



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

commissario straordinario
BRESCIA CAFFARO

STABILIMENTO CAFFARO BRESCIA

PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE

ALLEGATO 1

ANALISI DI RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE SITO SPECIFICA



Prepared for:

Commissario Straordinario Brescia Caffaro

Prepared by:

AECOM URS Italia S.p.a.
20143 - Via Giacomo Watt 27
Milano
Italia

T: +39 02 4225561
aecom.com

Revision History

Revision	Revision date	Details	Authorized	Name	Position
0	12/04/2019	Emissione	GL	GL	Project Director
1	05/12/2019	Revisione 1	GL	GL	Project Director

Distribution List

Code Number	# Hard Copies	PDF Required	Association / Company Name
CIG 7590107271_MI_R6-REV-01	1	1	Commissario Straordinario Brescia Caffaro

© Dicembre 2019 AECOM URS Italia S.p.a.. All Rights Reserved.

This document has been prepared by AECOM URS Italia S.p.a. ("AECOM") for sole use of our client (the "Client") in accordance with generally accepted consultancy principles, the budget for fees and the terms of reference agreed between AECOM and the Client. Any information provided by third parties and referred to herein has not been checked or verified by AECOM, unless otherwise expressly stated in the document. No third party may rely upon this document without the prior and express written agreement of AECOM.

INDICE

N° di Pag.

1.	INTRODUZIONE.....	3
1.1.	Documenti di Riferimento	3
2.	METODOLOGIA.....	6
2.1.	Tutela della salute umana	6
2.1.1.	Criterio di cumulazione dei rischi da più matrici ambientali.....	7
2.2.	Tutela della risorsa idrica sotterranea	7
2.3.	Definizione degli obiettivi di bonifica in presenza di CSR<CSC	8
3.	MODELLO CONCETTUALE DEL SITO.....	9
3.1.	Inquadramento geologico	9
3.2.	Geologia locale	9
3.3.	Idrogeologia locale	10
3.4.	Analisi dei dati chimici e selezione degli inquinanti indicatori.....	12
3.5.	Sorgenti primarie di contaminazione	17
3.6.	Sorgenti secondarie di contaminazione	18
3.7.	Vie di migrazione.....	19
3.8.	Recettori	20
3.9.	Percorsi d'esposizione	21
4.	PARAMETRI DEL MODELLO	23
4.1.	Parametri di esposizione	23
4.2.	Parametri geologici e idrogeologici	23
4.3.	Parametri degli ambienti aperti	26
4.4.	Parametri degli edifici	27
4.5.	Parametri delle sorgenti secondarie.....	28
4.6.	Parametri tossicologici	29
4.7.	Concentrazioni rappresentative alla sorgente	31
4.8.	Equazioni del modello	34
5.	CALCOLO DELLE CSR	35
5.1.	Valutazione del rischio da inalazione vapori.....	35
5.2.	Procedura di calcolo delle CSR per la valutazione dei rischi cumulati da tutte le matrici ambientali.....	39
5.3.	CSR acque di falda	39
5.3.1.	CSR per la salute umana	39
5.3.2.	CSR per l'ambiente	40
5.4.	CSR terreno.....	41
5.4.1.	Area adiacente a via Milano – Utilizzo commerciale.....	41
5.4.2.	Area a futuro parco – Sorgenti SS3 ed SP3.....	43
5.4.3.	Area a sud di via Emilio Morosini – Sorgenti SS4 ed SP4	45
6.	CONCLUSIONI.....	46

INDICE

N° di Pag.

FIGURE FUORI TESTO

- Figura 1: Inquadramento
- Figura 2: Spessori dei Riporti e profondità Limi
- Figura 3: Sorgenti superficiali e Materiali di riporto antropici
- Figura 4: Sorgenti Profonde e Materiali di riporto antropici
- Figura 5: Sorgente Acque di falda
- Figura 6: Edifici storici da preservare e ubicazione Nesty Probe
- Figura 7: Superamenti delle CSR nei terreni superficiali
- Figura 8: Superamenti delle CSR nei terreni profondi
- Figura 9: Superamenti delle CSR nelle acque di falda

TABELLE FUORI TESTO

- Tabella 1: Parametri chimico fisici tossicologici
- Tabella 2 a-b-c-d: CSR a protezione della risorsa idrica
- Tabella 3 a-b-c-d: CSR cumulate per rischi sanitari

ALLEGATI:

- Allegato 1: Tavola 8 - Documento "Analisi della concentrazione delle sostanze contaminanti presenti nel sottosuolo e modello concettuale definitivo" – NCE 2006
- Allegato 2: Input e output software ProUCL
- Allegato 3: Valutazione Rischi da Soil Gas e Run software ROME
- Allegato 4: Run dei software Risk-Net 3.1
- Allegato 5: Studio sui valori in ingresso al sito per le acque sotterranee

APPENDICI

- Appendice 1: Estratto PGT Caffaro Brescia
- Appendice 2: Nota Comune di Brescia – 18.03.2019
- Appendice 3: Dati Meteoclimatici

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del SIN dello Stabilimento Caffaro di Brescia (perimetrato con D.M. 24 febbraio 2003), il presente documento, redatto da AECOM URS Italia S.p.A. (nel seguito AECOM) per conto del Commissario Straordinario SIN "Brescia – Caffaro" (nel seguito Committente o Commissario), costituisce il dell'Analisi di Rischio sanitario ambientale sito specifica (nel seguito AdR) per lo "Stabilimento Caffaro di Brescia", di proprietà Caffaro Chimica S.r.l. in Amministrazione Straordinaria, in conformità al Decreto Legislativo n. 152 del 3 Aprile 2006 (di seguito D.Lgs 152/06), Titolo V "Bonifica dei Siti Contaminati".

Le attività di caratterizzazione ambientale del sito, effettuate ai sensi del D.M. 471/99, attraverso l'esecuzione di n.4 campagne di indagine nel periodo 2000-2005, hanno evidenziato una contaminazione nel suolo e sottosuolo dello stabilimento, con conseguente attivazione del procedimento ambientale tuttora in corso.

La campagna di indagine svolta tra il dicembre 2018 e il marzo 2019 da parte della scrivente in contraddittorio con ARPA Dipartimento di Brescia, ha permesso di determinare i parametri sito specifici relativi al sito e necessari alla redazione della presente analisi di rischio. I suddetti parametri sono riassunti e descritti nel documento Progetto Operativo di Bonifica di cui questa analisi di rischio è un annesso.

La presente AdR costituisce la rielaborazione dell'*"Analisi di Rischio Sanitario Ambientale Stabilimento Caffaro Brescia"*, Dott. Carlo Monti - Maggio 2006, istruita dalla Conferenza di Servizi del 27/06/2006, in quanto la valutazione del rischio è aggiornata alla luce della futura destinazione a parco del sito.

Il lavoro è stato condotto in accordo con i "Criteri Metodologici per l'Applicazione dell'Analisi di Rischio ai Siti Contaminati" predisposti da APAT-ARPA/APPA-ICRAM, ISPESL, ISS, rev. 2, Marzo 2008 e le "Linee-guida per l'applicazione dell'analisi di rischio sito-specifica", pubblicate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).

Il software utilizzato per lo svolgimento dell'analisi di rischio è Risk-net v.3.1, specificatamente sviluppato per supportare studi di analisi di rischio sanitario ambientale condotti secondo le procedure codificate dell'ASTM e Rome, per la valutazione del rischio da inalazione vapori.

1.1. Documenti di Riferimento

I documenti di riferimento utilizzati per la redazione del Progetto sono di seguito elencati:

1. "Progetto di fattibilità tecnica ed economica per: Lotto 1) Messa in sicurezza di emergenze e bonifica/messa in sicurezza permanente delle acque sotterranee presso lo stabilimento della Caffaro a Brescia – CIG 6804677519 - Lotto 2) Bonifica/messa in sicurezza permanente del suolo e del sottosuolo dello stabilimento della Caffaro a Brescia – CIG 6804685BB1" AECOM URS Italia S.p.A, Giugno 2018;
2. Relazione di sintesi delle conoscenze del sito "Stabilimento Caffaro" (redatto a seguito dell'analisi della documentazione disponibile) – Revisione del 31.08.2016"
3. "Studio di fattibilità degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle acque di falda" redatto da Sogesid nel settembre 2015

4. "Analisi della concentrazione delle sostanze contaminanti presenti nel sottosuolo dello stabilimento Caffaro di Brescia e Modello Concettuale Definitivo dello stabilimento" NCE S.r.l. - Maggio 2006
5. "Analisi di Rischio Sanitario Ambientale Stabilimento Caffaro Brescia", Dott. Carlo Monti - Maggio 2006
6. "Indagine Geognostica, Geotecnica, Idrogeologica Integrativa presso il Sito Industriale di Brescia" – Geotecnica Veneta S.r.l. – Gennaio 2002

Sono inoltre stati consultati, ove necessario per una migliore definizione di aspetti puntuali, i seguenti documenti, elencati con i numeri identificativi definiti dal Committente:

7. 01-471 Piano caratterizzazione-Giugno 2000
8. 02-471 Piano caratterizzazione - Luglio 2001
9. 03-471 Piano caratterizzazione-Settembre 2001
10. Piano della caratterizzazione e documentazione propedeutica al progetto preliminare – settembre 2001
11. 04-471 Progetto preliminare - analisi livelli inquinamento-Aprile 2002
12. 05-471 Piano caratterizzazione. Progetto preliminare di bonifica-Aprile 2002
13. 06-471 Progetto preliminare investigazione e dettaglio ed interventi in fase provvisoria e di emergenza. Maggio 2002
14. 07-471 Progetto preliminare analisi livelli inquinamento integrazioni. Giugno 2003
15. 09-471 Piano caratterizzazione procedimento interno di bonifica - Marzo 2003
16. 11-471 Piano della caratterizzazione iter 2000-2002-maggio 2003
17. 12-471 Proposta indagini integrative - Luglio 2003
18. 12bis-471 integrazioni luglio 2003
19. 13-471 Collocazione piezometri esterni - prot.57 – 03 - Settembre 2003
20. 16-471 Stato avanzamento stabilimento - prot. 43 del 04-Maggio 2004
21. 17-471 I° stato avanzamento Progetto primo modulo - maggio 2004
22. 18-471 Conferenza servizi 24-05-04-prot. 51-04-Giugno 2004
23. 19-471 Relazione idrogeologica monitoraggio 09 – 04 - prot.71-04-Ottobre 2004
24. 20- 471 Comunicazione sondaggi supplementari-Novembre 2004
25. 21- 471 Piano integrativo aree Nord e Ovest – Dicembre 2004
26. 26-471 Analisi di rischio-Luglio 2004

27. 28-471 analisi rischio sanitario matrice suolo stabilimento caffaro luglio 2005
28. 29-471 caratterizzazione luglio 2005 1 parte
29. 30-471 caratterizzazione luglio 2005 2 parte
30. 30 bis-471 Identificazione delle sorgenti di emissione di PCDD e PCDF (Laboratorio Battelle)
31. 31-471 piano caratterizzazione area Nord - Ovest gennaio 2006
32. Analisi livelli contaminazione e MCS definitivo_Maggio 2006
33. Analisi Rischio Stabilimento Caffaro_Maggio 2006
34. Progetto messa in sicurezza operativa falda_Maggio 2006
35. 39-471 Analisi di Rischio ambientale sito specifica
36. 62-Valutazione efficacia dello sbarramento idraulico della falda presso il sito Caffaro Brescia – ottobre 2014
37. 63-Studio di fattibilità per la realizzazione degli interventi di Messa in Sicurezza e bonifica delle acque di falda del “SIN Brescia Caffaro” – settembre 2015
38. 64-Risultati monitoraggio acque sotterranee indagine geochimica e piezometrica gennaio 2015 - redatta da ARPA Lombardia – gennaio 2016
39. 65-Studio plumes della Provincia di Brescia – marzo 2016
40. 67-“Proposta di Intervento di Bonifica e Riqualificazione dei Terreni del Sito Caffaro di Brescia” di SORIN Group e ERM del 19.01.2015

2. METODOLOGIA

Come previsto dal D.Lgs. 152/06, è stata sviluppata l'analisi di rischio sanitario ambientale sulla base dei risultati delle attività di caratterizzazione ambientale del Sito svolte tra il 2000 e il 2005. Le risultanze delle indagini svolte tra il dicembre 2018 e il marzo 2019, hanno permesso di definire i parametri sito specifici utili all'elaborazione dell'analisi di rischio.

L'analisi di rischio è stata svolta in modalità backward per la definizione delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), quali obiettivi di bonifica dell'area.

L'analisi di rischio è stata realizzata seguendo le linee guida riportate nei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati- APAT-ISS-ISPEL-ICRAM-ARPA", rev.2, marzo 2008 applicando le metodologie internazionalmente riconosciute per la valutazione del rischio per la salute umana, derivante da situazioni di contaminazione di suoli ed acque sotterranee. Inoltre, la presente Analisi di Rischio tiene conto di quanto indicato delle "Linee-guida sull'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii." MATTM, febbraio 2015 e di quanto previsto dai disposti normativi vigenti in Regione Lombardia (D.G.R. n. 8/11348 del 10/02/10).

2.1. Tutela della salute umana

Le CSR sito-specifiche sono state determinate seguendo l'approccio delineato dai "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio assoluta ai siti contaminati", rev.2 marzo 2008, che riportano: *"L'applicazione dei criteri per il calcolo degli obiettivi di bonifica sito specifici (CSR) individuali, conduce alla individuazione di obiettivi di bonifica che rispettano certamente la condizione di rischio tollerabile per esposizione a singola sostanza. Le CSR individuali così calcolate non rispettano però necessariamente la condizione di rischio cumulativo tollerabile [...] In accordo alla procedura seguita dal software RBCA ToolKit (versioni 1.2 e 2.0), in questi casi è necessario tenere conto degli effetti di cumulazione del rischio, riducendo ulteriormente le concentrazioni delle specie presenti rispetto ai valori definiti dalle CSR individuali. Tale riduzione dovrà garantire il raggiungimento di valori di concentrazione tali da rispettare la condizione di rischio cumulativo accettabile (Concentrazione Soglia di Rischio Cumulato). A giudizio degli Enti di Controllo, si potrà intervenire operando una riduzione delle concentrazioni di alcuni contaminanti, in funzione delle tipologie di esposizione, delle caratteristiche tossicologiche, di concentrazione e di distribuzione degli stessi, tenendo in considerazione la disponibilità e l'efficienza/efficacia delle tecnologie di bonifica applicabili al sito oggetto di intervento. Tale riduzione, a giudizio degli Enti di Controllo e sulla base delle suddette indicazioni, potrà essere estesa a tutti i contaminanti presenti, adottando le seguenti equazioni":*

$$CSR_{CUM} = CSR \times TR_{CUM} / TR_{TOT IND}$$

$$CSR_{CUM} = CSR \times HQ_{CUM} / HQ_{TOT IND}$$

Dove:

CSR = Concentrazione Soglia di Rischio individuale del generico inquinante;

TRCUM = Target risk per più sostanze ovvero il rischio individuale accettabile (TRCUM=10⁻⁵)

TRTOTIND = Rischio cumulativo risultante dai contaminanti presenti nel sito in concentrazione pari alla CSR individuale.

HQCUM = Hazard quotient per esposizione a più sostanze (HQCUM=1)

HQTOT IND = Rischio cumulativo risultante dai contaminanti presenti nel sito in concentrazione pari alla CSR individuale.

Pertanto, i valori di CSR finali corrispondono alle CSR individuali ridotte dei fattori:

TRCUM / TRTOTIND

oppure

HQCUM / HQTOTIND,

dove TRTOTIND è il rischio cumulativo risultante dai contaminanti presenti nel sito in concentrazione pari alla CSR individuale e HQCUM è il rischio cumulativo risultante dai contaminanti presenti nel sito in concentrazione pari alla CSR individuale.

Utilizzando i valori delle CSR cumulative vengono rispettate le soglie di tollerabilità del rischio cumulato, che è successivamente verificato in modalità forward.

2.1.1. Criterio di cumulazione dei rischi da più matrici ambientali

I disposti normativi vigenti in Regione Lombardia (D.g.r. n. 8/11348 del 10/02/10) prevedono per la "Modalità di esposizione e rischio sanitario" che: *"il calcolo del rischio sanitario sia effettuato sommando i rischi legati a tutte le matrici potenzialmente contaminate e a tutte le vie di esposizione"*.

Pertanto, note le sorgenti di potenziale contaminazione (Suolo Superficiale e Profondo, Falda) e le caratteristiche tossicologiche delle sostanze indice, l'elaborazione dell'Analisi di Rischio per il sito ha considerato anche il rischio cumulato dovuto l'esposizione contemporanea a tutte le vie di esposizione provenienti dalle sorgenti di potenziale contaminazione presenti nelle diverse matrici ambientali.

2.2. Tutela della risorsa idrica sotterranea

Il D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii, con riferimento alla tutela della risorsa idrica sotterranea, impone il rispetto delle CSC o dei valori di fondo approvati dagli Enti di Controllo al punto di conformità.

"Il punto di conformità per le acque sotterranee", sulla base di quanto indicato dai suddetti decreti, "rappresenta il punto a valle idrogeologico della sorgente al quale deve essere garantito il ripristino dello stato originale (ecologico, chimico e/o quantitativo) del corpo idrico sotterraneo, onde consentire tutti i suoi usi potenziali [...]. Pertanto in attuazione del principio generale di precauzione, il punto di conformità deve essere di norma fissato non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica e la relativa CSR per ciascun contaminante deve essere fissata equivalente alle CSC di cui all'allegato 5 della parte quarta del presente decreto. Valori superiori possono essere ammissibili solo in caso di fondo naturale più elevato o di modifiche allo stato originario dovute all'inquinamento diffuso, ove accertati o validati dalla Autorità pubblica competente, o in caso di specifici minori obiettivi di qualità per il corpo idrico sotterraneo o per altri corpi idrici recettori, ove stabiliti e indicati dall'Autorità pubblica competente, comunque compatibilmente con l'assenza di rischio igienico-sanitario per eventuali altri recettori a valle. A monte idrogeologico del punto di conformità così determinato e comunque limitatamente alle aree interne del sito in considerazione, la concentrazione dei contaminanti può risultare maggiore della CSR così determinata, purché compatibile con il rispetto della CSC al punto di conformità nonché compatibile con l'analisi del rischio igienico sanitario per ogni altro possibile recettore nell'area stessa."

Pertanto, alla luce di quanto sopra riportato, è stato imposto il rispetto delle CSC ai punti di conformità (POC), più prossimi al confine di valle idrogeologico del Sito.

2.3. Definizione degli obiettivi di bonifica in presenza di CSR<CSC

Al fine dell'individuazione degli obiettivi di bonifica, viene recepito quanto riportato nelle "Linee-guida per l'applicazione dell'analisi di rischio sito-specifica" del MATTM del 2014/2015:

"le assunzioni conservative alla base dell'applicazione dell'analisi di rischio di livello 2 (Tier II così come definito dagli standard ASTM) e l'utilizzo di parametri chimico fisici e tossicologici associati a scenari di massima esposizione dei bersagli, portano ad ottenere, in alcuni casi obiettivi di bonifica calcolati mediante l'applicazione della procedura di analisi di rischio (CSR) inferiori alle concentrazioni soglia di riferimento (CSC) al superamento delle quali è necessario attivare la procedura di cui all'art.242 del Dlgs 152/06 e ss.mm.ii." [...] "E' evidente che l'adozione di CSR inferiori alle CSC potrebbe portare disparità di trattamento di siti caratterizzati dalle medesime condizioni ambientali. [...] "in assenza di requisiti oggettivi, sito-specifici, che giustifichino l'adozione di obiettivi di bonifica (CSR) più bassi delle CSC queste costituiscono un valore di riferimento." [...] "In conclusione si ritiene accettabile l'adozione da parte dei proponenti delle CSC come obiettivo di bonifica per alcune sostanze, con contestuale applicazione dell'analisi di rischio- sito specifica per le sole sostanze per le quali non si prevede il raggiungimento delle CSC."

Alla luce delle indicazioni del sopra riportate, è stato adottato un approccio tale per cui, gli obiettivi di bonifica potranno essere coincidenti con le CSC/limiti ISS e/o calcolati come CSR per ciascuna sorgente individuata nei terreni insaturi o acque di falda.

3. MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

3.1. Inquadramento geologico

Le informazioni ottenute dalla letteratura scientifica e dalle indagini condotte presso il Sito rivelano la presenza di depositi fluviali che costituiscono il livello fondamentale della pianura bresciana e affiorano nell'intorno dell'area di intervento (fluviale Würm Auct.).

Sotto l'aspetto litologico essi sono costituiti in prevalenza da sabbie, ghiaie e ciottoli, nel cui ambito si verifica una diminuzione della granulometria procedendo verso Sud.

L'unità del fluviale Würm Auct. è rinvenibile in profondità sino a circa 25 m dal piano campagna e poggia su depositi conglomeratici (Ceppo Lombardo Auct.) che localmente possono passare a ghiaie e sabbie.

Tra le due unità è talvolta possibile rinvenire depositi attribuibili alle unità fluviali più antiche del Mindel-Riss Auct. che, nel caso specifico, manifestano modesto spessore e limitata estensione laterale.

Il complesso dei depositi alluvionali continentali (Fluviale Würm e Ceppo) forma una coltre dello spessore di circa 80-90 m nell'area di intervento.

Questo complesso poggia a sua volta su terreni sempre di origine continentale, ma a granulometria essenzialmente fine, di ambiente deltizio-lagunare. Litostratigraficamente essi sono stati attribuiti al Villafranchiano Auct. (Pleistocene inf.) e sotto l'aspetto litologico sono costituiti da limi e argille, talora fossilifere, con intercalazioni sabbioso-ghiaiose di forma lenticolare, maggiormente frequenti nella porzione sommitale dell'unità.

L'assetto strutturale e litologico delle unità individuate nel sottosuolo grazie alle ricostruzioni in precedenza effettuate, condiziona l'idrogeologia dell'area in quanto determina la presenza di tre distinte unità idrogeologiche, identificate sulla base di affinità litologiche, idrogeologiche e di carattere idraulico.

A partire dal piano campagna e sino ad una massima profondità di circa 200 m, è possibile identificare le seguenti unità idrogeologiche:

- unità ghiaioso-sabbiosa (fluviale Würm Auct.);
- unità conglomeratica (Ceppo Lombardo Auct.);
- unità argilloso-sabbiosa (Villafranchiano Auct.).

Secondo la terminologia introdotta da recenti studi (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia - Regione Lombardia, Autori Vari, gennaio 2002), alle suddette unità idrogeologiche corrisponderebbero le seguenti unità idrostratigrafiche:

- unità ghiaioso-sabbiosa – Gruppo Acquifero A (Pleistocene Medio e Sup.);
- unità conglomeratica – Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio).

3.2. Geologia locale

Presso il Sito è presente un livello di terreni di riporto, principalmente nei primi metri da piano campagna, posto a copertura di un livello limoso.

Analizzando le stratigrafie a disposizione, i materiali rilevati nello strato superiore della superficie nel Sito sono raggruppabili nelle seguenti categorie:

- Categoria 1: Strato superficiale - contiene asfalto e cemento – solo materiali superficiali e non parte dei terreni sotterranei o di riporto. Include la copertura superficiale e la pavimentazione generalmente realizzati con asfalto e cemento;
- Categoria 2: Riporto naturale - terreno. Include terreno senza l'evidenza di materiale antropico;
- Categoria 3: Altro riporto - contiene materiale di origine antropica e considerato come materiale di riporto ai sensi del D.L. 2/2012. Include i sondaggi in cui è stata rilevata la presenza di materiale storico di riporto (solitamente miscelato con terreni naturali) come mattoni, cemento, scarti industriali e presenza di calce.

Nella Figura 2 fuori testo seguenti è mostrata per ciascun sondaggio e trincea la distribuzione della categoria del riporto sopra menzionata (fonte: Analisi della concentrazione delle sostanze contaminanti presenti nel sottosuolo e modello concettuale definitivo – NCE 2006).

Al di sotto del riporto si rileva la presenza di un livello limoso che costituisce la parte superiore dei depositi fluviali Würm Auct., sopra citati. In particolare, questo livello è costituito da limo/limo sabbioso (cfr. Figura 2 fuori testo).

3.3. Idrogeologia locale

In corrispondenza del Sito, il corpo idrico sotterraneo ha mostrato una soggiacenza compresa tra 28 e 30 m da p.c. e la direzione di deflusso attesa è verso Sud Sud-Ovest.

I valori di permeabilità, determinati mediante le prove Lefranc condotte tra il 2000 e il 2004 sull'orizzonte insaturo estratti dal documento *"Analisi della concentrazione delle sostanze contaminanti presenti nel sottosuolo e modello concettuale definitivo"* – NCE 2006 sono riportati nella tabella successiva.

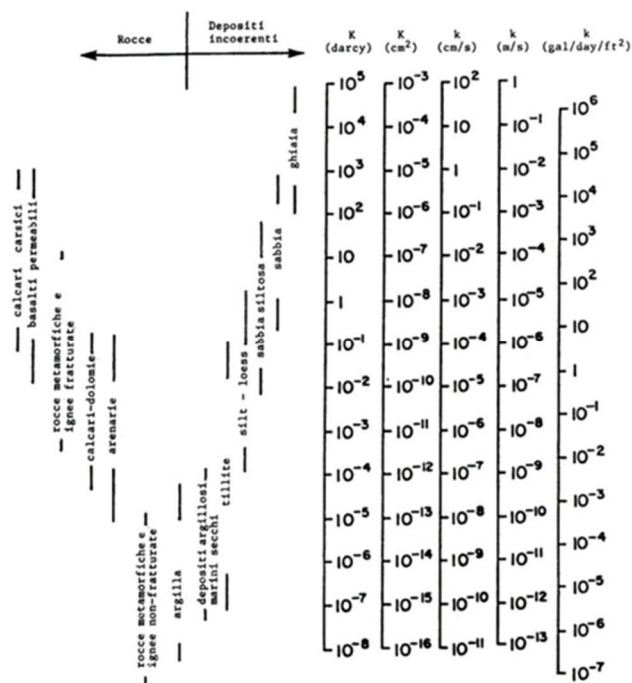
Per ciascuna prova è stata riportata la tessitura, ricavata dalle stratigrafie dei sondaggi, corrispondente al tratto indagato dalla prova o l'esito della prova granulometrica se disponibile per lo stesso orizzonte indagato. Per ciascuna prova si è infine evidenziato la coerenza del valore di conducibilità ottenuto con i valori di permeabilità e conducibilità idraulica da letteratura riportati nella figura seguente (AA.VV.- riportata da Beretta G.P., 1992 – figura seguente).

Tabella 1- Risultati delle prove Lefranc - 2000-2004

Prove di tipo Lefranc					
Sondaggio	Prof Super. (m)	Prof Infer. (m)	Conducibilità idraulica (m/s)	Granulometria	Coerenza k-stratigrafia
Pz1 (C1)	17.9	17.9	2.62E-06	Ghiaia	No
C3	17.5	17.5	2.02E-07	Ghiaia	No
Pz2 (C4)	20.8	20.8	1.75E-05	Sabbia	Sì
C18b	20.5	20.5	2.64E-8	Sabbia limosa	Parziale
Pz3 (C21)	20.8	20.8	6.86E-06	Sabbia fine	Parziale
C23	16.8	16.8	2.41E-03	Sabbia con ghiaia	Sì
C26b	25.5	25.5	5.12E-09	Argilla limosa	Sì
C27	22.5	22.5	8.49E-05	Ghiaia	No
C32	20.0	20.0	9.80E-07	Sabbia con ghiaia	No
Pz5 (C33)	19.5	19.5	1.01E-06	Sabbia fine	Parziale
C36	17.0	17.0	1.75E-07	Sabbia con ghiaia	No
Pz4 (C41)	20.9	20.9	3.12E-06	Sabbia limosa	Sì
Pz6 (C42)	20.3	20.3	2.71E-06	Sabbia fine	Parziale
Pz7 (C43)	19.0	19.0	1.75E-06	Sabbia fine	Parziale

Nota:
Tutte le prove sopra elencate sono state eseguite nel non saturo in quanto la falda si trova ad una quota di circa 30,0 m.

Figura 1: Valori di permeabilità e conducibilità idraulica



Inoltre, nel 2019 sono state svolte alcune prove Lefranc nell'orizzonte saturo (28-30m fino a 80m da p.c.), i cui risultati sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 2- Risultati delle prove Lefranc – 2019

Sondaggio	Intervallo investigato [m da p.c.]	Conducibilità idraulica interpretata [m/s]
MW1	29 - 29,3	1.3E-06
MW1	43 - 43,3	3.6E-07
MW1	79,7 - 80	NA
MW2	30,5 - 31	2.0E-06
MW2	43 - 43,5	2.3E-07
MW2	54,6 - 55	NA
MW3	31 - 31,5	1.5E-06
MW3	53,6 - 54	NA
MW3	79,4 - 80	NA
MW4	34 - 34,4	1.2E-06
MW4	50,5 - 51	NA
MW4	79,6 - 80	NA
MW5	29,4 - 29,7	NA
MW5	48,6 - 49	NA
MW5	79,6 - 80	NA
MW6	29,5 - 30	4.0E-07
MW6	40 - 40,5	NA
MW6	70,3 - 70,6	NA
MW7	29,5 - 30	5.3E-06
MW7	45,5 - 46	1.9E-06
MW7	77,3 - 78	NA
MW8	31,5 - 32	1.5E-06
MW8	57,6 - 58	NA
MW8	79,6 - 80	NA

L'inquadramento idrogeologico è stato desunto inoltre da quanto riportato nel Modello numerico idrogeologico redatto dalla scrivente riportato in Allegato 2 al POB.

3.4. Analisi dei dati chimici e selezione degli inquinanti indicatori

I contaminanti potenzialmente pericolosi (COPCs), così come delineato dalle metodologie internazionali, sono i contaminanti determinati in concentrazione superiore al limite di rilevabilità analitica e superiore agli standard definiti dalla legge o ai limiti suggeriti da ISS.

Per il sito in esame, ai fini dell'identificazione dei COPCs nei terreni, sono stati considerati i risultati analitici di tutte le indagini di caratterizzazione ambientale condotte sul sito tra il 2000 e il 2005 e validate da ARPA.

Le concentrazioni rilevate sono state confrontate con le CSC per i terreni ad uso o industriale e commerciale (Tabella 1, colonna B, Allegato 5 al Titolo V, Parte IV, D. Lgs. 152/06) o verde/residenziale (Tabella 1, colonna A, Allegato 5 al Titolo V, Parte IV, D. Lgs. 152/06) in considerazione di quanto indicato dal Comune di Brescia (cfr. Appendice 2), come segue:

- nella porzione nord occidentale dell'area prossima a via Milano e nell'area a sud della via Emilio Morosini, le CSC di riferimento sono state quelle relative alla colonna B (commerciale);
- per la restante parte dell'area le CSC di riferimento sono state quelle riportate nella colonna A – residenziali e verde pubblico.

In assenza di CSC, si è fatto riferimento ai limiti suggeriti da ISS (cfr. <https://www.iss.it/site/BancaDatiBonifiche/>). Per i composti PCT e PCN, per i quali non sono disponibili CSC o limiti ISS, come limite di riferimento è stato considerato il valore di CSC dei PCB Totali (composto affine).

Accogliendo la specifica richiesta di ARPA Lombardia, il Cromo VI è stato considerato COPC nei terreni insaturi della porzione di area a destinazione verde in quanto come riportato nei documenti a descrizione dei risultati delle indagini geochimiche e piezometriche redati da ARPA (*"Risultati delle indagini geochimiche e piezometriche campagna di gennaio"* - giugno 2018), *"all'interno dello stabilimento Caffaro è presente una sorgente di contaminazione da cromo esavalente posta presumibilmente in corrispondenza del Pz10"*.

Prima di precedere alla individuazione dei contaminati indice nei terreni è stata svolta un'analisi sistematica delle stratigrafie relative alle varie indagini svolte sul sito, finalizzata alla definizione della possibile presenza di materiale antropico. Cautelativamente, laddove nella descrizione dei riporti individuati è stata riscontrata la presenza di materiali riconducibili ad apporti antropici, e alla luce degli esiti dei test di cessione svolti tra il dicembre 2018 e il marzo 2019 nella campagna di indagine propedeutica alla progettazione (cfr. Capitolo 4 POB), gli stessi sono stati considerati come se contenessero materiali antropici in percentuale superiore al 20%. Tali materiali di riporto e i relativi campioni afferenti a tali materiali, non sono stati contemplati all'interno dell'elaborazione di analisi di rischio.

Per le acque sotterranee, i COPCs sono stati selezionati a partire dai risultati delle campagne di monitoraggio effettuate da ARPA Dipartimento di Brescia negli ultimi due anni (2017 e 2018¹), in corrispondenza dei piezometri interni allo stabilimento.

I COPCs individuati nei terreni insaturi superficiali e profondi della porzione di aree a destinazione commerciale sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 3: Contaminanti indicatori

COPCs	Area a destinazione verde pubblico		Area a destinazione commerciale		Acque di falda
	Suolo Superficiale (0-1 m da p.c.)	Suolo Profondo (>1 m da p.c.)	Suolo Superficiale (0-1 m da p.c.)	Suolo Profondo (>1 m da p.c.)	
Antimonio	x	x			
Arsenico	x	x	x	x	x
Cobalto	x	x			

¹ <http://www.arpalombardia.it/Pages/Bonifica/Brescia/Dati-Ambientali/Acque-sotterranee.aspx?firstlevel=Brescia>

COPCs	Area a destinazione verde pubblico		Area a destinazione commerciale		Acque di falda
	Suolo Superficiale (0-1 m da p.c.)	Suolo Profondo (>1 m da p.c.)	Suolo Superficiale (0-1 m da p.c.)	Suolo Profondo (>1 m da p.c.)	
Cromo tot					x
Cromo VI ⁽²⁾	x*	x*			x
Ferro					x
Mercurio	x	x	x	x	x
Piombo	x	x	x	x	
Rame totale	x	x	x		
Selenio	x	x			
Stagno	x	x			
Tallio	x	x			
Zinco	x	x			
Idrocarburi C > 12	x	x	x		
PCB totali	x	x	x	x	x
PCN ⁽¹⁾	x	x	x	x	
PCT	x	x	x		
Alfa HCH	x	x	x		
beta HCH	x	x			x
Lindano	x	x			
Aldrin	x	x	x		
Dieldrin	x	x	x		
Endrin	x	x			
Clordano	x	x			
DDD, DDT, DDE	x	x	x		
Benzo(a)antracene	x	x			
Benzo(a)pirene	x	x			
Benzo(b)fluorantene	x	x			
Benzo(k)fluorantene	x	x			
Benzo(g,h,i)perilene	x	x			
Crisene		x			
Dibenzo(a,e)pirene	x	x			
Dibenzo(a,l)pirene	x	x			
Dibenzo(a,i)pirene	x	x			
Dibenzo(a,h)pirene	x	x			
Dibenzo(a,h)antracene	x	x			
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	x	x			
Pirene	x	x			
Clorometano	x	x			
Diclorometano		x			
Triclorometano	x	x			x
1_1_dicloroetilene					x
Tricloroetilene					x
Tetracloroetilene	x				x
1_2_dicloropropano					x
Dibromo cloro metano	x	x			
Clorobenzene		x			
1,2-dicloro benzene	x	x			
1,4-dicloro benzene	x	x			
1,2,4-tricloro benzene	x	x			

COPCs	Area a destinazione verde pubblico		Area a destinazione commerciale		Acque di falda
	Suolo Superficiale (0-1 m da p.c.)	Suolo Profondo (>1 m da p.c.)	Suolo Superficiale (0-1 m da p.c.)	Suolo Profondo (>1 m da p.c.)	
1,2,4,5-tetracloro benzene	x	x			
Pentacloro benzene	x	x			
Esaccloro benzene	x	x			
Tetracloruro di carbonio ⁽³⁾		x			x
Somma PCDD/F (conv. TEQ)	x	x	x	x	x

Note:

⁽¹⁾ Per i composti PCN e PCT è stato utilizzato come valore di riferimento il limite previsto per i PCB Totali (0,06 mg/kg e 5 mg/kg)

⁽²⁾ Il Cromo VI è stato considerato quale COPCs su esplicita richiesta di ARPA Brescia nei terreni insaturi dell'area prevista a parco.

⁽³⁾ Per il composto Tetracloruro di Carbonio è stato utilizzato come valore di riferimento il limite ISS pari a 0,1 mg/kg nei terreni e pari a 0,15 ug/l nelle acque.

Di seguito è riportata la tabella che sintetizza il numero di campioni di terreno prelevati e i superamenti riscontrati per ogni livello metrico da p.c. suddivisi per le diverse aree a parco e a servizio dello stesso.

Tabella 4: Elenco campioni prelevati per profondità - Area Nord e Sud - Commerciali/artigianali/servizi e Area Centrale - Parco Pubblico

STRATO		Aree a vocazione Commerciali/artigianali/servizi		Area a parco	
		N° CAMPIONI	SUPERI CSC commerciale	N° CAMPIONI	SUPERI CSC Verde pubblico
1	0-1m	11	8	24	23
2	1-2m	34	6	67	61
3	2-3m	6	1	41	30
4	3-4m	1	0	14	14
5	4-5m	10	0	40	24
6	5-6m	-	-	4	4
7	6-7m	-	-	-	-
8	7-8m	1	0	14	1
9	8-9m	-	-	-	-
10	9-10m	15	0	64	33
11	10-11m	-	-	-	-
12	11-12m	-	-	-	-
13	12-13m	-	-	-	-
14	13-14m	-	-	-	-
15	14-15m	-	-	2	0
16	15-16m	4	0	54	36
17	16-17m	-	-	-	-

STRATO		Aree a vocazione Commerciali/artigianali/servizi		Area a parco	
		N° CAMPIONI	SUPERI CSC commerciale	N° CAMPIONI	SUPERI CSC Verde pubblico
18	17-18m	-	-	-	-
19	18-19m	-	-	-	-
20	19-20m	1	0	-	-
21	20-21m	-	-	-	-
22	21-22m	-	-	-	-
23	22-23m	-	-	-	-
24	23-24m	-	-	-	-
25	24-25m	3	0	41	28
26	25-26m	-	-	1	0
27	26-27m	-	-	-	-
28	27-28m	-	-	-	-
29	28-29m	-	-	1	0
30	29-30m	-	-	1	1
31	30-31m	-	-	-	-
32	31-32m	-	-	-	-
33	32-33m	-	-	-	-
34	33-34m	-	-	-	-
35	34-35m	-	-	-	-
36	35-36m	-	-	-	-
37	36-37m	-	-	-	-
38	37-38m	-	-	-	-
39	38-39m	-	-	-	-
40	39-40m	-	-	7	2

La tabella soprastante evidenzia che:

- il maggior numero di campioni sia stato prelevato nei primi 4-5m da p.c.;
- la contaminazione potenziale nelle aree a destinazione d'uso commerciale si limita ai primi metri dal piano campagna;
- la contaminazione potenziale nella porzione destinata a parco si estende in profondità e si rileva anche la presenza di non conformità nell'orizzonte saturo;
- negli orizzonti maggiormente indagati in profondità ovvero 9-10 m, 15-16 m e 24-25 m almeno il 50% dei campioni sia risultato potenzialmente contaminato rispetto alla destinazione d'uso verde.

L'individuazione dei contaminanti rappresentativi delle acque sottostanti il sito è stata svolta considerando i risultati ottenuti dai monitoraggi delle acque di falda condotti da ARPA

Dipartimento di Brescia, negli ultimi 2 anni. Nella tabella seguente sono riportati il numero di campioni e la presenza di superamenti delle CSC di riferimento riferiti alle singole campagne svolte.

Tabella 5: Elenco campioni prelevati nelle acque di falda (2017-2018)

Campagna	<u>N° CAMPIONI</u>	<u>Numero di campioni con eccedenze della CSC</u>
apr-17	12	12
lug-17	2	0
set-17	13	13
mar-18	20	20
set-18	15	14

3.5. Sorgenti primarie di contaminazione

A valle delle attività di caratterizzazione svolte sono state individuate le seguenti sorgenti primarie di contaminazione (già definite nel documento *“Analisi della concentrazione delle sostanze contaminanti presenti nel sottosuolo e modello concettuale definitivo”* – NCE 2006, Tavola 8 e riportata in Allegato 1 alla presente relazione).

Tabella 6: Sorgenti primarie di contaminazione

Sorgente	Superamenti nei terreni/acque di falda
Arsenico	Porzione sud-orientale del sito, nella quale sono state condotte attività lavorative legate alla produzione di carbonato di calcio e arseniato di piombo dal 1920 al 1976.
Mercurio	<p>Sono state individuate 5 differenti potenziali sorgenti primarie:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- porzione centrale del sito, nella quale sono state condotte attività lavorative legate essenzialmente all'elettrolisi cloro-soda e clorato dal 1906 al 1997. 2- Aree occupate dai gasometri per idrogeno 3- Area nella porzione meridionale dello stabilimento deputata alla compressione dell'idrogeno 4- Area posta a sud est dello stabilimento dove erano presenti i reparti deputati alla produzione dei Sali di mercurio 5- Area posta all'estremo sud-est dello stabilimento nella quale è presente la vasca di neutralizzazione delle acque di scarico dei servizi. (fino agli anni '60)
Piombo	Porzione sud-orientale del sito. In questa area sono state condotte attività lavorative legate alla produzione di carbonato di calcio e arseniato di piombo dal 1920 al 1976
Rame	Porzione sud-orientale dello stabilimento Caffaro. In questa area erano ubicate le produzioni della pasta Caffaro (ossicloruro di rame e cloruro rameico), dell'ossicloruro e di altri prodotti destinati all'utilizzo in agricoltura. Queste produzioni sono state svolte dagli anni '20 fino al 1975.
PCB, PCN e PCT	<p>Sono state individuate 5 differenti potenziali sorgenti primarie:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Area di stoccaggio di Apiroli (prodotti tra il 1936 e il 1984) posta a sud ovest dello stabilimento 2- Area impianti Fenclor (cloro difenili), Deca (cloro difenili) e Diolo ed annessi (polialcoli da cloro difenile) ubicata nella porzione sud-occidentale del sito ed attiva per tali produzioni, negli anni compresi tra il 1936 e il 1984. 3- Aree adibite in passato allo stoccaggio di cloro paraffina, cloro difenili, cloropolitene e clorocaucciù. ubicate ad ovest del sito. 4- porzione centrale del sito in cui sono state ubicate nel corso degli anni le cabine elettriche di trasformazione, presumibilmente equipaggiate con oli dielettrici contenenti PCB. 5- Aree dove in passato erano ubicate le officine elettriche ed i locali di ricezione e conversione dell'energia elettrica (trasformatori contenenti PCB).
Arsenico	Porzione sud-orientale del sito, nella quale sono state condotte attività lavorative legate alla produzione di carbonato di calcio e arseniato di piombo dal 1920 al 1976.
Mercurio	<p>Sono state individuate 5 differenti potenziali sorgenti primarie:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- porzione centrale del sito, nella quale sono state condotte attività lavorative legate

Sorgente	Superamenti nei terreni/acque di falda
	essenzialmente all'elettrolisi cloro-soda e clorato dal 1906 al 1997.
	2- Aree occupate dai gasometri per idrogeno
	3- Area nella porzione meridionale dello stabilimento deputata alla compressione dell'idrogeno
	4- Area posta a sud est dello stabilimento dove erano presenti i reparti deputati alla produzione dei Sali di mercurio
	5- Area posta all'estremo sud-est dello stabilimento nella quale è presente la vasca di neutralizzazione delle acque di scarico dei servizi. (fino agli anni '60)
Piombo	Porzione sud-orientale del sito. In questa area sono state condotte attività lavorative legate alla produzione di carbonato di calcio e arseniato di piombo dal 1920 al 1976
Rame	Porzione sud-orientale dello stabilimento Caffaro. In questa area erano ubicate le produzioni della pasta Caffaro (ossicloruro di rame e cloruro rameico), dell'ossicloruro e di altri prodotti destinati all'utilizzo in agricoltura. Queste produzioni sono state svolte dagli anni '20 fino al 1975.
PCB, PCN e PCT	<p>Sono state individuate 5 differenti potenziali sorgenti primarie:</p> <p>1- Area di stoccaggio di Apiroli (prodotti tra il 1936 e il 1984) posta a sud ovest dello stabilimento</p> <p>2- Area impianti Fenclor (cloro difenili), Deca (cloro difenili) e Diolo ed annessi (polialcoli da cloro difenile) ubicata nella porzione sud-occidentale del sito ed attiva per tali produzioni, negli anni compresi tra il 1936 e il 1984.</p> <p>3- Aree adibite in passato allo stoccaggio di cloro paraffina, cloro difenili, cloropolitene e clorocaucciù. ubicate ad ovest del sito.</p> <p>4- porzione centrale del sito in cui sono state ubicate nel corso degli anni le cabine elettriche di trasformazione, presumibilmente equipaggiate con oli dielettrici contenenti PCB.</p> <p>5- Aree dove in passato erano ubicate le officine elettriche ed i locali di ricezione e conversione dell'energia elettrica (trasformatori contenenti PCB).</p>
α HCH, β HCH e Lindano	Area posta nella porzione nord-occidentale dello stabilimento Caffaro, interessata in passato dalla presenza dei reparti per la produzione di esaclorocicloesano.
DDD, DDT e DDE	Area dedicata in passato alla produzione di insetticidi ubicata nell'estremità nord-occidentale del sito.
PCDD/PCDF	La presenza quasi ubiquitaria di PCDD/PCDF, non ha permesso di individuare una potenziale area sorgente.
Materiali di riporto di origine antropica, presenti in modo ubiquitario sull'area in esame fino a circa 4 m da p.c., costituiti prevalentemente da mattoni, cemento, scarti industriali e calce. A questi materiali non si applica la procedura di AdR.	

3.6. Sorgenti secondarie di contaminazione

Le sorgenti secondarie di contaminazione cui è applicata la procedura di analisi di rischio sono identificate con i comparti ambientali in cui sono stati rilevati superamenti delle CSC indicate dal D.Lgs. 152/06.

Per la delimitazione areale delle sorgenti secondarie nei terreni e nelle acque sotterranee è stata seguita la procedura indicata dai Criteri Metodologici APAT che prevede:

- una suddivisione in poligoni d'influenza dell'area in oggetto sulla base di poligoni di Thiessen;
- la determinazione della continuità spaziale delle sorgenti;
- l'analisi del vicinato dei poligoni/celle con concentrazione minore delle CSC ($C < CSC$).

Le sorgenti secondarie identificate nei terreni insaturi sono state valutate in relazione alla presenza di terreni naturali o di riporto, al netto della presenza di materiali di riporto di origine antropica, che sono considerati come sorgenti primarie di contaminazione, cui non si applica la procedura di AdR. Gli areali sottesi dai sondaggi ove sono presenti materiali di riporto sono evidenziati con una campitura diagonale nelle Figure 3 e 4 fuori testo.

Sulla base dei criteri sopra definiti e sulla base degli esiti delle indagini ambientali condotte in sito sono state individuate:

- n. 4 sorgenti di contaminazione nel terreno insaturo superficiale (0-1 m da p.c.) - Figura 3:
 - Sorgente SS1, posta nella porzione Nord-Occidentale del sito a vocazione commerciale e individuata dai punti di indagine C8 e T14;
 - Sorgente SS2, posta nella porzione Nord-Occidentale del sito a vocazione commerciale e individuata dai punti di indagine T6, T8 P7, C6 e C11;
 - Sorgente SS3, rappresentata dalla porzione centrale del sito a vocazione Verde pubblico;
 - Sorgente SS4, Individuata come l'area a forma triangolare posta a sud della via Emilio Morosini a vocazione commerciale/industriale.
- n. 4 sorgenti di contaminazione nel terreno insaturo profondo (>1 m da p.c.) - Figura 4:
 - Sorgente SP1, posta nella porzione Nord-Occidentale del sito a vocazione commerciale e individuata dai punti di indagine C8 e T14;
 - Sorgente SP2, posta nella porzione Nord-Occidentale del sito a vocazione commerciale e individuata dai punti di indagine P7, C6 e C11;
 - Sorgente SP3, rappresentata dalla porzione centrale del sito a vocazione Verde pubblico;
 - Sorgente SP4, Individuata come l'area a forma triangolare posta a sud della via Emilio Morosini a vocazione commerciale industriale.
- n. 1 sorgente nelle acque di falda - Figura 5, identificata sulla base degli esiti dei monitoraggi condotti da ARPA negli anni 2017 e 2018. Sebbene il protocollo di monitoraggio non ricomprenda l'intera rete piezometrica esistente, la sorgente è stata posta coincidente con l'intera area del sito Caffaro. Si ritiene opportuno precisare, che il tale criterio è stato applicato in via cautelativa ai fini della stima del rischio per la salute umana.

3.7. Vie di migrazione

Alla luce dei composti indice rilevati nei terreni e nelle acque di falda, della loro distribuzione orizzontale e verticale nelle matrici ambientali, e delle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze, risulta che:

- il percorso di *volatilizzazione di polveri* dai terreni insaturi superficiali, nella futura configurazione a parco, e pertinenze correlate, sarà attivo. Attualmente non è attivo per la presenza della pavimentazione continua sull'intero sito ad eccezione dell'area a sud di Via E. Morosini;
- il percorso di *volatilizzazione di vapori* dai terreni insaturi superficiali e profondi e dalle acque sotterranee verso l'aria ambiente è attivo, vista la presenza di sostanze volatili in tutte le sorgenti secondarie identificate;
- il percorso di *lisciviazione* dai terreni verso la falda è un percorso potenzialmente attivo, vista la correlazione di alcune sostanze rilevate sia nei terreni sia nelle acque di falda;

- *migrazione orizzontale* della contaminazione dissolta in falda: il trasporto della contaminazione in falda è un percorso attivo vista la presenza dei composti registrati nel corpo idrico sotterraneo in concentrazioni eccedenti le CSC. Il deflusso delle acque avviene in direzione Sud, pertanto è stata considerata la migrazione dei contaminanti verso tale direzione ponendo il POC al confine di valle idrogeologica del sito.

3.8. Recettori

In accordo con le procedure previste dal D. Lgs. 152/06, ai fini della definizione degli obiettivi di bonifica, sono stati identificati i potenziali bersagli della contaminazione presente nel suolo e nel sottosuolo del sito.

L'analisi ha valutato lo scenario futuro di sviluppo del sito.

In Appendice 1 è riportato un estratto del P.G.T del Comune di Brescia in cui sono rappresentati le aree circostanti il sito e le relative destinazioni d'uso.

I possibili recettori che possono entrare in contatto con le sorgenti di contaminazione sopra definite, nella futura configurazione del sito, sono:

- Recettori on site: *i futuri fruitori del parco e lavoratori* delle pertinenze;
- Recettori off site:
 - *i residenti* nelle aree intorno allo stabilimento (cfr. Figura 1);
 - *i lavoratori* delle attività industriali/commerciali adiacenti al sito. Per tali recettori, non è stata applicata alcuna procedura di calcolo delle CSR, poiché, i risultati dei calcoli condotti per i lavoratori on site e per i futuri fruitori del parco risultano maggiormente cautelativi;
- Acque sotterranee: ai sensi della normativa vigente è stato imposto il rispetto delle CSC e/o delle massime concentrazioni in ingresso allo stabilimento, ai punti di conformità ubicati lungo il confine di valle idrogeologica del sito (confine meridionale, presso il quale sono installati i piezometri Pz4, Pz8, Pz5, Pz6, Pz9 e Pz7). Dall'analisi dei dati raccolti nella campagna di marzo 2019, si evince che le acque di falda presentano già in ingresso al sito concentrazioni superiori alle CSC. Nel caso del Cromo esavalente e dei Composti Clorurati – serie degli eteni sono evidenti, in ingresso al sito, concentrazioni superiori alle CSC. Altresì si riconoscono i contributi alla contaminazione delle acque sotterranee da parte delle sorgenti di contaminazione ubicate all'interno del sito, come nel caso dei metalli (As, Cr VI e Hg), che incidono maggiormente sulla qualità delle acque nella parte orientale del sito, dei solventi clorurati (Tetracloruro di Carbonio e Cloroformio), più evidenti nella porzione centrale e di composti quali PCB e fitofarmaci, che incidono maggiormente nella porzione occidentale.

3.9. Percorsi d'esposizione

In relazione ai contaminanti rilevati nelle matrici ambientali, alla figura configurazione di sviluppo del sito ed ai recettori individuati, le vie d'esposizione considerate sono le seguenti:

- contatto dermico, ingestione accidentale e inalazione outdoor di particolato dal terreno superficiale: attivi nella futura configurazione a parco dell'area;
- inalazione di vapori outdoor dai terreni insaturi superficiali, profondi e dalle acque della falda: attivo da quelle sorgenti caratterizzate dalla presenza di sostanze volatili, così come definite da ISS, marzo 2018;
- inalazione di vapori indoor dai terreni insaturi superficiali, profondi, dalle acque della falda: attivo per gli edifici che saranno mantenuti all'interno dell'area in esame (cfr. Figura 6) e per quelli off-site, ubicati a distanza inferiore a 30 m dalle sorgenti identificate.

La possibile esclusione dei percorsi di inalazione vapori indoor e outdoor è stata valutata applicando la linea guida *"Procedura operativa per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati"* SNPA n. 17/2018 (cfr. capitolo 5.1).

Nella tabella seguente si riassumono i percorsi di esposizione considerati per il sito in esame.

Tabella 7: Percorsi di esposizione attivi

Sorgente	Recettori on site	Recettori off site	
SS1	Contatto dermico, ingestione e inalazione di polveri e di vapori indoor e outdoor da parte dei lavoratori delle pertinenze del parco	Inalazione di vapori e polveri outdoor da parte dei fruitori del parco	Inalazione di vapori indoor da parte dei residenti ubicati entro un raggio di 30 m alla sorgente e vapori e polveri outdoor
SS2	Contatto dermico, ingestione e inalazione di polveri e di vapori indoor e outdoor da parte dei lavoratori delle pertinenze del parco	Inalazione di vapori e polveri outdoor da parte dei fruitori del parco	Inalazione di vapori indoor e vapori e polveri outdoor da parte dei residenti ubicati entro un raggio di 30 m alla sorgente
SS3	Contatto dermico, ingestione e inalazione di polveri e di vapori outdoor da parte dei fruitori del parco	Inalazione di vapori indoor e outdoor, polveri outdoor da parte dei lavoratori limitrofi alla sorgente	Inalazione di vapori indoor e vapori e polveri outdoor da parte dei residenti ubicati entro un raggio di 30 m alla sorgente
SS4	Contatto dermico, ingestione e inalazione di polveri e di vapori outdoor da parte dei lavoratori delle pertinenze del parco	Inalazione di vapori e polveri outdoor da parte dei fruitori del parco	
SP1	Inalazione di vapori Indoor e outdoor da parte dei lavoratori delle pertinenze del parco	Inalazione di vapori outdoor da parte dei fruitori del parco	Inalazione di vapori indoor e outdoor da parte dei residenti ubicati entro un raggio di 30 m alla sorgente
SP2	Inalazione di vapori Indoor e outdoor da parte dei lavoratori delle pertinenze del parco	Inalazione di vapori outdoor da parte dei fruitori del parco	Inalazione di vapori indoor e outdoor da parte dei residenti ubicati entro un raggio di 30 m alla sorgente
SP3	Inalazione di vapori outdoor da parte dei fruitori del parco	Inalazione di vapori indoor e outdoor da parte dei lavoratori limitrofi alla sorgente	Inalazione di vapori indoor e outdoor da parte dei lavoratori ubicati entro un raggio di 30 m alla sorgente

Sorgente	Recettori on site	Recettori off site	
SP4	Inalazione di vapori outdoor da parte dei lavoratori delle pertinenze del parco	Inalazione di vapori indoor e outdoor da parte dei lavoratori limitrofi alla sorgente	
GW	Inalazione di vapori outdoor (fruitori del parco e lavoratori delle pertinenze) Inalazione di vapori indoor (lavoratori delle pertinenze)	Inalazione di vapori indoor e outdoor da parte dei residenti limitrofi alla sorgente	Inalazione di vapori indoor e outdoor da parte dei lavoratori ubicati entro un raggio di 30 m alla sorgente

4. PARAMETRI DEL MODELLO

I parametri utilizzati nella procedura di analisi di rischio per la determinazione delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) sono stati determinati attraverso misure sito-specifiche. In assenza di tali misure, sono stati utilizzati i dati di letteratura definiti dai *“Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”*, rev.2, APAT, 2008.

Al fine di disporre dei parametri sito specifici per l'elaborazione dell'AdR, validati da ARPA, è stata svolta una specifica campagna di indagine propedeutica alla progettazione definitiva da dicembre 2018 al marzo 2019. Tali parametri sono conformi a quanto indicato dal *“Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del D. Lgs. 152/06”*, APAT, Giugno 2008.

4.1. Parametri di esposizione

I parametri d'esposizione umana utilizzati nel presente lavoro, per i percorsi d'esposizione considerati attivi corrispondono ai parametri di default indicati dai Criteri Metodologici APAT per le esposizioni di tipo ricreativo, commerciale/industriale e residenziale.

4.2. Parametri geologici e idrogeologici

I parametri relativi alle caratteristiche del terreno insaturo superficiale e profondo sono stati determinati attraverso misure sito specifiche (indagini di propedeutiche alla progettazione definitiva 2018-2019). Ai fini dell'analisi di rischio il suolo insaturo del sito è stato suddiviso in superficiale e profondo, con profondità rispettivamente inferiore e superiore ad 1 metro da p.c.

Nei mesi compresi tra dicembre 2018 e febbraio 2019 sull'area in esame sono stati prelevati campioni di terreno sui quali sono state condotte le analisi granulometriche, così come riportato nella tabella sottostante. I certificati sono riportati in allegato al Progetto di Bonifica di cui questo documento è un Allegato (Allegato 13 del POB)

Tabella 8: Campioni prelevati per analisi granulometriche

Terreno superficiale	Terreno insaturo profondo	Terreno saturo
MW1_80 (0.2-1.0m)		MW1_80 (29-29,8m) MW1_80 (45-46m)
MW2_80 (0.2-1.0m)		MW2_80 (30-31m)
MW3_80 (0.2-1.0m)		MW3_80 (46-47m)
MW4_80 (0.2-1.0m)	MW4_80 (14-15m)	MW4_80 (30-31m)
MW5_80 (0.2-1.0m)	MW5_80 (13.5-14.5m)	MW5_80 (28-29m)
MW6_80 (0.2-1.0m)	MW6_80 (14-15m) MW6_80 (27-28m)	MW6_80 (44-45m)
MW7_80 (0.2-1.0m)	MW7_80 (27-28m)	MW7_80 (33.4-34.4m)
MW8_80 (0.2-1.0m)		

Per ciascun campione si riportano le percentuali delle frazioni granulometriche e la tessitura associata, secondo la classificazione USDA suggerita dai Criteri Metodologici.

Tabella 9: Risultati analisi granulometriche

Suolo Superficiale						Suolo profondo insaturo					Suolo saturo				
ID	Prof. m da p.c.	Sabbia e ghiaia	Limo	Argilla	Tessitura	Prof. m da p.c.	Sabbia e ghiaia	Limo	Argilla	Tessitura	Prof. m da p.c.	Sabbia e ghiaia	Limo	Argilla	Tessitura
MW1	(0,2-1)	37,8	39,3	22,9	LOAM	(14-15)	61,5	26,7	11,8	SANDY LOAM	(29-29,8)	25,3	45,4	29,3	CLAY LOAM
											(45-46)	30,4	44,0	25,6	LOAM
MW2	(0,2-1)	9,8	55,0	35,2	SILTY CLAY LOAM	(29-30)	30,2	28,4	41,5	CLAY	(30-31)	43,3	41,0	15,7	LOAM
MW3	(0,2-1)	40,5	37,9	21,6	LOAM	(13-14)	47,0	35,7	17,2	LOAM	(46-47)	25,8	49,3	24,9	LOAM
						(25-26)	39,1	39,8	21,1	LOAM					
MW4	(0,2-1)	73,0	21,1	5,9	SANDY LOAM	(14-15)	38,7	43,5	17,8	LOAM	(30-31)	26,4	48,3	25,3	LOAM
MW5	(0,2-1)	39,5	40,7	19,8	LOAM	(13,5-14,5)	46,3	34,6	19,0	LOAM	(28-29)	49,4	36,1	14,5	LOAM
MW6	(0,2-1)	69,1	20,7	10,2	SANDY LOAM	(14-15)	33,8	42,3	23,9	LOAM	(44-45)	40,3	41,5	18,2	LOAM
						(27-28)	17,6	59,6	22,8	SILT LOAM					
MW7	(0,2-1)	15,9	53,0	31,1	SILTY CLAY LOAM	(27-28)	48,8	39,9	11,4	LOAM	(33,4-34,4)	13,3	60,6	26,1	SILT LOAM
MW8	(0,2-1)	60,2	29,1	10,7	SANDY LOAM	(13-14)	51,5	35,5	13,0	LOAM	(44-45)	36,3	39,6	24,0	LOAM

Sulla base dei risultati delle prove granulometriche sopra riportate la tessitura più conservativa per il suolo insaturo superficiale e per il suolo profondo è di tipo “medio sabbioso”, corrispondente alla classificazione “Sandy Loam” indicata nei Criteri Metodologici e per il suolo saturo, di tipo “medio”, corrispondente alla classificazione “Loam”.

Lo spessore del terreno insaturo e la profondità del tetto dell'orizzonte saturo sono stati determinati sulla base delle misure di soggiacenza della falda registrate in sito nei mesi gennaio 2015, settembre 2016, ottobre 2016, dicembre 2016, aprile 2017, giugno 2017, settembre 2017, dicembre 2017, marzo 2018, settembre 2018, gennaio 2019 (cfr. Allegato 2)

Nelle tabelle successive si riportano i parametri relativi al terreno insaturo superficiale e profondo utilizzati nella procedura di analisi di rischio.

Tabella 10: Parametri geologici – Suolo insaturo superficiale e profondo

Parametri	Valore	Riferimento
Tessitura del suolo insaturo	Sandy Loam	Dato sito specifico: tessitura più conservativa ricavata sulla base delle analisi granulometriche condotte in corrispondenza dei campioni analizzati (cfr tabella 7 nel testo)
Foc della zona insatura (-)	0,001 Suolo Superficiale 0,001 Suolo Profondo	Dato sito specifico: valore minimo risultante dai dati ottenuti dall'indagine svolta tra il dicembre 2018 e il marzo 2019 relativi al suolo superficiale e profondo (cfr. Capitolo 4 POB)
pH	7,8-12 Superficiale 8,3-9,5 Profondo	Dato sito specifico: valori minimi e massimi dei valori ottenuti dall'indagine svolta tra il dicembre 2018 e il marzo 2019 relativi al suolo superficiale e profondo (cfr. Capitolo 4 POB)
Densità del suolo (g/cm ³)	1,7	Criteri metodologici
Porosità efficace (-)	0,345	Criteri metodologici per Sandy Loam
Contenuto volumetrico d'acqua	0,194	Criteri metodologici per Sandy Loam
Contenuto volumetrico d'aria	0,151	Criteri metodologici per Sandy Loam

Tabella 11: Parametri geologici – Suolo saturo

Parametri	Valore	Riferimento
Tessitura del suolo saturo	Loam	Dato sito specifico: tessitura più conservativa ricavata sulla base delle analisi granulometriche condotte in corrispondenza dei campioni analizzati (cfr tabella 11)
Foc della zona satura (-)	0,001	Dato sito specifico: valore minimo risultante dai dati ottenuti dall'indagine svolta tra il dicembre 2018 e il marzo 2019 relativi al suolo saturo (cfr. Capitolo 4 POB)
pH	8,5-9,1	Dato sito specifico: valori minimi e massimi dei valori risultante dai dati ottenuti dall'indagine svolta tra il dicembre 2018 e il marzo 2019 relativi al suolo saturo (cfr. Capitolo 4 POB)
Densità del suolo (g/cm ³)	1,7	Criteri metodologici APAT
Porosità efficace (-)	0,352	Criteri metodologici APAT per Loam

Per i parametri idrogeologici si è fatto riferimento a quanto riportato nelle elaborazioni del modello idrogeologico redatto da ARPA Brescia relativi al sito ovvero: la conducibilità idraulica presa in considerazione è 0,002 m/s, che rappresenta il valore attribuito al conglomerato a media permeabilità nello studio eseguito da ARPA (Modello idrogeologico di flusso e trasporto della contaminazione – Gennaio 2018), mentre il carico idraulico statico presente nell'area di studio è stato ottenuto tramite l'utilizzo del modello numerico idrogeologico (AECOM Allegato 2 al POB) ed è pari a circa 0,1%.

Nelle tabelle successive si riportano i parametri relativi al terreno insaturo superficiale e profondo e i parametri della falda utilizzati nella procedura di analisi di rischio.

Tabella 12: Parametri idrogeologici

Parametri	Valore	Riferimento
Soggiacenza della falda (m da p.c.)	27,61 – 29,2	Dato sito specifico: 95%LCL e 95%UCL - valori calcolati sulla base delle misure freaticmetriche condotte da giugno 2015 a gennaio 2019 (cfr. Appendice I)
Spessore dell'acquifero (m)	80	Dato sito specifico: definito a seguito della definizione del modello idrogeologico e delle indagini svolte dal 2005 al 2019
Direzione prevalente del flusso di falda	NNE-SSO	Dato sito specifico: direzione rilevata sulla base dell'andamento della superficie freaticmetrica ricostruita e a base del modello idrogeologico (AECOM Allegato2 al POB)
Gradiente idraulico	0,1%	Dato sito specifico: dato statico ottenuto tramite l'utilizzo del modello numerico idrogeologico elaborato da AECOM (AECOM Allegato 2 al POB)
Conducibilità idraulica	0,002 m/sec	Dato sito Specifico: valore attribuito al conglomerato a media permeabilità nello studio eseguito da ARPA (cfr. Modello idrogeologico di flusso e trasporto della contaminazione – Gennaio 2018)

4.3. Parametri degli ambienti aperti

I parametri degli ambienti aperti, quali la direzione, la velocità del vento, sono stati determinati sulla base dei dati registrati sul sito Arpa Lombardia², per la stazione di Brescia sita in via Ziziola (cfr. Appendice 3). Nella tabella seguente sono riportati i parametri degli ambienti aperti utilizzati in input al modello.

Tabella 13: Parametri ambientali

Parametri	Valore	Riferimento
Direzione prevalente del vento	O - E	Dato sito specifico: rosa dei venti per la stazione di Brescia Via Ziziola (cfr. Appendice 3)
Altezza della zona di miscelazione in aria (m)	2	Default
Velocità del vento (m/s)	0,72	Dato sito specifico: il valore di velocità media del vento è stato determinato, sulla base di quanto indicato nei Criteri metodologici, a partire dal valore di velocità minimo rilevato a 10 m di altezza in corrispondenza della stazione meteorologica di Brescia Via Ziziola (cfr. Appendice 3), nel periodo 2013 - 2018 (unici valori disponibili per la stazione di riferimento)

² ARPA Lombardia Meteo. <http://www.arpalombardia.it/siti/arpalombardia/meteo/riciesta-dati-misurati/Pagine/RichiestaDatiMisurati.aspx>

Parametri	Valore	Riferimento
		considerata); tale valore è pari a 0,92 m/s relativo all'anno 2017. La velocità media alla quota di 2 m dal p.c. è stata, successivamente, stimata utilizzando la formula empirica di S.R. Hanna et. Al., 1982, attribuendo al sito una classe di stabilità atmosferica di categoria A-B (radiazione solare incidente moderata, determinata sulla base dei dati riportati nell'archivio climatico dell'agenzia ENEA e riferita alla città di Brescia) ed una rugosità del suolo di tipo urbano.
		$\frac{U_{air}(z_1)}{U_{air}(z_2)} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^p$ <p>con $p=0,15$</p> <p>dove:</p> <p>$z_1 = 10$ m, $z_2 = 2$ m, $U_{air}(z_1)$ = velocità del vento a 10 m di altezza, $U_{air}(z_2)$ = velocità del vento a 2 m di altezza</p>
Tempo medio di durata del flusso di vapore (anni)	25/30	Default (commerciale/residenziale)
Piovosità media annua	118,32 cm/anno	Dato sito specifico: il valore di piovosità media annua è stato ottenuto come valore massimo annuo relativo in corrispondenza della stazione meteorologica di Brescia Via Ziziola (cfr. Appendice 3), nel periodo 1998 – 2018 e corrisponde al valore misurato nell'anno 2014.

4.4. Parametri degli edifici

Gli edifici considerati ai fini del presente lavoro sono prevalentemente rappresentati dagli edifici, interni o esterni allo stabilimento, ubicati entro 30 m dalle sorgenti identificate (cfr. Figura 6). Le tabelle successive riassumono tutti i parametri utilizzati in input per la modellazione del fenomeno di volatilizzazione dei vapori negli edifici commerciali e residenziali considerati.

Tabella 14: Parametri caratteristici degli edifici

Parametri	Residenziale	Commerciale	Riferimento
Rapporto tra volume indoor e area di infiltrazione (m)	2,7	3	Dato sito specifico: per gli edifici residenziali è stato utilizzato un rapporto corrispondente alla minima altezza prevista per l'abitabilità delle costruzioni a scopo residenziale. Per gli edifici commerciali è stato imposto il valore di default previsto nei Criteri Metodologici.
Profondità delle fondazioni dal p.c. (m)	0,15	0,15	Criteri Metodologici
Spessore della soletta di fondazione (m)		0,15	Criteri Metodologici
Frazione di fratture delle fondazioni (-)		0,01	Criteri Metodologici
Contenuto volumetrico d'acqua nelle fondazioni (-)		0,12	Criteri Metodologici
Contenuto volumetrico d'aria nelle fondazioni (-)		0,26	Criteri Metodologici
Tasso di ricambi indoor (s ⁻¹)	1,4E-04/2,3E-04		Criteri Metodologici (residenziale-commerciale)
Tempo medio di durata del flusso di vapore (anni)		30-25	Criteri Metodologici (residenziale-commerciale)

4.5. Parametri delle sorgenti secondarie

A valle dell'identificazione delle aree sorgenti nel suolo insaturo superficiale, nel suolo insaturo profondo e nelle acque sotterranee (cfr. Figure 3, 4 e 5) sono stati definiti i parametri geometrici delle stesse. Tali parametri, determinati su base sito-specifica, sono riportati nelle successive tabelle.

Tabella 15: Parametri delle sorgenti secondarie – Suolo insaturo superficiale

Parametri	SS1	SS2	SS3	SS4	Riferimento
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m)	50	117	293	50	Dato sito specifico: estensione delle sorgenti secondarie lungo la direzione di deflusso della falda NNE - SSO (cfr. Figura 3 fuori testo)
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m)	50	114	-	-	Dato sito specifico: estensione delle sorgenti secondarie in direzione ortogonale alla direzione di deflusso della falda
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento (m)	50	112	474	50	Dato sito specifico: estensione delle sorgenti secondarie lungo la direzione prevalente del vento O-E (cfr. Figura 3 fuori testo)
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento (m)	50	121	257	50	Dato sito specifico: estensione delle sorgenti secondarie in direzione ortogonale alla direzione prevalente del vento
Top della sorgente (m)	0	0	0	0	Dato sito specifico: minima profondità, rispetto al p.c., alla quale sono state riscontrate le contaminazioni potenziali
Spessore della sorgente (m)	1	1	1	1	Dato sito specifico: distanza tra il top e il bottom delle sorgenti (coincidente con la massima profondità di contaminazione dei campioni)
Distanza dai recettori off site (m)	0	0	0	0	Dato sito specifico: minima distanza dei recettori off site dalle sorgenti (cfr. Figura 6 fuori testo).
Distanza punto di conformità in falda	115	200	0	0	Dato sito specifico: minima distanza delle sorgenti dal POC(cfr. Figura 3 fuori testo).

Tabella 16: Parametri delle sorgenti secondarie – Suolo insaturo profondo

Parametri	SP1	SP2	SP3	SP4	Riferimento
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m)	50	69	293	50	Dato sito specifico: estensione delle sorgenti secondarie lungo la direzione di deflusso della falda NNE - SSO (cfr. Figura 4 fuori testo)
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m)	50	114	-	-	Dato sito specifico: estensione delle sorgenti secondarie in direzione ortogonale alla direzione di deflusso della falda
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento (m)	50	112	474	50	Dato sito specifico: estensione delle sorgenti secondarie lungo la direzione prevalente del vento O-E (cfr. Figura 4 fuori testo)
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento (m)	50	71	257	50	Dato sito specifico: estensione delle sorgenti secondarie in direzione ortogonale alla direzione prevalente del vento
Top della sorgente (m)	1	1	1	1	Dato sito specifico: i valori coincidono con le minime profondità, rispetto al p.c., alla quale sono state riscontrate le contaminazioni potenziali.
Spessore della sorgente (m)	1,75	4,75	28,2	3	Dato sito specifico: distanza tra il top e il bottom delle sorgenti. Per le sorgenti SP1 e

Parametri	SP1	SP2	SP3	SP4	Riferimento
					SP2, il bottom delle sorgenti coincide con l'emidistanza tra la massima profondità rispetto al p.c. alla quale è stata riscontrata la contaminazione potenziale e il top del campione sottostante non contaminato. Per la sorgente SP3 il bottom della sorgente coincide con la soggiacenza della falda (UCL95%). Infine per la sorgente SP4, in assenza di un campione di bottom con concentrazioni <CSC, è stata considerato uno spessore di 3 m in quanto in tutti i sondaggi profondi eseguiti la contaminazione non si estende oltre i 4 m da p.c.
Distanza dai recettori roff site (m)	0	0	0	0	Dato sito specifico: minima distanza dei recettori residenziali off site dalle sorgenti (cfr. Figura 9B fuori testo).
Distanza punto di conformità in falda	115	200	0	0	Dato sito specifico: minima distanza delle sorgenti dal POC (cfr. Figura 4 fuori testo).

Tabella 17: Parametri della sorgente secondaria (composti clorurati) – Acque Sotterranee

Parametri	GW	Riferimento
Lunghezza della sorgente in direzione prevalente del vento (m)	474	Dato sito specifico: estensione della sorgente secondaria lungo la direzione prevalente del vento O - E (cfr. Figura 5 fuori testo)
Top della sorgente (m)	27,61	Dato sito specifico: valore coincidente con il 95% LCL dei valori di soggiacenza della falda (cfr. par. Error! Reference source not found.)
Distanza dai recettori off site (m)	0	Dato sito specifico: distanza dei recettori residenziali off site ubicati a sud ovest dalle sorgenti (cfr. Figure 5 e 9C fuori testo).

4.6. Parametri tossicologici

Le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche di tutti i COPCs considerati corrispondono ai valori riportati nella banca dati ISS/INAIL del marzo 2018.

Per quanto riguarda invece il composto Tetracloruro di Carbonio rilevato nei terreni profondi e nelle acque di falda in concentrazioni superiori ai limiti proposti da ISS, non essendo incluso nell'elenco delle sostanze riportate nella banca dati ISS/INAIL del marzo 2018, al fine di definire gli obiettivi di bonifica, si è fatto riferimento ai parametri chimico fisici e tossicologici riportati nella banca da RAIS3. I parametri chimico fisici e tossicologici utilizzati nella presente elaborazione sono riassunti nella tabella 1 fuori testo.

Per il mercurio, sulla base di quanto indicato nel database ISS, marzo 2018, ai fini del calcolo delle CSR sono state utilizzate le proprietà chimico-fisiche del:

- mercurio elementare - per i percorsi di volatilizzazione
- metilmercurio - per il contatto dermico e l'ingestione
- cloruro di mercurio per il percorso di lisciviazione.

³ <https://rais.ornl.gov/index.html>

In considerazione del fatto che la speciazione dei congeneri svolta nell'indagine eseguita nel gennaio 2019 ha evidenziato sia la presenza di PCB totali sia una minima frazione di PCB Dioxin Like, recependo quanto indicato nell'Allegato 2 alla banca Dati ISS/INAIL del marzo 2018 saranno definite due CSR, una calcolata utilizzando i parametri relativi alla classe PCB DL, e l'altra utilizzando i parametri relativi alla classe PCB totali.

Con riferimento ai DDT, DDE e DDD, in considerazione del fatto che le indagini di caratterizzazione hanno restituito le concentrazioni come somma dei tre composti, al fine di calcolare la CSR per i tre composti si è fatto riferimento ai parametri chimico fisici e tossicologici del DDE in quanto maggiormente cautelativi per tutti i percorsi considerati.

Durante la campagna indagine propedeutica alla progettazione definitiva svolta presso il sito in contraddittorio con ARPA nel mese di gennaio 2019 (cfr. Capitolo 4 POB) è stato effettuato il campionamento e l'analisi dei terreni per alla valutazione dei valori sito-specifici del coefficiente di partizione suolo/acqua (Kd) per 5 metalli. Nella tabella seguente sono riportati i valori di Kd risultati dalle analisi (i certificati analitici sono riportati in Allegato 13 al POB). Sulla base dei risultati ottenuti, cautelativamente, per il calcolo delle CSR è stato utilizzato il valore sito-specifico minimo (riportato in grassetto nella tabella sottostante).

Tabella 18: Kd (L/kg) sito specifici

	MW1_80 (0.2-1.0)	MW3_80 (0.2-1.0)	MW4_80 (0.2-1.0)	MW5_80 (0.2-1.0)	MW7_80 (0.2-1.0)	MW7_80 (23.4-24.4)	MW2_80 (9-10)
Arsenico	377	1830	>10000	67	8130	>20000	426
Mercurio	5960	163000	3570	85000	180000	>1000	250
Cromo totale	2600	20000	3500	6670	>25000	>13000	>22000
Piombo	786	645000	3000	11000	200000	>50000	>10000
Rame	536	78900	1600	6770	42300	>13000	17000

Per quanto concerne gli idrocarburi pesanti C>12, rilevati nei terreni insaturi superficiali e profondi, nella campagna di indagine propedeutica alla progettazione definitiva svolta presso il sito in contraddittorio con ARPA nel mese di gennaio 2019 (cfr. Capitolo 4 POB) è stata definita la speciazione MADEP, come riportato nella tabella successiva.

Tabella 19: Frazionamento degli idrocarburi nel terreno insaturo

Campione con concentrazione massima di idrocarburi C>12	Speciazione	Concentrazione (mg/kg)	Frazionamento %
MW5_80 (0.2-1.0)	Alifatici C19-C36	16	46%
	Alifatici C13-C18	<10	-
	Aromatici C13-C22	19	54%
MW3_80 (28-29)	Alifatici C19-C36	103	71%
	Alifatici C13-C18	<10	-
	Aromatici C13-C22	42	29%

4.7. Concentrazioni rappresentative alla sorgente

La metodologia utilizzata per la scelta della concentrazione rappresentativa alla sorgente (Crapp) segue le indicazioni riportate nel documento "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", APAT, rev. 02, Marzo 2008.

In particolare, le concentrazioni rappresentative delle sorgenti SS1, SS2 e SS4, individuate nel terreno insaturo superficiale e delle sorgenti SP1, SP2 e SP4, nel terreno insaturo profondo, sono state poste pari alle massime concentrazioni dei COPCs rilevati in ciascuna sorgente, poiché il numero di punti d'indagine ricadenti nelle singole aree è inferiore a n.10.

Per la sorgente SS3 nel terreno insaturo superficiale, per la sorgente SP3 nel terreno insaturo profondo e per la sorgente GW nelle acque sotterranee, invece, le concentrazioni rappresentative sono state poste pari al 95%UCL dei dati rilevati in ciascuna di esse, se per il singolo parametro erano disponibili almeno 10 valori determinati. Se il numero dei valori disponibili per l'elaborazione era inferiore a 10, la concentrazione rappresentativa è stata posta pari alla concentrazione massima rilevata. A tal fine, il calcolo è stato effettuato mediante il software ProUCL ver. 5.0 (Cfr. Allegato 2, Input e output software ProUCL), come segue:

- assegnando ai valori con concentrazione inferiore al limite di rilevabilità analitica una concentrazione pari al limite di rilevabilità stesso;
- per la sorgente SP3, per la quale sono disponibili le concentrazioni dei campioni rilevati a differenti profondità lungo le verticali di sondaggio, è stata considerata la media pesata dei campioni in accordo con quanto indicato dai Criteri Metodologici.

Si precisa inoltre che:

- per le sorgenti SS3, SP3 e SS4, alla massima concentrazioni di idrocarburi pesanti $C_{>12}$ è stata applicato il frazionamento MADEP riportato in Tabella 19;
- per le sorgenti SS1 e SP1, SS3 e SP3 e SS4, la concentrazione rappresentativa dei PCB Totali risulta la somma delle concentrazioni dei composti PCT e PCN dove questi presentavano valori superiori alla CSC dei PCB Totali;
- per il Cromo VI, che non è stato rilevato in concentrazioni eccedenti le CSC, ma è stato incluso nella lista dei contaminanti indice, dice su espressa richiesta effettuata da ARPA nella riunione Tecnica svoltasi presso lo stabilimento in data 11 marzo 2019, nelle le sorgenti SS3 e SP3 (ovvero in prossimità del piezometro PZ10), non è definibile una concentrazione rappresentativa.

Le tabelle seguenti riportano le Crapp dei COPCs identificati nel terreno insaturo superficiale, nel terreno insaturo profondo e nelle acque sotterranee.

Tabella 20: Concentrazione rappresentativa alla sorgente (Crapp) – Sorgenti SS1 e SP1

COPCs	CSC (mg/kg)	SS1 Cmax (mg/kg)	SP1Cmax (mg/kg)
Arsenico	50	295,0	365,05
Mercurio	5	37,7	11,9
PCB totali +PCN	5	77,6	23
DDD, DDT, DDE	0,1	52,8	-
Somma PCDD/F (conversione TEQ)	0,0001	0,0033	0,00167

Le concentrazioni rappresentative delle sorgenti SS2 e SP2 coincidono in quanto i campioni prelevati alla quota di 0,5 – 1,5 m da p.c. sono stati attribuiti ad entrambi gli orizzonti e risultano i campioni maggiormente contaminati.

Tabella 21: Concentrazione rappresentativa alla sorgente (Crapp) – Sorgenti SS2 e SP2

COPCs	CSC (mg/kg)	SS2 Cmax (mg/kg)	SP2 Cmax (mg/kg)
Mercurio	5	20,62	20,62
Piombo	1000	1427,4	1427,40
PCB totali	5	546	546
Somma PCDD/F (conversione TEQ)	0,0001	0,0036	0,0036

Le concentrazioni rappresentative delle sorgenti SS3 e SP3 sono state calcolate come 95%UCL o corrispondono al massimo se non vi erano 10 dati disponibili e sono riportate in grassetto nella tabella sottostante.

Tabella 22: Concentrazione rappresentativa alla sorgente (Crapp) – Sorgenti SS3 e SP3

COPCs	CSC (mg/kg)	SS3 UCL (mg/kg)	SS3 Cmax (mg/kg)	SP3 UCL (mg/kg)	SP3 Cmax (mg/kg)
Antimonio	10	7,453	17,66	1,46	17,66
Arsenico	20	228,4	1500	291,4	4960
Cobalto	20	-	-	7,65	33
Mercurio	1	135,5	440,39	25,16	440,39
Piombo	100	840,2	6030	289	4067,2
Rame totale	120	5844	69464	1374	69464
Selenio	3	3,911	12,51	2,43	12,512
Stagno	1	20,63	139,68	4,02	73,6
Tallio	1	1,052	3,77	0,32	2,7968
Zinco	150	141,1	482,4	153,9	1295,7
Cromo VI	2	-	-	-	-
Idrocarburi C > 12	50	390,3	2555	238,4	963,424
Alifatici C19-C36	-	178,42	-	-	-
Aromatici C11-C22	-	211,88	-	-	-
PCB totali (+PCN+PCT)	0,06	4284,2	32924	170,23	1777
Alfa HCH	0,01	0,28	0,51	-	2,18
beta HCH	0,01	12,7	21,23	9,2	11,72
Lindano	0,01	21,37	27,98	-	39,13
Aldrin	0,01	-	1,19	-	0,0703
Dieldrin	0,01	0,249	0,66	-	0,30
Endrin	0,01	-	0,12	-	0,12
Clordano	0,01	-	0,03	-	0,03
DDD, DDT, DDE	0,01	35,41	83,24	8,18	20,22
Benzo(a)antracene	0,5	1,043	3,4	1,79	8,11
Benzo(a)pirene	0,1	1,243	5,33	1,97	7,4
Benzo(b)fluorantene	0,5	1,528	5,28	2,95	8,11
Benzo(k)fluorantene	0,5	1,011	4,08	1,64	6,15

COPCs	CSC (mg/kg)	SS3 UCL (mg/kg)	SS3 Cmax (mg/kg)	SP3 UCL (mg/kg)	SP3 Cmax (mg/kg)
Benzo(g,h,i)perilene	0,1	1,376	8,125	1,93	5,76
Crisene	5	-	-	1,82	8,64
Dibenzo(a,e)pirene	0,1	0,856	2,145	-	2,13
Dibenzo(a,l)pirene	0,1	1,461	3,7	-	3,02
Dibenzo(a,i)pirene	0,1	3,459	12,512	-	12,51
Dibenzo(a,h)pirene	0,1	-	0,26	-	0,18
Dibenzo(a,h)antracene	0,1	0,459	1,352	0,54	1,21
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	0,1	1,326	6,44	1,95	5,90
Pirene	5	2,867	6,78	4,57	15,15
Cloro metano	0,1	-	0,7	-	0,78
Dicloro metano	0,1	-	-	-	0,4
Tricloro metano	0,1	0,632	1,06	-	0,46
Tetracloro etilene	0,5	0,66	0,78	-	-
Dibromo cloro metano	0,5	4,61	1,73	-	0,6
Cloro benzene	0,5	-	-	-	2,1
1,2-dicloro benzene	1	-	4,3	-	205
1,4-dicloro benzene	0,1	-	2,7	-	165
1,2,4-tricloro benzene	1	3088	656	-	1542
1,2,4,5-tetracloro benzene	1	49,55	47,4	4,57	47,4
Pentaclorobenzene	0,1	18,78	17,95	8,63	17,95
Esacloro benzene	0,05	-	2,3552	-	3,38
Tetracloruro di carbonio	0,1*	-	-	-	2,1
Somma PCDD/F (conversione TEQ)	1,0E-05	0,0353	0,288	0,018	0,29

* Limite suggerito da ISS – In **grassetto** sono riportate le Concentrazioni rappresentative utilizzate

Tabella 23: Concentrazione rappresentativa alla sorgente (Crapp) – Sorgenti SS4 e SP4

COPCs	CSC (mg/kg)	SS4 Cmax (mg/kg)	SP4 Cmax (mg/kg)
Arsenico	50	530	310
Mercurio	5	78	-
Piombo	1000	3036	-
Rame totale	600	4000	-
Idrocarburi C > 12	750	1053	-
Alifatici C19-C36	-	481,4	-
Aromatici C11-C22	-	571,6	-
PCB totali + PCN + PCT	5	623,1	-
Alfa HCH	0,1	0,15	-
Aldrin	0,1	0,74	-
Dieldrin	0,1	1,79	-
DDD, DDT, DDE	0,1	13,9	-
Somma PCDD/F (conversione TEQ)	0,0001	0,00618	0,00018

Tabella 24: Concentrazione rappresentativa alla sorgente (Crapp) – Acque Sotterranee

COPCs	CSC (µg/L)	GW 95% UCL (µg/L)	GW Cmax (µg/L)
Arsenico	10	7,591	-
Cromo tot	50	107,2	-
Cromo VI	5	118,9	-
Ferro	200	102,7	-
Mercurio	1	17,55	-
Cloroformio (Tricloro metano)	0,15	19,03	-
1_1_dicloroetilene	0,05	0,54	-
Tricloroetilene	1,5	1,114	-
Tetracloroetilene	1,1	17,33	-
1_2_dicloropropano	0,15	3,51	-
Tetracloruro di carbonio	0,15*	12,23	-
beta HCH	0,1	0,462	-
PCDD-PCDF	0,000004	-	0,00669
PCB	0,01	1,436	-

* Limite suggerito da ISS

4.8. Equazioni del modello

I calcoli delle CSR e dei rischi in modalità diretta sono stati effettuati utilizzando il software Risk-Net ver. 3.1.

In presenza di CSR superiori alla concentrazione di saturazione (C_{sat}) o alla solubilità (Sol), conformemente a quanto indicato nell'errata corrige delle "Linee-guida sull'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii", MATTM, 19 febbraio 2015, gli obiettivi di bonifica sono stati calcolati verificando in modalità diretta la CSR > C_{sat}/Sol proposta, "comunque non superiore alla massima concentrazione riscontrata in sito per la sostanza (C_{max})"; mediante l'applicazione di "software di analisi di rischio che NON tengano conto del raggiungimento delle condizioni di saturazione". A tale fine, i calcoli relativi ai percorsi di inalazione vapori sono stati effettuati attivando nelle opzioni del software Risk-net, la voce "Considera C_{sat} solo per calcolo delle CSR". In ogni caso, si ricorda, che la concentrazione di saturazione (C_{sat}) corrisponde alla concentrazione del contaminante nel terreno alla quale viene raggiunto il limite di adsorbimento nella matrice solida, di solubilità nell'acqua contenuta nei pori del terreno e di saturazione del vapore interstiziale. Raggiunta la concentrazione di saturazione di un determinato contaminante, l'emissione di vapore dal terreno verso l'aria e il rilascio verso la fase acquosa raggiunge il suo valore massimo, quindi l'emissione nell'aria e il rilascio nell'acqua non aumentano se la concentrazione nel terreno aumenta ulteriormente (Soil Screening Guidance, EPA 1996).

5. CALCOLO DELLE CSR

Il processo di caratterizzazione del rischio integra i risultati qualitativi e quantitativi della valutazione dei dati, dell'esposizione e della tossicità.

Sulla base delle considerazioni e metodologie esposte nelle sezioni precedenti, il calcolo delle CSR è stato effettuato, in accordo al D.Lgs. 152/06 e s.m.i., per gli scenari e per i percorsi d'esposizione selezionati, considerando accettabili i valori di rischio cancerogeno singolo e cumulato rispettivamente pari a 10^{-6} e 10^{-5} e i valori di rischio tossico singolo e cumulato pari ad 1. Per i disposti normativi vigenti in Regione Lombardia, conservativamente, sono stati cumulati i contributi da tutte le matrici ambientali.

Le concentrazioni soglia di rischio (CSR) per il suolo insaturo superficiale, profondo e per le acque sotterranee sono state calcolate quindi per le singole aree sorgenti considerate nel presente lavoro per la determinazione gli obiettivi di bonifica a protezione della salute umana e dell'ambiente, relativamente ai COPCs e ai percorsi d'esposizione identificati al capitolo 2. Successivamente, le CSR minori protettive di tutti gli scenari sono state verificate in modalità diretta per l'accettabilità del rischio cumulato. In caso di CSR singole pari alle concentrazioni di saturazione (C_{sat}), in accordo con quanto indicato nell'errata corregge delle "Linee-guida sull'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii", MATTM, 19 febbraio 2015, è stato verificato in modalità diretta il rischio associato alla CSR > C_{sat}, non superiore alla massima concentrazione riscontrata nella sorgente per la sostanza (C_{max}). Infine, le CSR singole sono state gradualmente ridotte al fine di ottenere un rischio cumulato accettabile.

In Allegato 4 sono riportati i run del software Risknet ver. 3.1, utilizzato per il calcolo delle CSR.

5.1. Valutazione del rischio da inalazione vapori

Nel "Documento di supporto alla banca dati ISS-INAIL (Marzo 2018)", viene riportato in merito al percorso di inalazione vapori che *"non si ritiene opportuno attivare tale percorso per le sostanze per le quali la pressione di vapore risulta inferiore a 1,0E-06 kPa (= 7,5E-06 mmHg) [Ronald Harkov, 1989]. Per le specie chimiche che non soddisfano quanto sopra si propone di adottare il criterio [EPA, 2015] modificato a favore di cautela, ossia di attivare il percorso di inalazione di vapori se è soddisfatta anche solo una delle seguenti due condizioni:*

a. Pressione di vapore maggiore di 7,5E-02 mmHg,

b. Costante di Henry maggiore di 1,0E-05 atm x m³/mol.

Il suddetto criterio è stato applicato a tutte le specie chimiche, ad eccezione degli idrocarburi, per i quali, in accordo con quanto contenuto nel documento [MADEP, 2009], si ritiene opportuno attivare il percorso di "inalazione di vapori" solo per gli aromatici e alifatici aventi un punto di ebollizione compreso nell'intervallo di circa 28 - 218 °C, quindi per la classe "Idrocarburi C_≤12".

Per tale motivo le elaborazioni associate ai percorsi d'inalazione vapori non hanno preso in considerazione gli idrocarburi pesanti C>12, i metalli, gli IPA, i Fitofarmaci, i PCB e le Diossine poiché non volatili.

Secondo la classificazione proposta da ISS, tra le sostanze indice rilevate nei terreni e nelle acque di falda sottostanti il sito, il percorso di volatilizzazione risulta attivo per le sostanze volatili riportate nella tabella sottostante, unitamente alla loro distribuzione nelle matrici ambientali.

Tabella 25: Sostanze volatili

COPCs	Suolo superficiale	Suolo profondo	Acque di falda
Mercurio	X	X	X
1_1_dicloroetilene			X
Clorometano	X	X	
Diclorometano		X	
Tetracloroetilene	X		X
Tricloroetilene			X
Triclorometano (cloroformio)	X	X	X
1_2_dicloropropano			X
Dibromoclorometano	X	X	
Clorobenzene		X	
1,2-dicloro benzene	X	X	
1,4-dicloro benzene	X	X	
1,2,4-tricloro benzene	X	X	
1,2,4,5-tetracloro benzene	X	X	
Pentacloro benzene	X	X	
Esacoloro benzene	X	X	
Tetracloruro di carbonio		X	X

Per verificare se il percorso di inalazione di vapori risulta attivo, si è fatto riferimento alla *“Procedura Operativa per la Valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati”* SNPA 17/2018 utilizzando per tale verifica la campagna di monitoraggio soil gas svolta presso il sito in contraddittorio con ARPA nel mese di Gennaio 2019 (cfr. Capitolo 4 POB). In Figura 6 è riportata l'ubicazione dei nesty probes realizzati presso il sito, dai quali è stato effettuato il campionamento dei soil gas ⁴.

Tale approccio definisce i seguenti criteri per l'utilizzo dei valori di gas interstiziali nell'analisi di rischio, ovvero:

- criterio per l'individuazione delle sostanze di interesse per il percorso di volatilizzazione;
- criterio per l'esclusione del percorso di volatilizzazione;
- criterio per la determinazione delle necessità di intervento;
- criterio per la definizione delle CSR nel suolo e nelle acque sotterranee.

Seguendo quanto previsto dalla Procedura Operativa si è dapprima svolta la verifica per l'esclusione del percorso di volatilizzazione. Tale verifica prevede che le concentrazioni rappresentative delle campagne di monitoraggio siano confrontate con i “valori soglia” (Csoglia), definiti dalla Procedura Operativa, per i potenziali recettori della contaminazione, ovvero per i fruitori del parco, i residenti off-site e i lavoratori on-site e off-site. I due casi che possono

⁴ il set analitico applicato alla e analisi chimiche dei soil gas per la campagna svolta è più esteso rispetto alla lista dei contaminati indice volatili riportati in tabella 25 e pertanto la procedura di valutazione dei rischi da inalazione è stata applicata a tutte le sostanze rilevate in concentrazione superiore al limite di quantificazione nei soil gas.

presentarsi, a seguito del suddetto confronto, sono riportati nello schema estratto dal Protocollo e riportato nella figura seguente:

Figura 2: Schema di confronto con i valori soglia



C: concentrazione rappresentativa nel soil gas per la singola campagna di monitoraggio.

Nella tabella A3-3 in Allegato 3 è quindi riportato il confronto tra le massime concentrazioni rilevate nella campagna di monitoraggio svolta a gennaio 2019 e le Concentrazioni Soglia. Per alcuni composti per i quali il software Rome non riporta la Csoglia, essa è stata calcolata secondo la formula riportata nel paragrafo 2.1. delle linee guida SNPA 17/2018. I calcoli svolti, ed i parametri tossicologici e di esposizione utilizzati, sono riportati in tabella A3-1e A3-2, Allegato 3. Tale calcolo non è stato svolto per le sostanze per le quali la campagna di monitoraggio non ha rilevato la presenza di concentrazioni superiori al limite di rilevabilità analitico (1,3-Butadiene, 1,2-Dicloro-1,1,2,2-Tetrafluoro Etano e 1,3-trans-Dibenzopropene) o per le sostanze per le quali non sono definiti i parametri tossicologici RfC e IUR (Dicloro Difluoro Metano (Freon 12), 1,3-cis-Dibenzopropene e 1,3-Dicloro benzene).

Dal confronto riportato nella tabella A3-3, tra le Cmax rilevate nei soil gas e le Csoglia, si evince che i percorsi di inalazione vapori indoor e outdoor risultano attivi per le seguenti sostanze:

- Mercurio;
- Benzene;
- Tetracloroetilene;
- Tricloroetilene;
- Triclorometano (cloroformio);
- 1,2-Dibromoetano;
- Tetracloruro di Carbonio

Per le sostanze sopra elencate, per le quali risulta attivo il percorso di inalazione vapori, è stata applicata la procedura di VdR prevista dal documento *“Procedura Operativa per la Valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati”* SNPA 17/2018. Il calcolo dei rischi da inalazione vapori, presentato nell'Allegato 3 fuori testo è stato effettuato con il software Rome e restituisce i valori dei rischi da inalazione vapori per tutti i recettori potenzialmente esposti. Fa eccezione il tetracloruro di carbonio, per il quale, il calcolo del rischio è stato effettuato applicando le formule riportate nelle linee guide sopra citate, in quanto non presente all'interno del software Rome (cfr. Allegato 3).

Dall'analisi dei risultati, riportati in Allegato 3 si evince che:

- per i futuri fruitori del parco, potenzialmente esposti all'inalazione vapori outdoor, il rischio cancerogeno associato a Triclorometano e Tetracloruro di carbonio risulta non accettabile. Il Triclorometano composto è presente nelle sorgenti secondarie di contaminazione identificate nei terreni insaturi superficiali e profondi oltre che nelle acque di falda sottostanti il sito. Il tetracloruro di carbonio è presente nelle sorgenti secondarie di contaminazione identificate nei terreni insaturi profondi oltre che nelle acque di falda sottostanti il sito. Pertanto, sono stati quindi derivati gli obiettivi di bonifica nelle matrici succitate. Alla luce delle risultanze esposte al capitolo 5.3 è possibile affermare che la non accettabilità dei rischi associati a Triclorometano e Tetracloruro di carbonio, evidenziata dalla VdR, risulti unicamente a carico dei terreni insaturi;
- per quanto riguarda la valutazione svolta per la stima del rischio da inalazione per i residenti off-site (presenti in un raggio di 30 m dal sito, ma modellati come se fossero on-site) le risultanze ottenute mostrano che le concentrazioni rilevate nei soil gas relative ai parametri Mercurio, Triclorometano e Tetracloruro di carbonio, pongono un rischi non accettabile per l'inalazione di vapori indoor e outdoor e la concentrazione rilevata per il parametro Tricloroetilene, pone un rischio non accettabile per la sola inalazione di vapori indoor. Il Mercurio e il Triclorometano sono presenti nelle sorgenti secondarie di contaminazione identificate nei terreni insaturi superficiali e profondi oltre che nelle acque di falda sottostanti il sito. Il Tetracloruro di carbonio è presente nelle sorgenti secondarie di contaminazione identificate nei terreni insaturi profondi oltre che nelle acque di falda sottostanti il sito. Alla luce delle risultanze esposte al capitolo 5.3 è possibile affermare che la non accettabilità evidenziata dalla VdR per il mercurio e per il Tetracloruro di carbonio risulti unicamente a carico dei terreni insaturi. Il Tricloroetilene è stato individuato come contaminante indice unicamente per le acque di falda. Come per i restanti parametri, le elaborazioni svolte a partire dalle contaminazioni rilevata nelle acque di falda (cfr. cap 5.3) permettono di escludere tale rischio per il Tricloroetilene;
- La valutazione svolta considerando come recettori i lavoratori esposti all'inalazione indoor e outdoor, evidenzia che le concentrazioni rilevate per Mercurio e triclorometano pongono un rischio non accettabile per l'esposizione indoor, mentre il Tetracloruro di carbonio pone rischi non accettabili per l'inalazione di vapori indoor e outdoor. Come già riportato, il rischio associato a queste 3 sostanze risultano a carico dei terreni insaturi.

Come definito dalla procedura SNPA 17/2018, le CSR per Mercurio, Triclorometano, Tricloroetilene e Tetracloruro di carbonio sono state calcolate con la procedura di valutazione a partire dai terreni e dalle acque di falda e ne costituiscono gli obiettivi di bonifica. In particolare, come presentato nei capitoli successivi, il contributo maggiore al rischio da inalazione vapori proviene dai terreni. Per quanto riguarda il composto Tetracloroetilene, presente nei gas interstiziali in concentrazioni superiori alla Csoglia, seppur la VdR non abbia evidenziato la presenza di un rischio non accettabile, sono state comunque definite le CSR per i terreni e per le acque di falda in ragione del fatto che la VdR è stata svolta con una sola campagna di monitoraggio dei gas interstiziali.

Anche per le sostanze definite volatili ma non ricercate nei gas interstiziali (1,2,4,5-tetraclorobenzene, pentaclorobenzene, esaclorobenzene) è stato effettuato il calcolo del rischio

da inalazione vapori dai terreni e dalle acque di falda, attraverso la procedura definita dai Criteri Metodologici.

5.2. Procedura di calcolo delle CSR per la valutazione dei rischi cumulati da tutte le matrici ambientali

Poiché i disposti normativi vigenti in Lombardia prevedono che le CSR siano calcolate in modo tale che i rischi siano cumulati da tutte le matrici potenzialmente contaminate, il calcolo delle CSR è stato effettuato come segue:

- la sorgente secondaria identificata nelle acque di falda si estende per tutto il Sito, pertanto, a valle della valutazione di rischi da inalazione vapori effettuata secondo la procedura definita nella linea guida SNPA 17/2018 e riportata nel paragrafo precedente, sono state calcolate le CSR associate ai percorsi di inalazione vapori per le sostanze volatili presenti nelle acque di falda che mostrano concentrazioni nei soil gas superiori alle Csoglia (Mercurio, Tetracloroetilene, Tricloroetilene, Triclorometano) e per il Tetracloruro di carbonio;
- Le CSR per i terreni superficiali e profondi sono state calcolate cumulando i contributi delle sorgenti sovrapposte (ovvero SS1 ed SP1, SS2 ed SP2, SS3 ed SP3, SS4 ed SP4), includendo le sostanze volatili presenti nei terreni che mostrano concentrazioni nei soil gas superiori alle Csoglia (Mercurio, Tetracloroetilene, Triclorometano), quelle non ricercate nei soil gas (1,2,4,5-tetraclorobenzene, pentaclorobenzene, esaclorobenzene), e il Tetracloruro di carbonio;
- Le CSR per i terreni insaturi superficiali e profondi sono tali da soddisfare anche il criterio di cumulazione con i rischi associati alle CSR definite per le acque di falda, come definito dalla D.g.r. n. 8/11348 del 10/02/10.

5.3. CSR acque di falda

5.3.1. CSR per la salute umana

L'area sorgente secondaria di contaminazione identificata nelle acque di falda si estende per l'intero sito. I percorsi di esposizione attivi da questa matrice sono l'inalazione di vapori indoor e outdoor. A valle della verifica del rischio da inalazione vapori eseguita secondo nella linea guida SNPA 17/2018, si riportano nella tabella sottostante le CSR per le sostanze volatili presenti in concentrazioni eccedenti le CSC nelle acque di falda e che mostrano concentrazioni nei soil gas superiori alle Csoglia (Mercurio, Tetracloroetilene, Tricloroetilene, Triclorometano) e per il Tetracloruro di carbonio. I valori di CSR proposti sono tali da verificare la cumulazione dei rischi con le CSR calcolate per i terreni e riportate nei paragrafi seguenti.

Tabella 26: CSR e confronto con Crappresentativa

COPCs	Crapp	CSR
	µg/L	µg/L
Mercurio elementare	1,76E+01	6,00E+01*
Triclorometano	1,90E+01	7,92E+01
Tricloroetilene	1,11E+00	1,05E+02

COPCs	Crapp	CSR
	µg/L	µg/L
Tetracloroetilene	1,73E+01	2,26E+03
Tetracloruro di Carbonio (User)	1,22E+01	5,55E+01

* CSR posta uguale al valore di Solubilità

Dal confronto tra le CSR calcolate per le acque sotterranee e le concentrazioni rilevate in falda, poiché queste ultime risultano sempre inferiori alle CSR, si evince come vi sia assenza di rischio da inalazione da questa matrice ambientale.

5.3.2. CSR per l'ambiente

Le CSR a protezione dell'ambiente sono state poste pari alle CSC al confine del sito o ai valori in ingresso al sito (Allegato 5). Dal momento che l'area sorgente di contaminazione secondaria si estende per l'intero sito e lambisce il confine, non è stato possibile procedere alla modellazione del percorso di migrazione in falda.

Considerando che sul confine di valle idrogeologica del sito sono installati i piezometri Pz4, Pz8, Pz5, Pz6, Pz9 e Pz7, sono stati rilevati superamenti delle CSC, per le seguenti sostanze:

- Arsenico
- Cromo Totale
- Cromo VI
- Mercurio
- Cloroformio
- 1,1 Dicloroetilene
- Tricloroetilene
- Tetracloroetilene
- 1,2 Dicloropropano
- Tetracloruro di carbonio (confrontato con il limite proposto da ISS)
- β-esacloroesano
- PCB.

A seguito del parere redatto da ARPA Lombardia in data 23 settembre 2019, è stato svolto uno studio statistico per determinare i valori in ingresso al sito, basato sulla serie storica disponibile per i piezometri esterni al sito, di monte idrogeologico, denominati Pz 4 EST 40, Pz 4 EST 80, Pz 5 EST 40 e Pz 5 EST 80, e sulla metodologia riportata nel documento "Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee" Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 14.11.2017 Doc. n20/17", laddove applicabile.

L'Allegato 5 alla presente AdR descrive la metodologia utilizzata per determinare i valori in ingresso al sito nelle acque sotterranee relativamente alle campagne di monitoraggio geochimico nell'area del Sito di Interesse Nazionale "Brescia - Caffaro".

Le elaborazioni svolte hanno confermato la non conformità delle acque in ingresso al sito, alle CSC, campionate in corrispondenza dei piezometri di monte.

I superamenti delle CSR, pari alle CSC o dei valori rilevati a monte idrogeologico nelle acque di falda ai POC sono riportati in Figura 9.

Nella tabella seguente sono riportati gli obiettivi di bonifica previsti per le acque di falda al confine del sito, che sono stati posti pari alle CSC o ai valori in ingresso al sito:

Tabella 27: CSR protezione Falda

COPCs	CSR = CSC µg/L	CSR = Concentrazione in Ingresso al Sito µg/L
Arsenico	10	-
Cromo Totale	50	-
Cromo VI	-	17,6
Mercurio	1	-
Cloroformio	-	0,2
1,1 Dicloroetilene	-	1,57
Tricloroetilene	1,5	-
Tetracloroetilene	-	32,2
1,2 Dicloropropano	0,15	-
Tetracloruro di carbonio	1,5	-
β-esacloroesano	0,1	-
PCB	0,01	-

5.4. CSR terreno

I valori di CSR calcolati per i terreni insaturi e riportati nei paragrafi seguenti sono stati determinati a protezione della salute umana e per l'ambiente.

5.4.1. Area adiacente a via Milano – Utilizzo commerciale

5.4.1.1. Sorgenti SS1 ed SP1

Le sorgenti denominate SS1 ed SP1, sono ubicate nella porzione nord dell'area in esame, e se ne prevede uno sviluppo commerciale, a servizio dell'area che verrà risviluppata a parco. Si prevede contestualmente di lasciare sull'area gli edifici storici riportati in Figura 6.

Nelle aree sorgenti secondarie di contaminazione SS1 ed SP1, l'unico composto volatile presente è il mercurio.

Le CSR per i PCB sono state poste pari alle CSC (percorso driver: lisciviazione), così come le CSR per arsenico e diossine nel suolo superficiale (percorso driver: contatto dermico e ingestione), e per il mercurio sia nel suolo superficiale e profondo (percorso driver: inalazione vapori indoro per i residenti off-site).

Le CSR derivanti dal percorso di lisciviazione sono riportate in Tabella 2b fuori testo. Il calcolo del rischio sanitario in modalità forward dalle concentrazioni rappresentative e la verifica della cumulazione del rischio derivante dalle CSR per sorgenti SS2, SP2 e acque di falda sono riportati in Tabella 3b fuori testo. La tabella sottostante riporta i valori di CSR proposte per queste sorgenti ed il confronto con le concentrazioni rappresentative. Così come definito precedentemente, le CSR proposte soddisfano i criteri di cumulazione dei rischi da suolo superficiale, profondo e falda.

Tabella 28: CSR SS1 e SP1 e confronto con $C_{rappresentativa}$

COPCs	CSC (mg/kg)	SS1 Cmax (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SS1 (mg/kg)	SP1 Cmax (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SP1 (mg/kg)
Arsenico	50	295	50*	365,05	365,05
Mercurio	5	37,7	5*	11,9	5*
PCB totali +PCN	5	77,6	5*	23	5*
DDD, DDT, DDE	0,1	52,8	1,5	-	-
Somma PCDD/F (conv. TEQ)	0,0001	0,0033	0,0001*	0,00167	0,00167

* CSR poste pari alle CSC; in corsivo sono riportate le CSR derivanti dal percorso di lisciviazione

I superamenti delle CSR rilevati in SS1 ed SP1 sono riportati rispettivamente in Figura 7 e Figura 8.

5.4.1.2. Sorgenti SS2 ed SP2

Le sorgenti denominate SS2 ed SP2, sono ubicate nella porzione nord dell'area in esame, e se ne prevede uno sviluppo commerciale, a servizio dell'area che verrà rinviluppata a parco. Si prevede contestualmente di lasciare sull'area gli edifici rappresentati in Figura 6.

Nelle aree sorgenti secondarie di contaminazione SS2 ed SP2, l'unico composto volatile presente è il mercurio.

Le CSR per Piombo e PCB sono state poste pari alle CSC sia nel suolo superficiale che nel suolo profondo (percorso driver: lisciviazione), le CSR per arsenico e diossine sono state poste pari alle CSC nel suolo superficiale (percorso driver: contatto dermico e ingestione) e le CSR per il mercurio sono state poste pari alle CSC sia nel suolo superficiale e profondo (percorso driver: inalazione vapori indoor per i residenti off-site).

Le CSR derivanti dal percorso di lisciviazione sono riportate in Tabella 2b fuori testo. I rischi sanitari dalle concentrazioni rappresentative e la verifica della cumulazione del rischio derivante dalle CSR per sorgenti SS2, SP2 e acque di falda sono riportate in Tabella 3b fuori testo.

La tabella sottostante riporta i valori di CSR proposte per queste sorgenti. Così come definito precedentemente, le CSR proposte soddisfano i criteri di cumulazione dei rischi da suolo superficiale, profondo e falda.

Tabella 29: CSR SS2 e SP2 e confronto con Crappresentativa

COPCs	CSC (mg/kg)	SS2 Cmax (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SS2 (mg/kg)	SP2 Cmax (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SP2 (mg/kg)
Mercurio	5	20,62	5*	20,62	5*
Piombo	1000	1427,4	1000*	1427,4	1000*
PCB totali	5	546,0	5*	546,0	5*
Somma PCDD/F (conv. TEQ)	0,0001	0,003	0,0001*	0,003	0,00074

* CSR poste pari alle CSC; in corsivo sono riportate le CSR derivanti dal percorso di lisciviazione

I superamenti delle CSR rilevati in SS2 ed SP2 sono riportati rispettivamente in Figura 7 e Figura 8.

5.4.2. Area a futuro parco – Sorgenti SS3 ed SP3

Le sorgenti denominate SS3 ed SP3, sono ubicate nella porzione centrale dell'area in esame, della quale si prevede uno sviluppo a parco pubblico. Sull'area permarrà un edificio storico (cfr. Figura 6).

Le CSR per le seguenti sostanze sono state poste pari alle CSC (Tabella 1, colonna A, Allegato 5, Parte IV D.lgs. 152/06):

- Nel suolo superficiale (SS3):
 - Antimonio, arsenico, selenio, idrocarburi C > 12, PCB, alfa beta e gamma HCH, clorometano, triclorometano, tetracloroetilene, dibromoclorometano, 1,2 diclorobenzene, diclorobenzene (1,4), tetraclorobenzene (1,2,4,5), esaclorobenzene, cromo VI (percorso driver: lisciviazione);
 - Piombo, tallio, dibenzo(a,l)pirene, dibenzo(a,i)pirene, dibenzo(a,h)pirene e diossine (percorso driver: contatti diretti);
- Nel suolo profondo (SP3): Antimonio, arsenico, selenio, Idrocarburi C > 12, PCB, alfa beta e gamma HCH, clorometano, diclorometano, triclorometano, dibromoclorometano, monoclorobenzene, diclorobenzene (1,4), tetraclorobenzene (1,2,4,5), esaclorobenzene e tetracloruro di carbonio, cromo VI (percorso driver: lisciviazione);

Le CSR, calcolate per le restanti sostanze presenti nelle sorgenti SS3 e SP3, associate al percorso di lisciviazione sono riportate in Tabella 2c fuori testo. I rischi sanitari dalle concentrazioni rappresentative e la verifica della cumulazione del rischio derivante dalle CSR per sorgenti SS3, SP3 e acque di falda sono riportate in Tabella 3c fuori testo. Così come definito precedentemente, le CSR proposte soddisfano i criteri di cumulazione dei rischi da suolo superficiale, profondo e falda.

La tabella sottostante riporta i valori di CSR proposte per queste sorgenti.

Tabella 30: CSR SSS3 e SP3 e confronto con Crappresentativa

COPCs	CSC (mg/kg)	SS3 Crap (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SS3 (mg/kg)	SP3 Crap (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SP3 (mg/kg)
Antimonio	10	7,45	10**	1,46	10**
Arsenico	20	228,4	20**	291,4	20**
Cobalto	20	-	-	7,66	33
Mercurio	1	135,5	1**	25,16	1**
Piombo	100	840,2	100**	289	224
Rame totale	120	5844	2220	1374	15269
Selenio	3	3,911	3**	2,43	3**
Stagno	1	20,63	1**	4,02	1**
Tallio	1	1,05	1**	0,32	2,79
Zinco	150	141,1	2000	153,9	1300
Cromo VI	2	-	2**	-	2**
Idrocarburi C > 12	50	390,3	50**	238,4	50**
PCB totali (+PCN+PCT)	0,06	4284	0,06**	170,23	0,06**
Alfa HCH	0,01	0,28	0,01**	2,18	0,01**

COPCs	CSC (mg/kg)	SS3 Crap (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SS3 (mg/kg)	SP3 Crap (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SP3 (mg/kg)
beta HCH	0,01	12,7	0,01**	9,2	0,01**
Lindano	0,01	21,37	0,01**	39,13	0,01**
Aldrin	0,01	1,19	0,028	0,0703	0,07
Dieldrin	0,01	0,25	0,017	0,3	0,017
Endrin	0,01	0,12	0,058	0,12	0,058
Clordano	0,01	0,03	0,03	0,03	0,19
DDD, DDT, DDE	0,01	35,41	0,34	8,18	0,34
Benzo(a)antracene	0,5	1,04	0,50	1,79	0,50
Benzo(a)pirene	0,1	1,24	0,12	1,97	0,17
Benzo(b)fluorantene	0,5	1,53	1,22	2,95	1,7
Benzo(k)fluorantene	0,5	1,01	0,84	1,64	0,84
Benzo(g,h,i)perilene	0,1	1,37	0,45	1,93	0,45
Crisene	5	-	-	1,82	8,64
Dibenzo(a,e)pirene	0,1	0,86	0,86	2,13	2,13
Dibenzo(a,l)pirene	0,1	1,46	0,1**	3,02	4,76
Dibenzo(a,i)pirene	0,1	3,46	0,1**	12,51	12,51
Dibenzo(a,h)pirene	0,1	0,26	0,1**	0,18	0,50
Dibenzo(a,h)antracene	0,1	0,46	0,54	0,54	0,54
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	0,1	1,33	1,22	1,95	5,6
Pirene	5	2,87	7,35	4,57	15,2
Cloro metano	0,1	0,7	0,1**	0,78	0,1**
Dicloro metano	0,1	-	-	0,4	0,1**
Triclorometano	0,1	0,63	0,1**	0,46	0,1**
Tetracloroetilene	0,5	0,66	0,5**	-	-
Dibromo cloro metano	0,5	1,73	0,5**	0,6	0,5**
Cloro benzene	0,5	-	-	2,1	0,5**
1,2-dicloro benzene	1	4,3	3,9	205	1**
1,4-dicloro benzene	0,1	2,7	0,1**	165	0,1**
1,2,4-tricloro benzene	1	656	8	1542	8
1,2,4,5-tetracloro benzene	1	47,4	1**	4,57	1**
Pentacloro benzene	0,1	17,95	0,4	8,63	0,54
Esacoloro benzene	0,05	2,35	0,05**	3,38	0,05**
Tetracloruro di carbonio	0,1*	-	-	2,1	0,1**
Somma PCDD/F (conversione TEQ)	1,0E-05	0,0353	1,0E-05**	0,018	0,29

* Limite suggerito da ISS ** CSR poste pari alle CSC; in corsivo sono riportate le CSR derivanti dal percorso di lisciviazione e in sottolineato sono riportati i valori di Cmax

I superamenti delle CSR rilevati in SS3 ed SP3 sono riportati rispettivamente in Figura 7 e Figura 8.

5.4.3. Area a sud di via Emilio Morosini – Sorgenti SS4 ed SP4

Le sorgenti denominate SS4 ed SP4, sono spazialmente separate dal resto dell'area in esame, e si prevede il mantenimento nel tempo dell'utilizzo commerciale/industriale. Nell'area non sono presenti edifici e non se ne prevede la costruzione.

Nelle aree sorgenti secondarie di contaminazione SS4 ed SP4, l'unico composto volatile presente è il mercurio.

Le CSR sono state poste pari alle CSC per arsenico, piombo, idrocarburi C>12, PCB, alfa HCH, aldrin, dieldrin sia nel suolo superficiale che nel suolo profondo e per le diossine nel suolo superficiale (percorso driver: lisciviazione), le CSR per arsenico e diossine sono state poste pari alle CSC nel suolo superficiale (percorso driver: contatto dermico e ingestione) e le CSR per il mercurio sono state poste pari alle CSC sia nel suolo superficiale e profondo (percorso driver: inalazione vapori indoor per i residenti off-site).

Le CSR, calcolate per le restanti sostanze presenti nelle sorgenti SS4 e SP4, associate al percorso di lisciviazione sono riportate in Tabella 2d fuori testo. I rischi sanitari dalle concentrazioni rappresentative e la verifica della cumulazione del rischio derivante dalle CSR per sorgenti SS4, SP4 e acque di falda sono riportate in Tabella 3d fuori testo. Così come definito precedentemente, le CSR proposte soddisfano i criteri di cumulazione dei rischi da suolo superficiale, profondo, e falda.

La tabella sottostante riporta i valori di CSR proposte per queste sorgenti.

Tabella 31: CSR SS4 e SP4 e confronto con Crappresentativa

COPCs	CSC (mg/kg)	SS4 Cmax (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SS2 (mg/kg)	SP4 Cmax (mg/kg)	Obiettivo di bonifica SP2 (mg/kg)
Arsenico	50	530	50*	310	170
Mercurio	5	78	7,1	-	-
Piombo	1000	3036	1000*	-	-
Rame totale	600	4000	4000	-	-
Idrocarburi C > 12	750	1053	750*	-	-
Alifatici C19-C36	-	481,37	-	-	-
Aromatici C11-C22	-	571,63	-	-	-
PCB totali + PCN + PCT	5	623,1	5*	-	-
Alfa HCH	0,1	0,15	0,1*	-	-
Aldrin	0,1	0,74	0,1*	-	-
Dieldrin	0,1	1,79	0,1*	-	-
DDD, DDT, DDE	0,1	13,9	0,34	-	-
Somma PCDD/F (conversione TEQ)	0,0001	0,006182	0,0001*	0,00018	0,00025

* CSR poste pari alle CSC; in corsivo sono riportate le CSR derivanti dal percorso di lisciviazione

I superamenti delle CSR rilevati in SS4 ed SP4 sono riportati rispettivamente in Figura 7 e Figura 8.

6. CONCLUSIONI

Nell'ambito del SIN dello Stabilimento Caffaro di Brescia (perimetrato con D.M. 24 febbraio 2003), il presente documento, redatto da AECOM URS Italia S.p.A. (nel seguito AECOM) per conto del Commissario Straordinario SIN "Brescia – Caffaro" (nel seguito Committente o Commissario), costituisce il dell'Analisi di Rischio sanitario ambientale per lo "Stabilimento Caffaro di Brescia", di proprietà Caffaro Chimica S.r.l. in Amministrazione Straordinaria, in conformità al Decreto Legislativo n. 152 del 3 Aprile 2006, Titolo V "Bonifica dei Siti Contaminati".

L'AdR è stata condotta alla luce della futura destinazione a parco del sito e parti annesse a destinazione commerciale.

I risultati delle valutazioni condotte mostrano superamenti delle CSR calcolate per i terreni e per le acque di falda, ai sensi di quanto previsto dal D.Lgs. 152/06, come segue:

- rischio non accettabile per contatto dermico, ingestione accidentale di suolo dai terreni superficiali;
- rischio non accettabile inalazione vapori indoor e outdoor dai terreni superficiali e profondi: l'accettabilità dei rischi da inalazione è stata verificata attraverso l'applicazione della *"Procedura Operativa per la Valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati"* SNPA 17/2018 utilizzando i risultati della campagna di monitoraggio soil gas svolta presso il sito in contraddittorio con ARPA nel mese di gennaio 2019. Poiché da tale procedura è emerso un rischio non accettabile, sono stati definiti gli obiettivi di bonifica per le sostanze volatili nei terreni e, pertanto tali sostanze saranno oggetto di intervento di bonifica e/o messa in sicurezza. La *"Procedura Operativa per la Valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati"* SNPA 17, è stata emessa nel novembre 2018, quando erano già state programmate le attività propedeutiche all'analisi di rischio. Pertanto, è stato adottato un approccio cautelativo, definendo comunque le CSR per quelle sostanze che hanno mostrato un superamento delle soglie di accettabilità dei rischi da inalazione vapori (anche se solo sulla prima campagna) e tali composti saranno oggetto di bonifica/messa in sicurezza. In ogni caso, nelle more dell'istruttoria per la valutazione del presente documento, si procederà con l'esecuzione di ulteriori campagne a cadenza trimestrale, i cui risultati saranno trasmessi e valutati secondo la procedura SNPA 17/2018. Lo stato qualitativo dei soil gas emerso nella campagna già effettuata a gennaio 2019 ben riflette la qualità dei suoli e delle acque di falda riscontrati presso il sito e pertanto ci si aspetta che le prossime campagne potrebbero restituire i medesimi risultati;
- assenza di rischio per la salute umana per tutti i recettori potenzialmente esposti tramite inalazione vapori dalla sorgente secondaria di contaminazione individuata nelle acque di falda;
- verifica dei potenziali rischi ambientali:
 - rischio da lisciviazione dai terreni verso le acque di falda non accettabile;
 - concentrazioni ai punti di conformità nelle acque di falda non conformi alle CSC o ai valori in ingresso.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, i terreni e le acque di falda risultano contaminati pertanto si prevede l'adozione delle seguenti due tipologie di interventi:

- interventi di bonifica per ridurre la massa contaminante fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica, tali da garantire la tutela ambientale e sanitaria, secondo quanto definito dall'analisi di rischio;
- interventi di messa in sicurezza permanente, per l'interruzione dei percorsi di esposizione e di lisciviazione. Nei capitoli che di seguito descrivono gli interventi previsti per i terreni sono riportate le stime volumetriche e areali riferite sulla base del solo confronto geometrico dei volumi, in riferimento agli obiettivi di bonifica.

FIGURE

TABELLE

ALLEGATI

APPENDICI