dicembre 2017 e gennaio 2018, dove il valore massimo è rappresentato dal punto di Via Ghiandolino; nella campagna di aprile 2018, inoltre, la concentrazione di boro risulta più elevata nel punto a monte del comparto di trattamento rifiuti denominato Uscita Bacini;
- il ferro evidenzia un significativo incremento delle concentrazioni nella campagna di febbraio 2018, per i tre punti campionati (Monte, Valle e Via Ghiandolino), mentre nell'ultima campagna del 2018 il valore nel punto a monte della discarica è maggiore di quello a valle della stessa discarica;
- il manganese risulta avere escursioni più contenute rispetto i precedenti parametri, con l'eccezione dei picchi di concentrazione rilevati nel marzo 2017 per i punti di Monte e Valle e per aprile 2018 per il punto di Monte; si osserva inoltre come le concentrazioni registrate nel punto di Monte siano costantemente più elevate di quelle rilevate nel punto di Valle, con la sola eccezione della determinazione del marzo 2017.

7. Caratterizzazione isotopica

Le indagini isotopiche condotte nel corso dell'anno 2016 hanno permesso di confermare il potenziale percorso di migrazione delle acque sotterranee nell'area rimaneggiata vicino le vasche V1 e V2, nonché evidenziare eventuali interazioni antropiche con il sistema delle acque sotterranee; per maggiori dettagli si rimanda alla relazione Arpae pubblicata sul sito web dell'Agenzia.

Nel 2017 e 2018 è proseguito il monitoraggio isotopico dell'ossigeno (^{18}O e ^{16}O) e dell'idrogeno (^1H e ^2H - deuterio), sempre con la finalità di ottenere un quadro conoscitivo di maggiore accuratezza rispetto ai soli parametri chimici per la valutazione di eventuali interazioni tra percolato e acque sotterranee e superficiali; al paragrafo che segue si riporta l'aggiornamento dei dati isotopici al primo semestre 2018. Il monitoraggio isotopico è stato pertanto effettuato sui campioni disponibili di acque sotterranee, acque superficiali e di percolato.

Le aliquote dei campioni destinate alle indagini isotopiche, per determinazione analitica di $\delta^{18}\text{O}$ e δD , è avvenuta contestualmente a quella delle aliquote destinate all'analisi chimica, raccolte in contenitori in polietilene, con sottotappo di sicurezza e tappo a vite, di capacità massima 200 ml. Le determinazioni analitiche di $\delta^{18}\text{O}$ e δD sono state eseguite dal Laboratorio Tematico Arpae della Sezione di Piacenza, mediante spettrometro di massa per misure di alta precisione delle abbondanze isotopiche relative di $\delta^{18}\text{O}$ e δD , con riferimento per entrambi allo standard V-SMOW $\pm 0,15\text{‰}$.

Nella valutazione del monitoraggio isotopico di seguito illustrato per le acque sotterranee e superficiali, si riporta anche l'esito isotopico del percolato, che costituisce riferimento per l'individuazione dell' "impronta del percolato" da utilizzare come confronto sia per le acque sotterranee che superficiali.

Occorre ricordare che in discariche di rifiuti solidi urbani, il processo di metanogenesi, mediato da batteri, è causa di *arricchimento del deuterio* nel percolato: il percolato risulta generalmente caratterizzato da valori δD di circa -15‰ , in quanto, nel corso delle reazioni di metanogenesi, i microrganismi usano preferibilmente la molecola più leggera dell'idrogeno (^1H) per la produzione del metano (CH_4), comportando un conseguente arricchimento di deuterio nell'acqua residuale. Considerato che la discarica è un ambiente semichiuso, con infiltrazione e circolazione limitata di acqua, i valori del deuterio nel percolato tendono ad arricchirsi nel tempo, col procedere della metanogenesi; per tale arricchimento, il deuterio costituisce nella maggior parte dei casi un tracciante utile a determinare eventuali stati di contaminazione delle acque sotterranee e superficiali adiacenti e drenanti l'area di discarica.

7.1. Acque sotterranee

Le campagne di monitoraggio isotopico di ossigeno e deuterio nei campioni di acque sotterranee e percolato si riferiscono ai campionamenti del 18/04/2017, 21/11/2017 e 08/05/2018. Gli esiti delle suddette campagne sono riassunti in *Tabella 7.1* ed in *Figura 7.1*, rispettivamente in termini di $\delta^{18}\text{O}$ e δD , e di grafico $\delta^{18}\text{O}/\delta\text{D}$, sul quale sono state riportate le rette che indicano la composizione media delle acque meteoriche a scala mondiale (MWL) e per il nord Italia (NIMWL).

Per il fenomeno di arricchimento in deuterio del percolato descritto precedentemente, ci si attende che in un grafico $\delta^{18}\text{O}/\delta\text{D}$, i valori tipici del percolato si posizionino in una zona significativamente più in alto rispetto le rette standard delle precipitazioni, che rappresentano acque con composizione isotopica naturale di ossigeno e deuterio. In altre parole, le acque campionate rappresentate da punti scostati verso la medesima direzione del punto rappresentativo del percolato, ovvero caratterizzate da maggiori valori di δD , indicano una potenziale "impronta" di contaminazione da percolato.

Tabella 7.1 Esiti delle analisi isotopiche di ossigeno e deuterio nelle acque sotterranee e percolato

	18/04/17		21/11/17		08/05/18	
	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)
Percolato	-5,06	2,4	-	-	-6,89	-33,8
Pz2015/1	-6,4	-37,7	dismesso		dismesso	
Pz2015/2	-5,47	-38,4	dismesso		dismesso	
Pz2015/3	-	-	dismesso		dismesso	
Pz2015/4	-	-	dismesso		dismesso	
Pz2015/5	-7,1	-43,7	-8,94	-61,5	-7,09	-47,6
Pz2015/6	-7,74	-47,8	-7,94	-53,7	-7,84	-51,2
Pz2015/7	-7,4	-45,8	-10,01	-67	-9,97	-69,4
Pz2015/8	-8,34	-53,8	-11,39	-77,4	-10,07	-69,6
Pz2015/9	-	-	-11,32	-77,8	-	-
Pz2015/11	-6,01	-37,7	-9,11	-59,8	-8,34	-53,9
Pz2015/12	-7,24	-46,8	-10,72	-72,5	-8,56	-54,2
Pz2015/B3	-	-	-	-	-	-

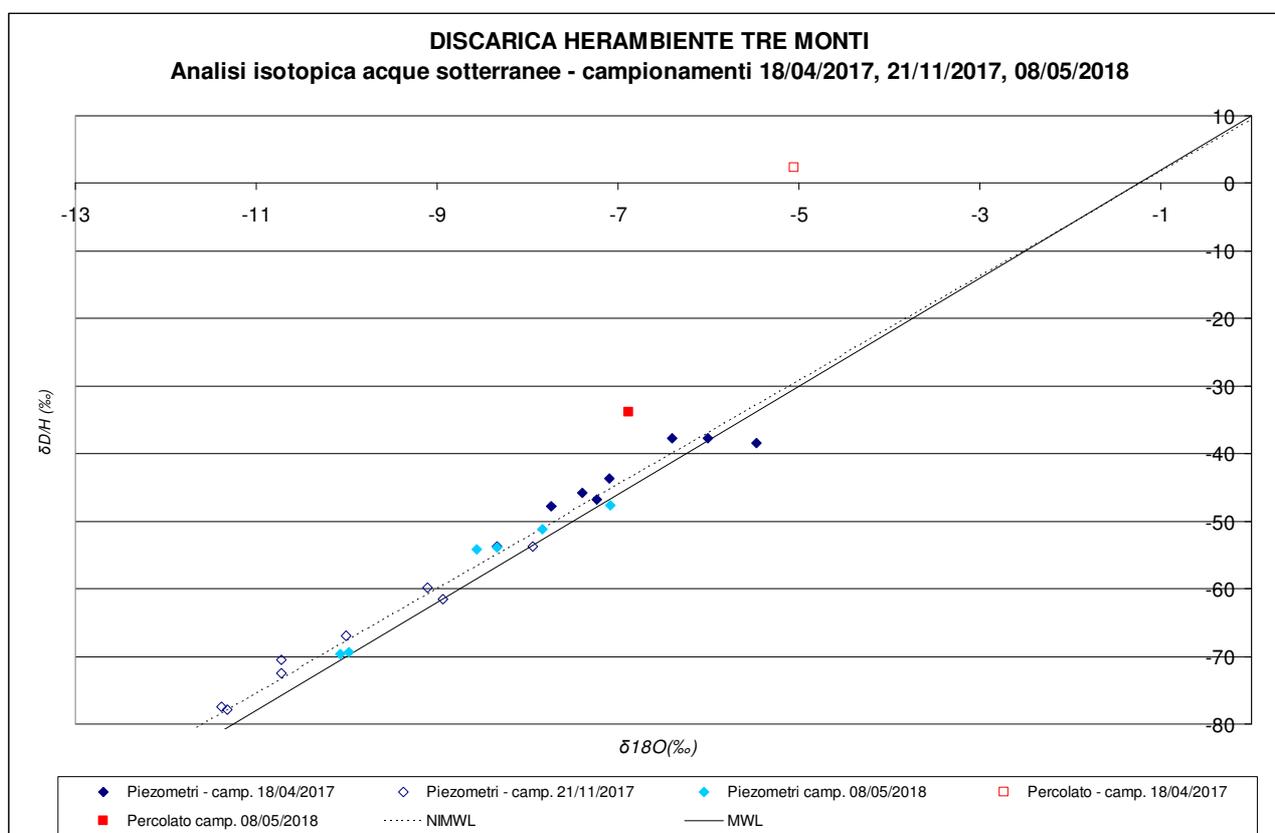


Figura 7.1 Determinazioni isotopiche di ossigeno e deuterio nelle acque sotterranee e nel percolato anni 2017-2018

In analogia a quanto già riscontrato per l'anno 2016, anche per gli anni 2017-2018 si osserva, in tutte le campagne analitiche, che i valori riferiti al percolato risultano distanti da entrambe le rette standard delle acque meteoriche, in coerenza con l'atteso fenomeno di arricchimento in deuterio. Per l'anno 2018, nonostante si confermi un arricchimento significativo in deuterio del percolato rispetto le acque sotterranee, rispetto al passato l'arricchimento è meno marcato per effetto della diluizione del percolato con acque meteoriche come già evidenziato nell'analisi della composizione chimica del percolato stesso.

Le acque sotterranee mostrano invece, per le diverse campagne di monitoraggio, valori decisamente prossimi alle rette standard delle acque meteoriche. Lo scostamento maggiore in termini assoluti è stato rilevato nella campagna del 18/04/2017 nel piezometro Pz2015/2; scostamenti su tale piezometro sono stati osservati anche nelle precedenti campagne analitiche, ma essendo imputabili a valori inferiori di δD , quindi non riconducibili ad un'interazione delle acque

sotterranee con il percolato, ma piuttosto a fenomeni di evaporazione oppure alle condizioni di equilibrio solido-liquido governate da pH alcalini per la presenza in profondità, alla base dell'argine della discarica, di materiali stabilizzati a calce.

7.2. Acque superficiali

Analogamente a quanto riportato al paragrafo 6 in riferimento al monitoraggio qualitativo del corpo idrico superficiale, anche per il monitoraggio isotopico si è stabilita una frequenza di monitoraggio mensile, fortemente condizionata dalla persistente siccità, registrata in particolare nel periodo estivo e autunnale del 2017. In *Tabella 7.2* si riporta lo schema riassuntivo dei punti di monitoraggio campionati nelle diverse campagne.

Tabella 7.2: Schema riassuntivo monitoraggio acque superficiali Rio Rondinella

Stazione di monitoraggio	Punto 1 Uscita bacini	Punto 2 Monte discarica	Punto 3 Valle discarica	Punto 4 Via Ghiandolino
24/01/2017	X	X	X	X
14/02/2017	X	X	X	X
09/03/2017	X	n.c.	n.c.	X
20/04/2017	X	X	X	X
16/05/2017	X	X	X	X
20/11/2017	X	X	X	X
13/12/2017	X	X	X	X
25/01/2018	X	X	X	X
26/02/2018	n.c.	X	X	X
14/03/2018	X	X	X	X
17/04/2018	X	X	X	X
18/06/2018	n.c.	X	X	n.c.

In *Tabella 7.3* e *Figura 7.2* si riportano gli esiti delle indagini isotopiche effettuate sulle acque superficiali del Rio Rondinella.

In analogia a quanto già riscontrato per l'anno 2016, anche per il 2017 e per il 2018 si osserva una sostanziale aderenza alla composizione isotopica delle acque superficiali alle rette standard delle acque meteoriche (MWL e NIMWL). Il maggiore scostamento in termini assoluti si osserva per il punto "Uscita bacini" nel campionamento del 24/01/2018, che graficamente presenta il tipico pattern dovuto a fenomeni di evaporazione che hanno interessato i bacini a monte della discarica a seguito di un relativo prolungato periodo senza precipitazioni.

Tra le campagne di monitoraggio eseguite in periodo invernale ed estivo si osserva in particolare uno "spostamento" verso valori maggiori, ovvero più positivi, di $\delta^{18}\text{O}$ e δD ; tale fenomeno è probabilmente legato alla differente temperatura di formazione delle precipitazioni, essendo il frazionamento isotopico dipendente dalla temperatura: le precipitazioni che avvengono nei mesi freddi sono caratterizzate da composizioni isotopiche più negative, mentre le acque meteoriche durante i mesi caldi risultano arricchite in isotopi più pesanti e quindi più positive.

Tale fenomeno è visibile anche nelle acque sotterranee (vedi *Figura 7.1*) tra le campagne di aprile e novembre 2017, avvalorando la tesi che le acque sotterranee del sito di discarica siano costituite prevalentemente dalle stesse acque meteoriche di infiltrazione che poi interagiscono con la matrice geologica.

Analogamente a quanto osservato per le acque sotterranee, la composizione del percolato risulta significativamente diversa rispetto a tutti i punti di monitoraggio delle acque superficiali, ed anche in questo caso non si evidenziano situazioni di composizione isotopica intermedia tra quella del percolato e quelle disposte lungo la composizione delle acque meteoriche, e pertanto, anche per le acque superficiali non si riscontra l'"impronta isotopica" del percolato.

Tabella 7.3: Esiti delle analisi isotopiche di ossigeno e deuterio nelle acque superficiali del Rio Rondinella

Data campionamento		Punto di monitoraggio			
		Uscita bacini	Monte discarica	Valle discarica	Via Ghiandolino
24/01/2017	$\delta^{18}O$ (‰)	-4,49	-5,74	-6,1	-6,59
	δD (‰)	-36,1	-39	-38,6	-40,4
14/02/2017	$\delta^{18}O$ (‰)	-6,24	-6,82	-6,92	-7
	δD (‰)	-43,6	-44,6	-45	-44,7
09/03/2017	$\delta^{18}O$ (‰)	-6,68	-	-	-7,08
	δD (‰)	-47	-	-	-47,9
20/04/2017	$\delta^{18}O$ (‰)	-5,91	-6,49	-7,63	-7,89
	δD (‰)	-39,1	-39,4	-45	-47,9
16/05/2017	$\delta^{18}O$ (‰)	-5,85	-5,74	-5,67	-6,64
	δD (‰)	-41,9	-40,1	-40,8	-47,3
20/11/2017	$\delta^{18}O$ (‰)	-9,8	-9,3	-9,04	-8,36
	δD (‰)	-68,3	-64,4	-62,8	-57,5
13/12/2017	$\delta^{18}O$ (‰)	-10,18	-9,81	-9,65	-8,74
	δD (‰)	-68,5	-65,2	-64,2	-57,1
25/01/2018	$\delta^{18}O$ (‰)	-9,47	-8,52	-8,49	-8,18
	δD (‰)	-63,4	-55,3	-53,9	-52,1
26/02/2018	$\delta^{18}O$ (‰)	-	-12,43	-12,24	-11,49
	δD (‰)	-	-82,3	-80,6	-76,4
14/03/2018	$\delta^{18}O$ (‰)	-11,80	-11,06	-11,00	-10,34
	δD (‰)	-80,3	-72,9	-73,6	-68,6
17/04/2018	$\delta^{18}O$ (‰)	-10,52	-9,23	-8,95	-8,63
	δD (‰)	-70,6	-59,5	-56,4	-54,7
18/06/2018	$\delta^{18}O$ (‰)	-	-8,69	-7,47	-
	δD (‰)	-	-57,9	-53,9	-

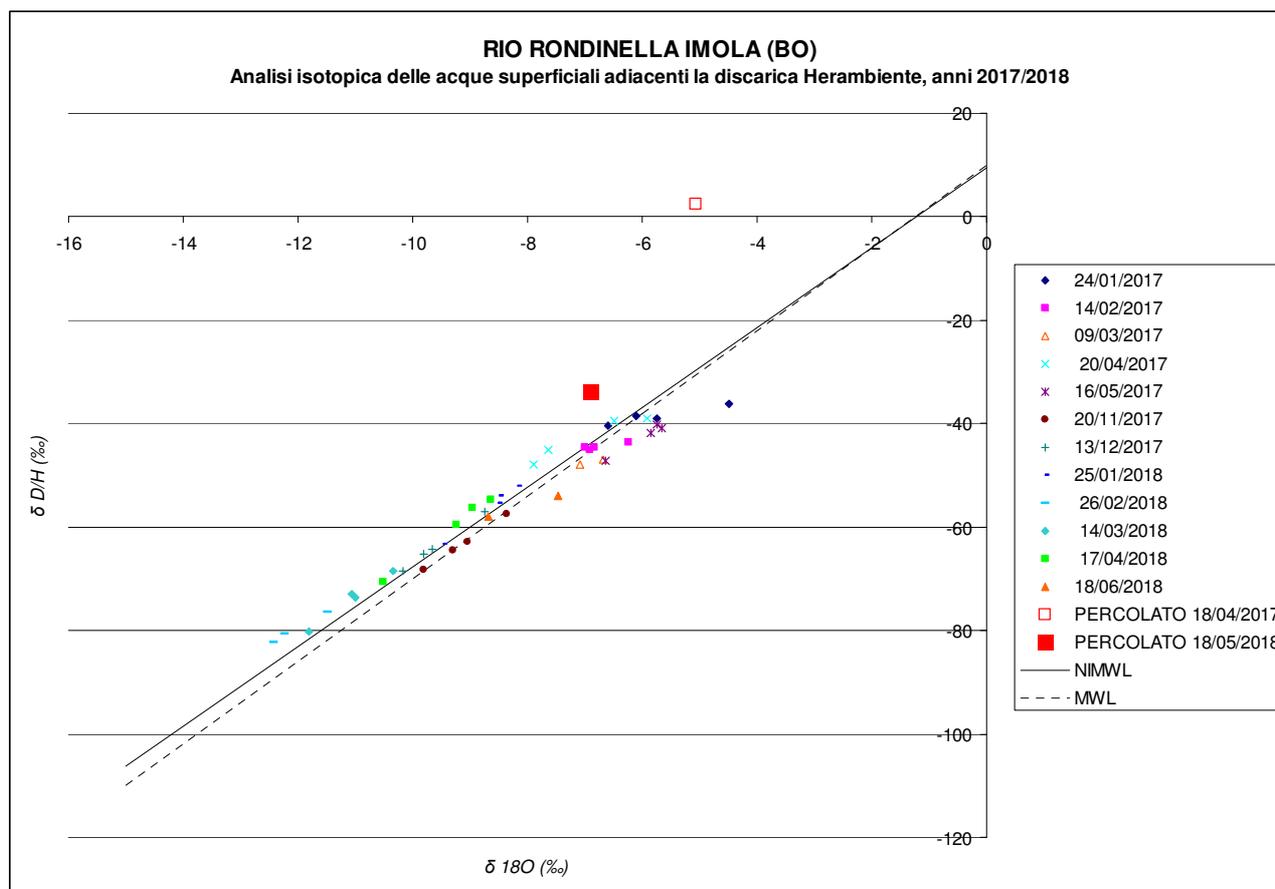


Figura 7.2 Rappresentazione determinazioni isotopiche di ossigeno e deuterio nelle acque superficiali e nel percolato

7.3. Sintesi dei risultati delle indagini isotopiche

Le indagini isotopiche possono in generale fornire indicazioni ulteriori rispetto le sole indagini chimiche, in particolare in riferimento all'origine, l'età e l'evoluzione/miscelamento che le acque sotterranee subiscono nel tempo. Ciò è utile a definire meglio il modello concettuale del sito e individuare con maggiore dettaglio la sorgente di contaminazione e l'eventuale estensione del plume di contaminazione medesima.

Dalle indagini condotte sul sito dal 2016 emerge che il percolato risulta avere, rispetto tutti gli altri campioni di acque, elevati valori di deuterio, che permettono di mostrare una netta differenziazione di composizione isotopica tra il percolato e le acque sotterranee e superficiali.

Analogamente a quanto rilevato nel 2016, anche per gli anni 2017-2018 i dati dei monitoraggi isotopici indicano una buona aderenza, sia per le acque sotterranee che per le acque superficiali, alla composizione isotopica delle acque meteoriche, escludendo situazioni di composizione isotopica intermedia tra quella del percolato e quelle disposte lungo la composizione delle acque meteoriche. La distribuzione dei rapporti isotopici ossigeno-deuterio secondo le rette globali di precipitazione meteorica indica inoltre che le acque sotterranee campionate sono di prevalente origine meteorica di infiltrazione diretta dalla superficie.

Dalle indagini fino ad oggi condotte è pertanto possibile escludere che vi siano acque sotterranee di origine più profonda o meteoriche che si infiltrano a quote maggiori rispetto quella del sito di studio, e non si riscontra l' "impronta isotopica" del percolato nei campioni di acque sotterranee ad oggi rilevati.

Per le acque superficiali del Rio Rondinella si osserva una disposizione lungo le rette standard, con scostamenti imputabili ai naturali fenomeni di evaporazione; si esclude pertanto un'interazione del percolato con le acque del Rio Rondinella, non evidenziando a valle della scarica un eccesso di deuterio rispetto le precipitazioni locali.

Conclusioni

La presente relazione esamina gli esiti delle indagini isotopiche e geochimiche effettuate nell'anno 2017 e nel primo semestre 2018 presso il sito della discarica Tre Monti, in Comune di Imola (BO), via Pediano n°52, come prosieguo delle attività Arpa avviate nel 2015, a seguito di riscontro di superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) fissate dal D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (Tabella 2, Allegato 5 alla Parte IV) per nitriti, solfati, nichel, arsenico, cromo esavalente, nelle acque prelevate da pozzi denominati "pozzi spia", localizzati nell'intorno delle vasche di stoccaggio del percolato di discarica, e successiva prescrizione di rimozione delle vasche V1-V2 come da atto n. DET-AMB-2016-2529 del 26/07/2016 di Arpae SAC.

Sulle acque sotterranee del sito di discarica sono state condotte indagini di tipo isotopico, con determinazione dei dati da parte del Laboratorio Tematico Isotopia Ambientale della Sezione di Piacenza e indagini di tipo geochimico con determinazione dei dati da parte dell'Area Chimica Acque e Contaminanti organici della Sede secondaria LM di Bologna ed elaborazioni dati effettuate dalla Direzione Tecnica e dal Servizio Territoriale della Sezione di Bologna.

Gli esiti delle indagini geochimiche effettuate negli anni 2017-2018 confermano significative differenze composizionali tra le acque sotterranee ed il percolato, con attribuzione della facies solfato clorurato alcalina per le acque sotterranee e della facies bicarbonato-alcalina per il percolato, escludendo pertanto fenomeni di mescolamento tra le acque sotterranee e il percolato.

Le indagini isotopiche mostrano una composizione isotopica delle acque sotterranee, per tutti i punti di monitoraggio, significativamente diversa rispetto quella tipica del percolato, confermando pertanto l'esclusione di fenomeni di mescolamento tra acque sotterranee e percolato. I riscontri isotopici delle acque sotterranee, inoltre, mostrano una discreta aderenza alle rette standard globali e per il nord Italia di precipitazione meteorica, confermando l'assenza nell'area di acquiferi aventi quantità e flusso significativi, ma piuttosto di lenti di carattere "effimero", isolate e non connesse tra loro, alimentate non da flusso idrico sotterraneo come avviene per le falde acquifere propriamente dette, ma dall'infiltrazione diretta dalla superficie delle acque meteoriche.

In merito alle indagini chimiche ad oggi condotte, si ricorda che non costituiscono markers (indicatori) di contaminazione da percolato quei parametri che presentano concentrazioni medie nel percolato inferiori o confrontabili con quelle delle acque sotterranee prelevate presso i piezometri esterni al confine della discarica, ad esempio cloruri, solfati, nitriti, manganese; di conseguenza, non si attribuiscono a contaminazioni da percolato i costanti superamenti delle concentrazioni CSC per solfati e manganese osservati sia per i piezometri interni che esterni. Le maggiori concentrazioni di ferro, rilevate da novembre 2017, invece, sono presumibilmente connesse alle attività di cantiere svoltesi nel corso dell'anno 2017 (avviate il 5/12/2016) per la sistemazione dell'area delle vasche V1/V2 di stoccaggio del percolato, congiuntamente a condizioni particolarmente siccitose che possono avere influito sulla mobilità e stabilità delle specie chimiche nelle acque sotterranee.

Il monitoraggio delle acque sotterranee presso il sito della discarica Tre Monti proseguirà fino al giugno 2020, ovvero per due anni dalla fine dei lavori di risistemazione dell'area delle vasche V1-V2 (lavori conclusi il 31/05/2018), come previsto dall'atto DET-AMB-2016-2529 del 26/07/2016, allo scopo di verificare l'efficacia degli interventi messi in atto nonché la necessità di predisposizione di ulteriori interventi.

Documenti di riferimento

- APAT - IRSA/CNR, 2003. Metodi analitici per le acque. Manuali e Linee Guida 29/2003, 1149 pp.
<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/metodi-analitici-per-le-acque>
- Arpae Emilia-Romagna, 2018. Trasmissione esiti analitici dei monitoraggi effettuati da ARPAE nel mese di novembre 2017 sulle acque sotterranee presso la discarica per rifiuti non pericolosi HERAMBIENTE SpA situata in Comune di Imola, Località Tre Monti, via Pediano n° 52. 22 pp.
https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/bologna/discarica-tre-monti/TreMonti_piezo_Novembre2017_timbrato.pdf
- Arpae Emilia-Romagna, 2018a. Trasmissione esiti analitici dei monitoraggi effettuati da ARPAE nel mese di maggio 2018 sulle acque sotterranee presso la discarica per rifiuti non pericolosi HERAMBIENTE SpA situata in Comune di Imola, Località Tre Monti, via Pediano n° 52. 27 pp.
https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/bologna/discarica-tre-monti/Relazione_piezometri_TreMonti_Maggio2018_timbrato.pdf
- Arpae Emilia-Romagna, 2017. Trasmissione esiti analitici dei monitoraggi effettuati da ARPAE nei mesi di agosto e novembre 2016 sulle acque sotterranee presso la discarica per rifiuti non pericolosi HERAMBIENTE SpA situata in Comune di Imola, Località Tre Monti, via Pediano n° 52. 20pp. https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=3524&idlivello=1962
- Arpae Emilia-Romagna, 2017a. Monitoraggio chimico e isotopico delle acque sotterranee presso la Discarica “ Tre Monti ” – Imola - Anni di riferimento: 2015-2016. A cura di Marco Marcaccio, Manuela Aloisi, Emanuela Lischi, Cristina Bonora e Giovanna Biagi. 56 pp.
https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/bologna/discarica-tre-monti/RelazioneMonitoraggioIsotopico_Discarica_TreMonti.pdf
- Arpae Emilia-Romagna, 2017b. Trasmissione degli esiti analitici dei monitoraggi effettuati da ARPAE sulla qualità del Rio Rondinella nel corso dell'anno 2016, 11 pp.
https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/bologna/discarica-tre-monti/RELAZIONE_FINALE_1.pdf
- Arpae Emilia-Romagna, 2017c. Trasmissione degli esiti analitici dei monitoraggi effettuati da ARPAE nel mese di Aprile 2017 sulle acque sotterranee presso la discarica per rifiuti non pericolosi HERAMBIENTE SpA situata in Comune di Imola, Località Tre Monti, via Pediano n° 52. 18 pp. https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/bologna/discarica-tre-monti/Relazione_piezometri_Aprile_TreMonti_finale.pdf
- Arpae Sezione di Bologna, 2016a. Esiti delle attività di controllo e monitoraggio - Anno di gestione 2015. Discarica di rifiuti non pericolosi Herambiente SpA in Località Tre Monti di Imola. A cura di: Manuela Aloisi, Emanuela Lischi, Barbara Sotto Corona, Massimo Vezzali. 46pp.
https://www.arpae.it/cms3/documenti/Sez_BO_Report_Rifiuti/Relazione_web_2015_TREMONTI.pdf
- Arpae Sezione di Bologna, 2016b. Conferenza dei Servizi del 12/02/2016: trasmissione esiti analitici dei campioni effettuati da Arpae a seguito di diffida ai sensi dell'art. 244 c.2 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. presso la discarica di rifiuti non pericolosi "Tre Monti", situata nel Comune di Imola in via Pediano n. 52. 14pp.
https://www.arpae.it/cms3/documenti/SezBO_TreMonti/Risultati_Campionamenti_Notifica_firmato.pdf
- Arpae Sezione di Bologna, 2016c. Monitoraggio qualità delle acque superficiali del Rio Rondinella in località Tre Monti di Imola. Trasmissione esiti del monitoraggio gennaio – agosto 2016. 14pp.
https://www.arpae.it/cms3/documenti/SezBO_TreMonti/rondinella_2016/monitoraggio_gennaio_agosto/Monitoraggio_Rio_Rondinella_gennaio_agosto_2016.pdf
- Arpae Sezione di Bologna, 2016d. - Trasmissione degli esiti analitici dei monitoraggi effettuati da ARPAE nei mesi di Febbraio e Marzo 2016 sulle acque sotterranee presso la discarica e sulle acque superficiali del Rio Rondinella nel periodo novembre 2015-febbraio 2016. 30pp.
https://www.arpae.it/cms3/documenti/SezBO_TreMonti/TreMont_Esiti_acque_2016_WEB.pdf

- Canziani R., Cossu R., 1989. Landfill hydrology and leachate production, sanitary landfilling: process, technology and environmental impact. Academic Press, San Diego, CA, 1989
- Christensen et al., 2001. Review biogeochemistry of landfill leachate plumes. Applied Geochemistry 16, p. 659-718.
- Civita, 2005. Idrogeologia applicata e ambientale, 800pp.
- Longinelli A., Selmo E., 2003. Isotopic composition of precipitation in Italy: a first overall map. Journal of Hydrology, 270, 75-88