

# POLITECNICO DI TORINO

## Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi dell'impatto in atmosfera di una discarica  
di rifiuti speciali



**Relatori:**

Prof.ssa Mariachiara Zanetti

Ing. Marco Ravina

**Relatore esterno:**

Ing. Maurizio Demaio

**Candidata:**

Angelica Facelli

Marzo 2019



## Sommario

1. Introduzione.....	4
2. L'inquinamento atmosferico.....	7
2.1. Inquinanti di interesse.....	14
3. La discarica Barricalla.....	18
3.1. Struttura della discarica.....	23
3.2. Rifiuti ammessi.....	27
4. Emissioni da traffico veicolare.....	29
4.1. Composti organici volatili (VOC).....	31
4.2. Particolato aerodisperso (PM).....	40
5. Individuazione sostanze discretizzanti.....	45
5.1. 1,2-dicloroetano.....	45
5.2. 1,2-dicloropropano.....	46
5.3. Caratteristiche chimico-fisiche.....	47
6. Discretizzazione e ricerca di rifiuti emettenti.....	50
6.1. Monitoraggio ambientale.....	50
6.2. Analisi delle emissioni e identificazione CER emettenti.....	54
6.3. Analisi dei rifiuti emettenti.....	57
6.4. Possibili misurazioni aggiuntive.....	70
7. Analisi di rischio.....	72
7.1. Calcolo di concentrazioni rappresentative.....	77
7.2. Calcolo del rischio.....	81

8. Conclusioni.....	89
Indice delle Figure.....	92
Indice delle Tabelle.....	94
Bibliografia .....	95
Allegato 1 .....	100
Allegato 2 .....	113
Ringraziamenti .....	122

# 1. Introduzione

Negli ultimi anni l'inquinamento atmosferico è stato oggetto di crescente considerazione mediatica, diventando frequentemente argomento di discussione. Questo ha portato a un aumento dell'attenzione nei riguardi delle emissioni, diffondendo però allarmismo incondizionato nei confronti di ciò che è classificato come *sorgente*, indistintamente dalla tipologia di sostanza effettivamente emessa.

Il presente studio ha come oggetto la caratterizzazione delle sostanze inquinanti emesse e rilevate nell'area della discarica di rifiuti speciali Barricalla S.p.A. In particolare, l'obiettivo di questo lavoro di tesi è la caratterizzazione e valutazione delle famiglie o specie chimiche emesse all'interno del corpo discarica. Si vogliono infatti individuare eventuali composti presenti in maniera costante nell'area in studio, che possano essere considerati quali traccianti dell'attività della discarica.



Figura 1.1 - Inquadramento territoriale (fonte Googlemaps)

Ad oggi non esistono studi bibliografici esaustivi sulla caratterizzazione delle emissioni in atmosfera dalle discariche di rifiuti speciali. L'approccio che si intende intraprendere è, quindi, quello di analizzare le diverse sorgenti di inquinamento presenti nella zona, caratterizzando le sostanze emesse da ciascuna di queste. Una volta individuate eventuali sostanze traccianti imputabili alla discarica Barricalla, un secondo obiettivo è quello di valutare il rischio associato alla loro inalazione da parte dei lavoratori.

In *Figura 1.1* è mostrato il sito di studio rispetto al tessuto urbano della città di Torino e in *Figura 1.2* è mostrata più in dettaglio la zona valutata. A partire dai dati dell'inventario regionale del Piemonte, è stato possibile comprendere quali fossero le fonti d'inquinamento più importanti in quest'area. In generale, possono essere individuate tre principali sorgenti emissive: la tangenziale Nord di Torino, la centrale termoelettrica IREN e la discarica Barricalla.

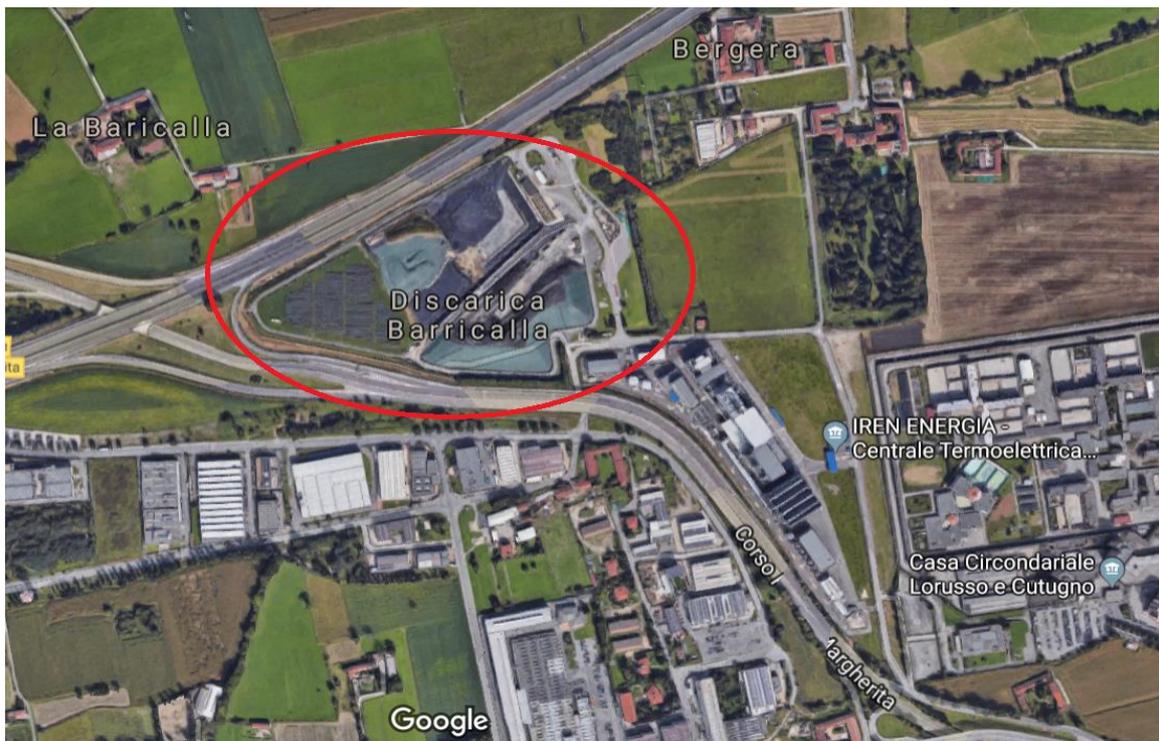


Figura 1.2- Inquadramento area (fonte Googlemaps)

È possibile, secondo i dati a disposizione, escludere la presenza di ulteriori fonti di inquinamento esterne all'attività industriale e al traffico veicolare. A valle di un'analisi preliminare, è possibile stabilire che le emissioni della centrale IREN non concorrono con quelle derivanti da traffico veicolare e con quelle eventualmente prodotte dalla discarica. Essendo questa centrale alimentata a gas naturale, le emissioni ad essa associate sono standardizzate, come riportato in *Tabella 1.1*.

*Tabella 1.1 - Emissioni centrale IREN (1)*

<i>Emissioni</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>1°sem.2017</i>
<i>CO<sub>2</sub> (t)</i>	744.495	452.059	898.777	873.098	410.644
<i>NO<sub>x</sub>(t)</i>	73,7	61,4	116,2	109,7	54,7
<i>CO(t)</i>	406,1	736,2	107,8	26,2	5,7
<i>NH<sub>3</sub>(t)</i>	22,5	2,5	2,2	1,6	1,0
<i>Polveri tot. (t)</i>	11,0	4,6	5,1	2,8	1,4

Si intende quindi concentrare lo studio sulla ricerca di specie emesse da traffico veicolare. Attraverso questa caratterizzazione si intende attuare una differenziazione su quanto misurato come inquinanti atmosferici all'interno del sito in esame.

Una volta definite le possibili sostanze emesse dalla discarica di Barricalla, si intende ricercare, attraverso lo storico di rifiuti conferiti in discarica, una possibile relazione tra la presenza di queste sostanze e il conferimento di determinate tipologie di rifiuti. Questa parte necessita la comprensione dell'analisi della natura fisica e chimica dei rifiuti conferiti in relazione alla loro produzione.

Infine, come ultimo obiettivo, si ritiene importante focalizzare l'attenzione sulla salute dei lavoratori. A tale fine si intende applicare un'analisi di rischio derivante dall'inalazione delle specie organiche volatili misurate all'interno del sito della Barricalla S.p.A.

## 2. L'inquinamento atmosferico

Con il termine “inquinamento atmosferico” si designano tutte quelle situazioni in cui determinate sostanze, dovute ad attività antropiche, presentano concentrazioni sufficientemente elevate da creare effetti su umani, animali, vegetazione e materiali. I grandi centri urbani e le regioni industrializzate fungono da *hotspot* di emissioni (2) e risulta, quindi, difficile differenziare e definire a quale soggetto siano imputabili certe emissioni.

Gli inquinanti atmosferici possono essere classificati secondo lo stato fisico, il comportamento chimico e la sorgente. La classificazione secondo le loro caratteristiche fisiche li suddivide in:

- Aerosol;
- Gas;
- Vapori;
- In sospensione (stato solido o liquido) (3).

La classificazione riguardante l'aspetto chimico degli inquinanti prevede la suddivisione secondo il loro comportamento chimico e per le loro caratteristiche chimiche. Il comportamento evidenzia due gruppi:

- Inquinanti inerti, i quali non partecipano a reazioni chimiche in atmosfera;
- Inquinanti secondari, che prendono parte a reazioni chimiche in atmosfera. (3)

La classificazione secondo la composizione chimica prevede la divisione in quattro grandi gruppi esemplificativi:

- Composti contenenti zolfo;
- Composti contenenti azoto;
- Composti contenenti carbonio;
- Composti contenenti alogeni. (3)

Gli inquinanti possono essere classificati ulteriormente in base alla loro immissione in atmosfera:

- Origine naturale;

- Origine antropica. (3)

Un'ulteriore suddivisione prevede la differenziazione tra inquinanti primari e secondari. Gli inquinanti primari sono emessi direttamente in atmosfera in seguito a un processo produttivo, come nei processi di combustione. Questi inquinanti, come conseguenza della loro presenza in aria, possono essere soggetti a variazioni che ne modificano la loro natura fisica e chimica, come i processi diffusivi, di trasporto o di deposizione. In seguito a queste trasformazioni, spesso influenzate dalla presenza di ossigeno atmosferico e dall'azione della luce, si generano inquinanti secondari (4). È possibile evincere, quindi, che lo studio di inquinanti primari sia importante per caratterizzare le emissioni e per valutare la possibile creazione di inquinanti secondari che spesso possono risultare più tossici e più dispersi dei primari.

Prima di iniziare ad addentrarsi nel caso studio è importante avere un'idea complessiva delle emissioni in atmosfera. Per fare ciò, sono stati ricercati dati sull'inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) della Regione Piemonte. Questo portale consente la ricerca di dati relativi a emissioni annuali in atmosfera da attività antropiche e naturali. Le stime sono effettuate sulle sorgenti classificate come SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) ovvero: metano, monossido di carbonio, anidride carbonica, protossido di azoto, ammoniaca, composti organici volatili non metanici, ossidi di azoto, biossido di zolfo, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. Per quanto riguarda l'inventario, le emissioni in atmosfera sono state suddivise a livello comunale, per l'attività di interesse e per il tipo di combustibile. I dati sono espressi in t/anno tranne che per il biossido di carbonio e il biossido di carbonio equivalente che sono espressi in kt/anno. In modo da capire al meglio le percentuali a cui sono imputabili le emissioni dei componenti sopra riportati sono stati prelevati e studiati i dati relativi al 2013 per la provincia di Torino e per ogni macrosettore presente. I dati sono stati riportati nella Tabella 2.1.

Tabella 2.1- Dati emissione per macrosettori (5)

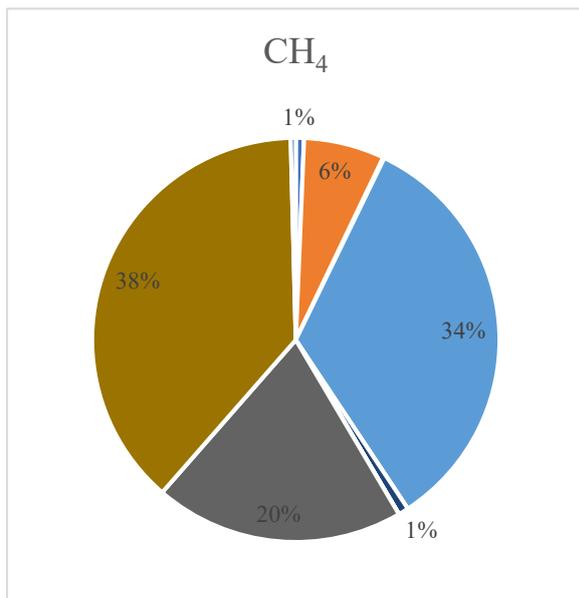
macrosettore	Combustibile	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> equiv	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	NMVOC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>
<b>01 - Produzione energia e trasformazione combustibili</b>	biogas		38,80	28,10	28,10				20,90			
	gas naturale (metano)	336,20	1707,08	3621,66	3633,28	14,71	12,51	187,57	1456,11	14,33	14,33	24,80
	gasolio	0,00	0,02	0,06	0,06	0,00		0,01	0,45	0,00	0,00	0,12
	legna e similari	5,26	21,48		1,38	4,09	0,87	2,83	159,19	2,83	1,87	2,03
<b>02 - Combustione non industriale</b>	carbone da vapore	38,23	955,87	17,98	19,61	2,68	0,09	38,23	9,56			138,81
	gas naturale (metano)	127,25	1272,45	2799,39	2817,85	50,90		254,49	1772,27	10,18	10,18	25,45
	gas petrolio liquido (GPL)	3,42	34,23	213,74	215,94	6,85		6,85	171,16	0,68	0,68	0,75
	gasolio	14,00	40,00	147,40	148,93	4,00		6,00	100,01	10,00	10,00	93,73
	legna e similari	3189,05	37350,78		109,80	138,17	94,85	3475,02	1052,39	3734,52	3694,41	131,00
	olio combustibile (BTZ in Piemonte)	0,30	1,62	7,66	7,73	0,20		1,22	15,19	1,52	1,22	14,80
<b>03 - Combustione nell'industria</b>	altri combustibili gassosi		0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	
	altri combustibili solidi (catrame, benzolo, pece, ...)	0,02	0,01	0,09	0,10	0,02	0,00	0,02	0,21	0,09	0,06	0,64
	benzina senza piombo	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00		0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	carbone per cokeria			5,50	5,50							
	coke da petrolio			0,25	0,25							
	gas naturale (metano)	46,99	609,60	2244,81	2253,77	25,72		95,46	2713,34	38,80	38,80	18,82
	gasolio	0,00	0,02	0,21	0,21	0,01		0,01	0,13	0,01	0,01	0,08
	metanolo			11,84	11,84							
	olio combustibile (BTZ in Piemonte)	0,52	1,73	13,19	13,31	0,35		0,52	18,12	4,87	4,22	84,33
senza combustibile	0,95	447,41	43,76	44,07	0,95	1,77	674,99	234,06	11,60	9,66	87,72	
<b>04 - Processi produttivi</b>	senza combustibile		10,03	6,02	6,02			1333,73	123,80	42,08	30,21	0,16

macrosettore	Combustibile	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2equiv</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	NMVOC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>
<b>05 - Estrazione e distribuzione combustibili</b>	senza combustibile	17645,04			370,55			1501,52				
<b>06 - Uso di solventi</b>	senza combustibile		9,60				12,10	10482,97	82,23	148,77	140,88	
<b>07 - Trasporto su strada</b>	benzina senza piombo	286,04	19806,96	906,72	918,72	19,34	153,64	5305,63	1070,69	80,47	80,47	5,69
	gas naturale (metano)	82,34	209,32	76,51	78,45	0,66	4,73	14,43	193,69	0,45	0,45	
	gas petrolio liquido (GPL)	2,18	725,09	110,14	110,85	2,12	6,19	59,07	57,93	0,76	0,76	
	gasolio per autotrasporto (diesel)	58,81	3024,03	2216,90	2243,60	82,16	14,07	608,42	12010,01	475,35	475,35	14,13
	senza combustibile									1376,25	246,03	
<b>08 - Altre sorgenti mobili e macchinari</b>	benzina senza piombo	1,13	226,24	0,47	0,49	0,00	0,00	113,32	0,32	0,29	0,29	0,02
	gasolio per autotrasporto (diesel)	4,16	665,92	177,98	183,13	16,33	0,44	201,92	2018,05	121,78	119,93	9,24
	kerosene		291,23	49,11	49,11			137,43	166,06			15,59
<b>09 - Trattamento e smaltimento rifiuti</b>	biogas (gas da depositi di rifiuti)	279,69	84,74		7,85	6,37		26,33	120,58	2,02	1,94	16,42
	rifiuti solidi urbani		29,47	105,66	118,71	42,10		8,42	484,15	4,79	4,79	164,19
	senza combustibile	10149,53	0,11	19,04	244,25	38,92	253,71	51,40				
<b>10 - Agricoltura</b>	senza combustibile	20082,99	9,90		893,92	1523,16	11063,77	9405,17	103,51	76,12	31,11	0,19
<b>11 - Altre sorgenti e assorbimenti</b>	senza combustibile	210,57	758,96	-2035,50	4,52	0,32	4,78	21174,20	28,61	158,55	156,02	5,81

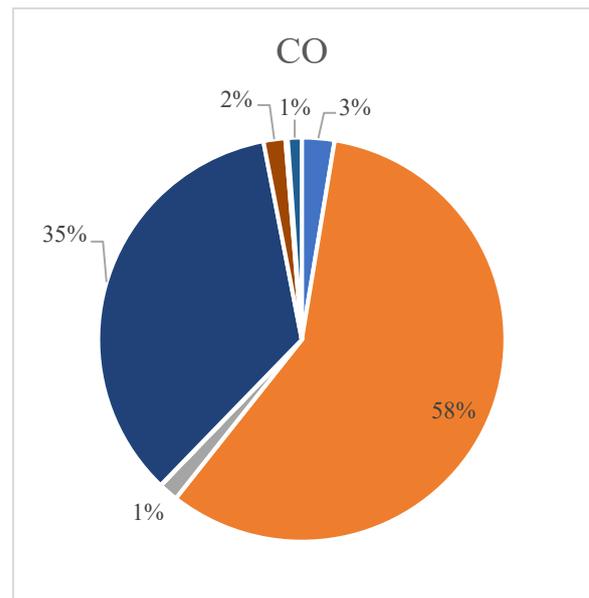
Successivamente, per rendere più chiaro e più immediato l'impatto che ogni settore ha per ciascuno dei composti analizzati, sono stati redatti grafici esemplificativi sul totale emesso da ogni macrosettore per ogni inquinante. In *Figura 2.1* si riporta la legenda dei successivi dati elaborati che sono riportati dalla *Figura 2.2* alla *Figura 2.12*.

- Produzione energia e trasformazione combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

*Figura 2.1 - Legenda emissioni per settore*



*Figura 2.2 - Emissioni di CH<sub>4</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino*



*Figura 2.3 - Emissioni di CO per macrosettore nella città metropolitana di Torino*

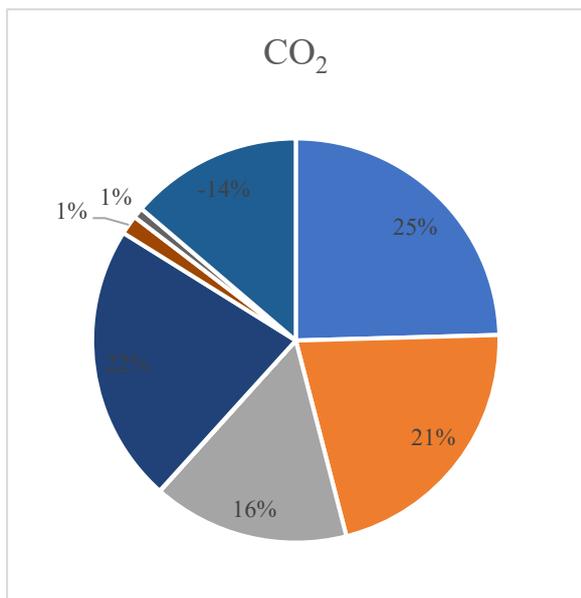


Figura 2.4 - Emissioni di CO<sub>2</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino

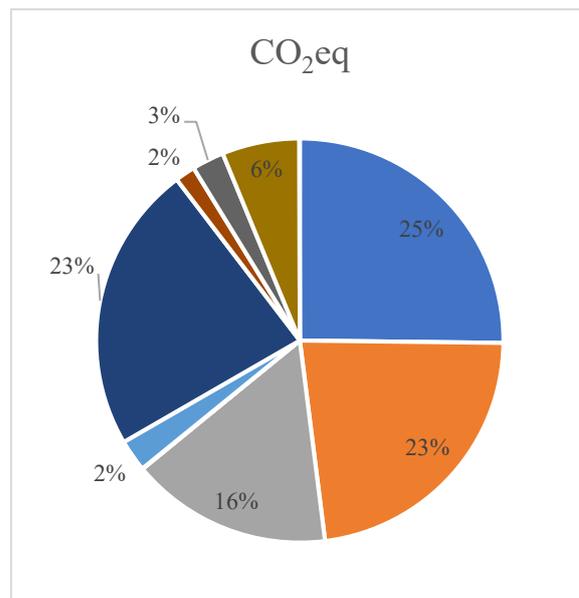


Figura 2.5 - Emissioni di CO<sub>2</sub>eq per macrosettore nella città metropolitana di Torino

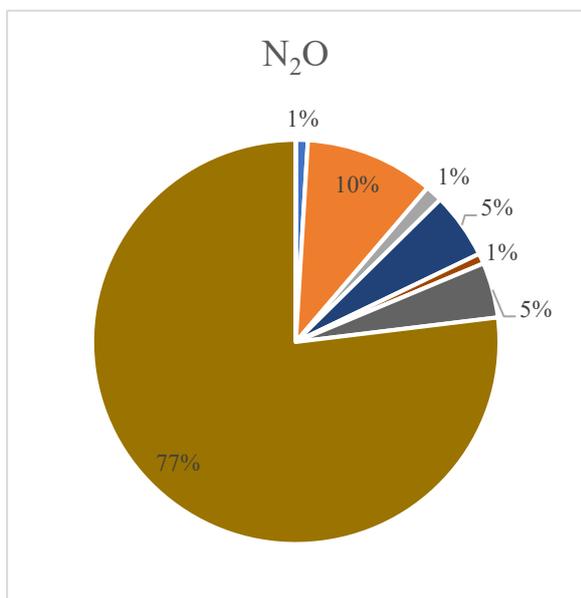


Figura 2.6 - Emissioni di N<sub>2</sub>O per macrosettore nella città metropolitana di Torino

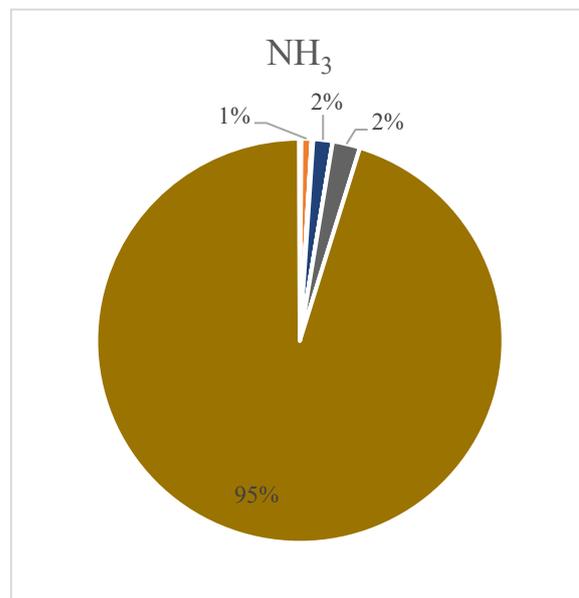


Figura 2.7 - Emissioni di NH<sub>3</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino

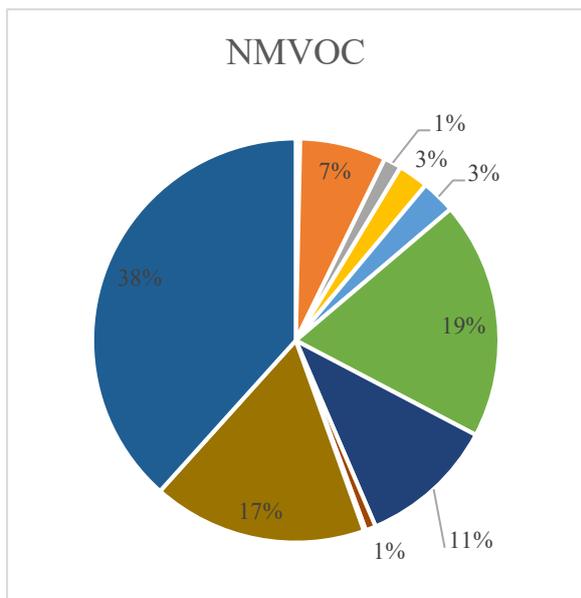


Figura 2.8 - Emissioni di NMVOC per macrosettor nella città metropolitana di Torino

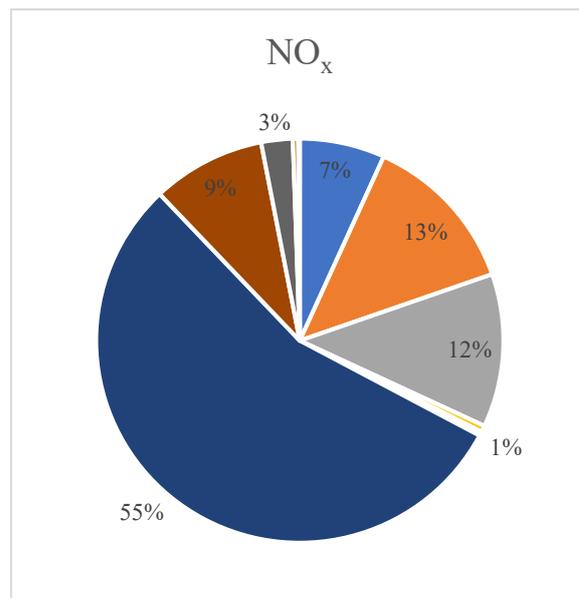


Figura 2.9 - Emissioni di NO<sub>x</sub> per macrosettor nella città metropolitana di Torino

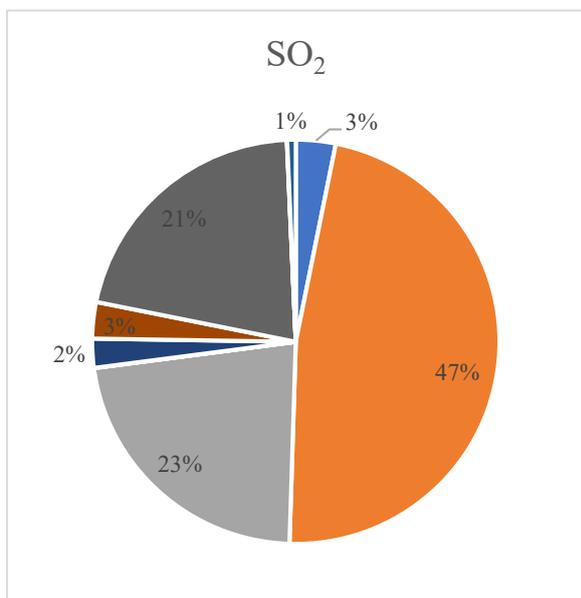


Figura 2.10 - Emissioni di SO<sub>2</sub> per macrosettor nella città metropolitana di Torino

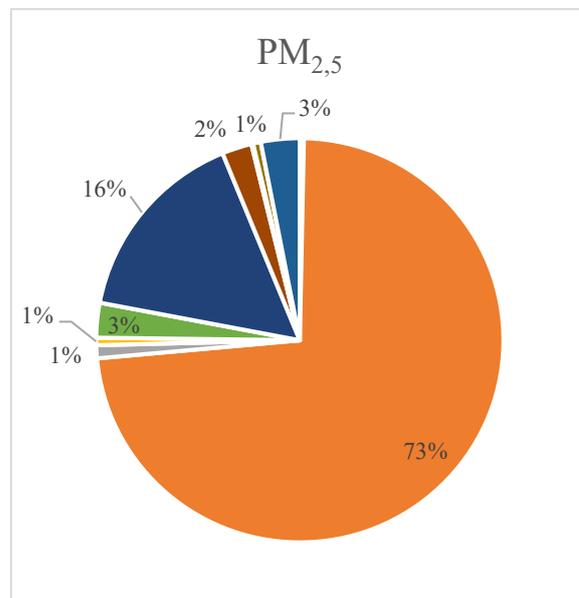


Figura 2.11 - Emissioni di PM<sub>2,5</sub> per macrosettor nella città metropolitana di Torino

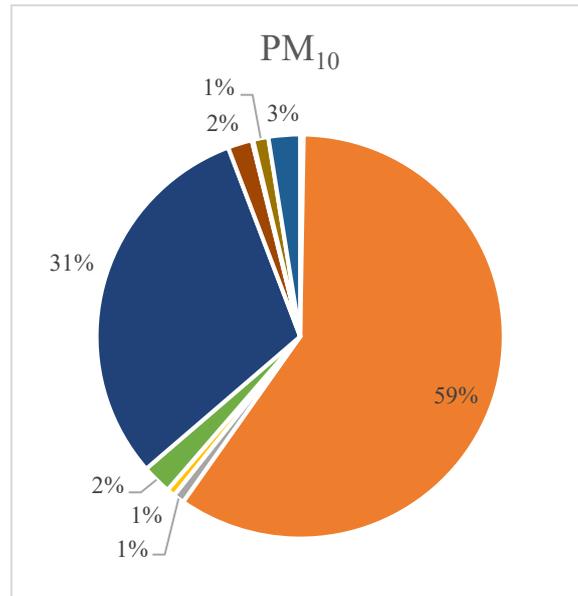


Figura 2.12 - Emissioni di PM<sub>10</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino

Da quanto si deduce dai dati sopra riportati, è immediato riconoscere nella produzione di metano la maggiore emissione derivante dallo smaltimento di rifiuti. Addentrandosi, però, nello studio effettuato è stato riscontrato che con la dicitura “Trattamento e smaltimento rifiuti” si intende lo smaltimento di rifiuti urbani facendo riferimento a discariche, incenerimento, trattamento delle acque reflue, compostaggio e fosse biologiche. Di conseguenza, i dati riportati in questo database non forniscono informazioni esaustive ai fini dello scopo prefissato in questo lavoro ma solo un’idea indicativa degli inquinanti presenti e della loro origine.

## 2.1. Inquinanti di interesse

Di particolare interesse per lo studio qui presentato sono il particolato sospeso, i composti organici volatili e gli idrocarburi policiclici aromatici. Con la prima dicitura si identifica qualsiasi sostanza, esclusa l’acqua pura, che esiste come liquida o solida sotto condizioni normali in atmosfera con dimensioni microscopiche o submicroscopiche ma superiori alle dimensioni molecolari (2). La natura di queste particelle è molto varia e la dicitura PM accomuna polveri sospese, agenti di origine naturale come il polline e frammenti di piante, materiale inorganico prodotto da vento, pioggia ed erosione del suolo. La sua origine ha anche radici di natura antropica ed è legato alle lavorazioni industriali, usura dell’asfalto, degli pneumatici, freni, frizioni e scarico delle autovetture.

Il loro impatto sulla salute implica malattie croniche delle vie respiratorie, quali asma e bronchiti. A livello indiretto, le particelle agiscono come una spugna che assorbe e trasporta sostanze ad elevata tossicità come gli IPA e vari metalli. La pericolosità, e quindi la suddivisione, è legata alle dimensioni delle particelle così si ha la distinzione tra:

- Diametro superiore a 10  $\mu\text{m}$ : le particelle si fermano nelle prime vie respiratorie (cavità nasale e orale);
- Diametro compreso tra 5 e 10  $\mu\text{m}$ : le particelle raggiungono laringe, trachea e bronchi;
- Diametro inferiore a 5  $\mu\text{m}$ : le particelle arrivano agli alveoli polmonari (6).

Con la dicitura Composti Organici Volatili si accomunano una quantità di composti organici, antropici o naturali, che in condizione ambiente si presentano allo stato gassoso. Essi si presentano sotto differenti forme e composizioni chimiche (7). Appartengono a questa classe numerosi composti chimici quali idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, aldeidi, terpeni, alcoli, esteri e chetoni (8).

Soffermandosi sull'immissione di questi composti in atmosfera si può evidenziare come la fonte principale di inquinamento sia dovuta al traffico autoveicolare. Per quanto riguarda le emissioni dovute a centrali termiche, dove la combustione è realizzata a pressione costante, l'emissione di idrocarburi incombusti o parzialmente combusti è contenuta. La combustione attuata a volume costante, tipica del motore veicolare, emette COV in quantità maggiore. Un ulteriore fattore influenzante le emissioni è imputabile alle caratteristiche fisico-chimiche del combustibile stesso: con l'aumento del peso molecolare e della densità dell'idrocarburo, la possibilità di rilascio di sostanze incombuste e di prodotti di riarrangiamento o di ossidazione parziale aumenta. Gli idrocarburi sono sostanze nocive e, quindi, da valutare e da monitorare in quanto sono di difficile metabolizzazione per la flora e creano fenomeni di accumulo con conseguenti problemi legati alla loro presenza all'interno del corpo recettore. Alcuni idrocarburi presentano una elevata tossicità e, di conseguenza, necessitano di campagne di monitoraggio specifiche. I più dannosi sono il benzene e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Il benzene ( $C_6H_6$ ) è il composto aromatico più semplice ed è costituito da un solo anello a sei atomi di carbonio. Esso è usato come intermediario nella realizzazione di molti agenti chimici (come l'etilbenzene, cumene, cicloesano e il nitrobenzene). Inizialmente è stato utilizzato come solvente, ma questo uso è stato poi sospeso in relazione a effetti carcinogeni di questa sostanza. Il benzene è realizzato da prodotti petroliferi. Esso è prodotto in via commerciale dalla nafta e dal toluene. La contaminazione ambientale derivante dal benzene deriva particolarmente dalle emissioni esauste veicolari, impianti chimici, fuoriuscite di gasolio e emissioni di forni a coke (9). Il benzene è presente nel catrame di carbone e nella nafta del petrolio. È utilizzato nella benzina, particolarmente in quelle considerate "verdi" dove il piombo, utilizzato come antidetonante, è sostituito dal benzene. È stato calcolato che il benzene presente in atmosfera è dovuto circa per l'85% da scarichi autoveicolari (7).

Gli idrocarburi policiclici aromatici racchiudono una grande quantità di composti organici con due o più anelli benzenici uniti tra loro. Il numero di anelli varia da 2 a 7 e sono presenti sotto forma di diversi isomeri. Le differenti proprietà chimico-fisiche sono legate alla natura dei legami, dal numero di anelli e dal peso molecolare. Queste sostanze derivano dalla combustione incompleta o dalla pirolisi di materiale organico contenente carbonio. Le sorgenti si possono sintetizzare come segue:

- Processi industriali;
- Lavorazione del carbonio e del petrolio;
- Impianti di generazione di energia elettrica;
- Inceneritori;
- Riscaldamento domestico;
- Emissione veicolare;
- Incendi di foreste;
- Combustioni in agricoltura;
- Fumo di tabacco;
- Vulcani.

Durante ogni processo emissivo gli IPA sono sempre presenti come classe e, quindi, come miscela eterogenea di vari componenti (10).

Le concentrazioni di inquinanti in aria sono legate a vari parametri tra cui:

- Concentrazioni alle emissioni;
- Numero e distribuzione delle sorgenti;
- Distanza dai punti di emissione;
- Trasformazioni chimico-fisiche delle sostanze emesse;
- Morfologia del sito;
- Condizioni metereologiche.

La distribuzione e il trasporto, e quindi la concentrazione, dell'inquinante è legata in modo molto stretto alle condizioni atmosferiche quali vento e precipitazioni. Le concentrazioni di inquinante sono limitate nel caso di vento moderato e instabilità atmosferica: queste condizioni favoriscono la distribuzione e la dispersione dell'inquinante. Di contro le inversioni termiche impediscono il rimescolamento delle masse d'aria e, quindi, tendono a mantenere l'inquinante concentrato vicino alla zona di emissione.

### 3. La discarica Barricalla

Nel decreto legislativo D. Lgs. 36-2003 è definita la discarica come “area adibita a smaltimento dei rifiuti mediante operazioni di deposito sul suolo o nel suolo, compresa la zona interna al luogo di produzione dei rifiuti adibita allo smaltimento dei medesimi da parte del produttore degli stessi, nonché qualsiasi area ove i rifiuti sono sottoposti a deposito temporaneo per più di un anno.” (11)

La discarica Barricalla S.p.A. copre un'area complessiva di 150.000 m<sup>2</sup> suddivisi in 5 lotti. L'area dove ora sorge la discarica ospitava una cava di ghiaia di circa 600.000 m<sup>3</sup> utilizzata principalmente per l'estrazione di materia prima per la realizzazione della tangenziale di Torino. La decisione di costruire in tale zona una discarica dedicata allo stoccaggio di rifiuti speciali aveva, da un lato, il vantaggio di utilizzare un suolo non naturale e, dall'altro, è stato possibile recuperare un territorio degradato e che presentava un rischio per l'integrità della falda acquifera (12). La discarica Barricalla fu inaugurata nel 1988; i lotti 1 e 2 sono stati conclusi e presentano la copertura finale vegetale; nel 2011 è stato installato un parco fotovoltaico con 2925 moduli per una superficie fotovoltaica di 4680 m<sup>2</sup>. Il lotto 4 è stato dichiarato terminato ad aprile 2017 mentre il lotto 3 il 3 luglio 2018. Nell'anno 2018 è stato realizzato il nuovo lotto 5 che potrà ospitare 508.850 m<sup>3</sup> di rifiuti. In *Figura 3.1* è riportata una visione aerea della discarica; è possibile notare i lotti 1 e 2 coperti dal parco fotovoltaico e i lotti in lavorazione senza copertura vegetale.



*Figura 3.1 - Vista aerea della zona di interesse*

La Barricalla S.p.A. vanta elevati standard di sicurezza per la tutela della salute umana e dell'ambiente. Questi standard sono confermati dalla documentazione e dagli attestati conferiti al sito quali l'EMAS e l'AIA. L'Autorizzazione Integrata Ambientale è necessaria per le occupazioni elencate nell'allegato VIII del D.lgs. 152/06 tra cui "Impianti per l'eliminazione o il ricupero di rifiuti pericolosi" come il caso studio. (13) L'AIA è una documentazione necessaria per uniformarsi a quanto prescritto dai principi dettati dall'Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) imposti dall'Unione Europea. Le modalità da seguire per l'attribuzione dell'AIA sono riportate nell'articolo 29 del D. Lgs. 152/06. L'IPPC impone come necessaria l'inclusione nella direttiva dell'azienda una specifica sui valori limite di emissioni e le tecniche di misurazione, un dettaglio delle disposizioni per la protezione di acqua, aria e suolo, i monitoraggi effettuati e le misure aggiuntive da compiere, se necessarie, per raggiungere gli obiettivi di standard ambientali. L'AIA descrive le linee guida per una gestione operativa conforme agli standard ambientali imposti. I punti più importanti sono:

- Necessità di compiere azioni per evitare la produzione e la dispersione di polveri, soprattutto nella fase di scarico, di accumulo e di movimentazione dei materiali.

- Buona gestione del percolato prodotto al fine di impedire il ristagno e l'accumulo.
- Creazione di un perimetro recintato e che chiuda in modo accurato il sito in cui sorge la discarica.
- Rilevazione di dati meteo al fine di caratterizzare le condizioni atmosferiche presenti sull'area.
- Buono scarico di rifiuti al fine di garantire la stabilità degli stessi e delle strutture della discarica.

L'Autorizzazione Integrata Ambientale presenta anche le linee guida per il Piano di Sorveglianza e Controllo della discarica (PSC). In questa sezione si descrivono i monitoraggi necessari al fine di garantire la tutela dell'ambiente. Ai sensi dell'articolo 29 decies comma 2 del D. Lgs. 152/06, la Barricalla S.p.A. dovrà stilare determinate relazioni durante l'anno per la trasmissione dei dati di controllo. Nell'arco di un anno solare dovrà redigere: tre relazioni quadrimestrali, due semestrali e una annuale. Per ogni categoria di relazione, il PSC descrive i parametri che dovranno essere presenti. La relazione quadrimestrale, da recapitare alla Città Metropolitana di Torino, all'ARPA e al Comune di Collegno, presenta:

- Analisi effettuate con cadenza minima trimestrale sulle acque sotterranee dove sono riportati parametri chimico-fisici delle stesse.
- Analisi effettuate con cadenza minima trimestrale sulle acque meteoriche di ruscellamento
- Analisi effettuate con cadenza minima trimestrale sulle acque di drenaggio di piattaforma.
- Analisi del percolato effettuate con cadenza minima trimestrale.
- Analisi mensili sulla qualità dell'aria, presso punti prestabiliti.
- Monitoraggio delle fibre di amianto aerodisperso.
- Analisi delle polveri riscontrate nei deposimetri ed effettuate con cadenza minima trimestrale. (14)

La relazione semestrale, la prima corrispondente al semestre gennaio-giugno e la seconda al semestre luglio-dicembre, riporterà:

- La quantità e la tipologia di rifiuti smaltiti.
- Quantità di percolato prodotto mensilmente per ogni settore della discarica e l'andamento del medesimo.
- La soggiacenza misurata ogni mese.
- I dati meteo rilevati dalla centralina presente nel sito.
- Analisi eseguite semestralmente per i dispositivi di captazione del gas di discarica riportando le specie presenti, la temperatura del gas, la temperatura atmosferica, la pressione atmosferica, la pressione del gas rispetto all'esterno.
- Le analisi della qualità dell'aria effettuate ogni sei mesi nei punti prefissati. In accompagnamento delle analisi devono essere presenti una cartografia riportante nel dettaglio l'ubicazione dei siti, la condizione del vento e i principali parametri metereologici. (14)

La relazione annuale, da trasmettere entro il mese di aprile dell'anno successivo all'anno di riferimento, contiene:

- Analisi delle acque sotterranee effettuate almeno una volta l'anno; tali analisi riporteranno parametri chimico-fisici, soggiacenza della falda, temperatura atmosferica, temperatura delle acque di falda, presenza di eventuali fasi libere e il potenziale di ossidoriduzione.
- Una relazione tecnica riassuntiva dei monitoraggi effettuati.
- Presenza di eventuali interventi periodi di manutenzione.
- Stato del recupero ambientale e del suo avanzamento.
- Verifica del buon stato del sistema di impermeabilizzazione.
- Verifica del sistema di estrazione del percolato e della sua efficienza.
- Una relazione relativa allo smaltimento di rifiuti contenenti amianto e i relativi monitoraggi effettuati.
- Stato di avanzamento dello studio del particolato aerodisperso. (14)

Di particolare interesse per il presente studio sono il monitoraggio della qualità dell'aria e del gas di discarica. I composti misurati nel primo studio sono:

- 1,2-dicloroetano;
- Benzene;
- 1,2-dicloropropano;
- Toluene;
- Etil Benzene;
- Meta Xilene e Para Xilene;
- Stirene;
- Orto Xilene;
- 1,3,5 Trimetil Benzene;
- 1,2,4 Trimetil Benzene.

I punti di monitoraggio e la loro ubicazione variano in base allo stato di avanzamento del corpo discarica. La frequenza del monitoraggio sarà: mensile per i punti perimetrali e semestrale per i punti sul corpo rifiuti ed esterno (punto di bianco). I macchinari utilizzati per il campionamento dell'aria sono "canister" posti sottovuoto di acciaio inox, con parti interne passivate verso composti organici e sostanze che reagiscono con i metalli, per esempio lo zolfo.

Il monitoraggio dei gas è effettuato con cadenza semestrale, nei mesi di giugno e dicembre, attraverso il prelievo sugli sfiati del biogas. I parametri misurati in queste analisi sono:

- Temperatura atmosferica;
- Pressione atmosferica;
- Pressione del gas rispetto all'esterno;
- CO<sub>2</sub>;
- NH<sub>3</sub>;
- H<sub>2</sub>S;
- CH<sub>4</sub> misurato solamente come controllo; difatti le tipologie di rifiuti conferiti non contengono sostanze organiche e la produzione di biogas è relativamente insignificante;
- COV.

Per le analisi sui gas sono utilizzate sacche di Tedlar poste sottovuoto per i COV, metano e anidride carbonica. Per l'acido solforico si utilizza una fiala a carbone attivo e per l'ammoniaca si procede al gorgogliamento del flusso gassoso in una soluzione acida.

### 3.1. Struttura della discarica

Una discarica di rifiuti pericolosi deve apportare alcune accortezze a livello strutturale al fine di minimizzare il rischio di rilascio di sostanze inquinanti in atmosfera.

Una volta effettuato l'invaso è necessario procedere con la realizzazione di barriere impermeabili con materiale naturale e poi con materiale artificiale. Per una maggiore sicurezza ambientale sono fondamentali le opere di drenaggio, captazione e raccolta del percolato. La raccolta del percolato è fondamentale per:

- minimizzare il battente idraulico di percolato sul fondo della discarica al minimo compatibile con i sistemi di sollevamento e di estrazione;
- prevenire intasamenti e occlusioni per tutto il periodo di funzionamento previsto;
- resistere all'attacco chimico dell'ambiente della discarica;
- sopportare i carichi previsti. (11)

È di fondamentale importanza prevedere anche una rete di allontanamento delle acque meteoriche per evitare la loro dispersione sul terreno circostante. Le acque meteoriche e il percolato devono essere raccolti e collezionati per essere successivamente mandati in impianti adibiti al loro trattamento. Tale passaggio è fondamentale al fine di rendere i reflui idonei allo scarico in base a quanto previsto dalla legislatura.

La zona in cui è edificata la discarica non presenta una barriera naturale che possa limitare la dispersione di inquinanti nel sottosuolo. Per sopperire a questa caratteristica, e limitare il possibile danno, è necessaria la realizzazione di un fondo dell'invaso che isoli il corpo discarica dall'ambiente circostante. L'impermeabilizzazione avviene attraverso la sovrapposizione di differenti strati di materiali che presentano permeabilità differenti. Il primo layer è composto da 4 metri di argilla con coefficiente di permeabilità inferiore a  $1 \cdot 10^{-7}$  cm/s, composto da singoli strati di spessore di 20 cm l'uno. Sopra

questo primo strato isolante è steso un telo di geomembrana in HDPE di 2,5mm e, a protezione dello stesso, è posto al di sopra un geotessuto non tessuto in polipropilene. Superiormente a questo primo blocco di impermeabilizzazione è posizionato uno strato di ghiaia di altezza di 50 cm con lo scopo di monitorare l'efficacia dell'impermeabilizzazione dello strato superiore e, al di sopra dello strato granulare, è posto un geotessuto a maglia larga. Proseguendo in altezza è posto un secondo livello di impermeabilizzazione minerale di 1 metro di argilla con coefficiente di permeabilità inferiore a  $1 \cdot 10^{-7}$  cm/s. A contatto con lo strato di argilla è posizionato un secondo telo in geomembrana in HDPE di 2,5 mm e, a protezione dello stesso, è posizionato un geotessuto non tessuto. Per creare lo strato di posa dei rifiuti è posizionato uno strato di spessore di almeno 50 cm di materiale naturale drenante. (14)

In modo analogo, e per limitare l'emissione di inquinanti, sono realizzate le scarpate dello scavo. Le pareti sono realizzate con una pendenza di  $34^\circ$  in modo da garantire la stabilità del pendio. Il processo di impermeabilizzazione prevede una sovrapposizione di differenti strati con caratteristiche differenti in modo da ottimizzare l'isolamento. Il primo strato è composto da almeno 1 metro di argilla compattata in modo da avere una permeabilità inferiore a  $1 \cdot 10^{-7}$  cm/s. È poi posizionato un primo telo in geomembrana in HDPE di 2,5 mm sul quale è posto un geotessuto non tessuto in polipropilene in modo da proteggere lo strato sottostante, drenare e convogliare per gravità, verso il sistema di monitoraggio sotto-telo, eventuali infiltrazioni. Al di sopra è collocato un geocomposito bentonitico di 5 mm con un geotessuto con lo scopo analogo allo strato superiore di argilla previsto sul fondo vasca. Vi è poi un secondo telo in geomembrana in HDPE di 2,5 mm e poi un geotessuto non tessuto in polipropilene a protezione della geomembrana. (14) In *Figura 3.2* è riportata un'immagine aerea dello scavo dove è possibile notare la realizzazione del fondo nonché la natura delle scarpate.



Figura 3.2 - Immagine aerea dello scavo e realizzazione del fondo

Per la limitazione di emissioni atmosferiche è di fondamentale importanza la copertura del corpo discarica. Durante il periodo di coltivazione è necessaria una copertura provvisoria dei lotti non esposti con lo scopo di limitare le emissioni derivanti dall'azione del vento e dal dilavamento dei rifiuti. È tenuta traccia dell'area esposta per ogni lotto in attività, tali dati sono riportati in *Tabella 3.1*. È possibile confrontare tali dati con l'area totale dei due lotti, al fine di avere una valutazione percentuale della superficie esposta.

Tabella 3.1 - Superfici esposte

	Lotto 3			Lotto 4		
	S (m <sup>2</sup> )	S totale (m <sup>2</sup> )	% Esposta	S (m <sup>2</sup> )	S totale (m <sup>2</sup> )	% Esposta
gen-17	15.000	32.530	46,11%	10.000	28.500	35,09%
feb-17	12.000	32.530	36,89%	10.000	28.500	35,09%
mar-17	10.000	32.530	30,74%	10.000	28.500	35,09%
apr-17	10.000	32.530	30,74%	8.000	28.500	28,07%
mag-17	10.000	32.530	30,74%	5.000	28.500	17,54%
giu-17	10.000	32.530	30,74%	5.000	28.500	17,54%
lug-17	25.000	32.530	76,85%	18.000	28.500	63,16%
ago-17	20.000	32.530	61,48%	15.000	28.500	52,63%
set-17	20.000	32.530	61,48%	12.000	28.500	42,11%
ott-17	20.000	32.530	61,48%	5.000	28.500	17,54%
nov-17	20.000	32.530	61,48%	2.000	28.500	7,02%
dic-17	15.000	32.530	46,11%	0	28.500	0,00%

Grazie ai dati riportati in *Tabella 3.1* è possibile notare come si cerchi di minimizzare l'area esposta al fine di limitare le emissioni da volatilizzazione e da dilavamento. La copertura finale viene, invece, realizzata a lotto concluso. La stratificazione è simile a quanto realizzato per il fondo dell'invaso. Il primo materiale posto è un inerte grossolano per circa 50 cm, con lo scopo di drenare il gas prodotto dopo la chiusura. Vi è, poi, posto un geotessuto-non tessuto per fare da base al posizionamento di uno strato di argilla di circa 50 cm. Successivamente sono posti in sequenza: geocomposito bentonitico, geomembrana in HDPE, geotessuto-non tessuto e un inerte grossolano per uno spessore di 50 cm con lo scopo di drenare le acque meteoriche che verranno canalizzate nella rete di raccolta e scarico. In seguito, è posto un geotessuto a maglia larga, e per le scarpate anche una geostuoia aggrappante che farà da base a uno strato di almeno 30 cm di terreno agricolo/vegetale, idoneo alla crescita della vegetazione prevista per il recupero ambientale finale dell'area. (14) In *Figura 3.3* si riporta una vista della realizzazione della copertura finale.



*Figura 3.3 – Realizzazione della copertura finale*

### 3.2. Rifiuti ammessi

Il D.lgs. 36/2003 definisce quali rifiuti siano ammissibili o meno in discarica. Non sono ammessi, in linea generale, rifiuti allo stato liquido, esplosivi (H1), comburenti (H2), infiammabili (H3-A e H3-B), rifiuti contenenti alcune sostanze corrosive, rifiuti sanitari pericolosi a rischio infettivo e altri materiali specificati. I criteri di ammissione dei rifiuti sono specificati nel D.M. 27/09/2010. Le discariche per rifiuti pericolosi presentano un livello di sicurezza e di tutela ambientale maggiore rispetto a quelle per rifiuti non pericolosi o inerti, per cui deriva il fatto che i rifiuti inerti possono essere smaltiti anche in discariche con un livello di tutela superiore. Per determinare l'accettabilità di un rifiuto, è necessaria una caratterizzazione dettagliata che evidenzi tutte le informazioni necessarie a determinarne la pericolosità. La caratterizzazione per l'omologa del rifiuto è effettuata al primo conferimento; ad ogni consegna successiva è effettuato un controllo visivo e olfattivo e, a ogni dubbio su una possibile variazione del contenuto del carico, sono effettuati analisi dettagliate. Per ogni nuova analisi, in base a dubbi sulla costanza del rifiuto, è conferita una nuova omologa che avrà durata di un anno, fino a successiva variazione o fino al superamento della quantità smaltibile definita nell'omologa. Nella discarica Barricalla sono conferiti rifiuti speciali pericolosi, rifiuti speciali non pericolosi e rifiuti contenenti amianto. Affinché un rifiuto sia smaltibile, è necessaria la compilazione di un documento di caratterizzazione dove sono

indicate le principali caratteristiche chimiche e di produzione del rifiuto. Le informazioni richieste per l'avvio della fase di omologa sono:

- Fonte e origine dei rifiuti;
- Informazioni sul processo che ha prodotto tale rifiuto;
- Descrizione del processo di trattamento del rifiuto o dichiarazione che spieghi perché il trattamento non viene effettuato;
- Dati sulla composizione dei rifiuti:
  - Risultati analitici della composizione del rifiuto tal quale;
  - Risultati analitici della composizione dell'eluato (Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo totale, Rame, Mercurio, Molibdeno, Nichel, Piombo, Antimonio, Selenio, Zinco, DOC, TDS, Fluoruri, risudo a 105°C, residuo a 600°C e TOC);
- Aspetto dei rifiuti;
- Codice CER
- Proprietà che lo rendono pericoloso;
- Precauzioni necessarie per il ricevimento;
- Motivazione per cui il rifiuto non è riciclabile o recuperabile;
- Metodo di campionamento utilizzato;
- Quantità di rifiuto da smaltire;
- Periodo previsto per il conferimento;
- Frequenza di conferimento;
- Quantità prevista per ogni riferimento;
- Certificazioni.

Dopo aver controllato che tutte le caratteristiche siano veritiere è definito un numero univoco e identificativo di omologa che caratterizza questo rifiuto.

In Allegato 1 sono riportati i limiti di accettabilità affinché i rifiuti possano essere smaltiti nella discarica Barricalla e l'elenco in dettaglio di tutti i rifiuti smaltibili in discarica.

## 4. Emissioni da traffico veicolare

Come precisato nell'introduzione, la centrale IREN può essere esclusa dal presente lavoro in quanto le emissioni risultano essere standardizzate. Per iniziare lo studio sono state ricercate analisi con lo scopo di caratterizzare le emissioni di discariche di rifiuti speciali. In letteratura, però, non sono presenti studi con un obiettivo simile a cui fare riferimento; di conseguenza, è stato necessario procedere seguendo una strada alternativa. Sono stati ricercati in letteratura articoli che esaminassero le emissioni da traffico veicolare in modo da evidenziare le specie prodotte per procedere, poi, secondo "sottrazione" da quanto misurato sul corpo della discarica. Per avere una rappresentazione veritiera e reale sono stati selezionati studi effettuati in diverse parti del mondo in modo da coprire tutto il range possibile di emissioni.

Per ricercare articoli utili allo scopo, è necessario apprendere al meglio lo studio dell'inquinamento atmosferico legato al traffico veicolare; esso è molto complesso in quanto legato a vari fattori. È indispensabile partire, prima di tutto, dalle singole sorgenti emissive per raggiungere poi uno studio globale legato al traffico nel suo complesso. Le condizioni che influenzano le emissioni sono:

- Tipo di veicolo;
- Velocità;
- Flusso di traffico;
- Profilo longitudinale (15).

Le emissioni legate al veicolo possono essere suddivise in tre macro-gruppi: emissioni allo scarico, evaporative e derivanti dal consumo di pneumatici e freni.

Lo studio del calcolo delle emissioni parte dalla quantità di inquinante emessa in grammi al chilometro da ogni veicolo analizzato. Esse sono legate in modo serrato a:

- Categoria del veicolo (automobile, ciclomotore, camion...);
- Tipo di combustibile impiegato;
- Anno di immatricolazione;
- Cilindrata e peso complessivo;

- Regime medio di conduzione del veicolo (area di interesse in cui transita il veicolo);
- Percorrenza media annua;
- Velocità media;
- Consumo di combustibile;
- Condizioni meteo. (15)

Il flusso di traffico è un parametro che completa le informazioni date dalla velocità tenendo conto della presenza di accelerazioni, decelerazioni, carico del motore e del movimento continuo o discontinuo del traffico. Esso può essere suddiviso in quattro gruppi esemplificativi:

- Flusso fluido continuo: i veicoli hanno una velocità pressoché costante e durante la giornata si possono evidenziare variazioni non improvvise. Tale categoria è caratterizzata da una continuità spaziale e temporale. Questo caso coincide con il caso di autostrade o superstrade, di una stradina interurbana o di una grande direttrice urbana non in orario di punta e di strade principali in ambiente urbano. (15)
- Flusso continuo disuniforme: una parte di veicoli è in una fase transitoria di accelerazione o decelerazione instabile nel tempo. È possibile definire una velocità media complessiva poiché c'è la presenza di un moto stabile e ripetitivo per un periodo di tempo sufficientemente lungo. Questa situazione è tipica di arterie di centri urbani, strade principali vicine alla saturazione, bretelle o raccordi con molti incroci, parcheggi o in vicinanza ad attraversamenti pedonali o ingressi ad abitazioni. (15)
- Flusso accelerato disuniforme: una quantità di veicoli è in accelerazione il che comporta una difficile definizione di velocità media, poiché essa non risulta essere continua. Questa condizione si evidenzia sulle grandi direttrici urbane dopo un incrocio, sulle rampe di accesso all'autostrada, ai caselli autostradali e nelle zone successive a un blocco o impedimento alla consueta circolazione. (15)
- Flusso decelerato disuniforme: è l'opposto del caso precedente dove un numero importante di veicoli è in decelerazione. Questa situazione avviene in avvicinamento a ostacoli quali rampe, caselli o grandi incroci urbani. (15)

L'impatto del traffico veicolare è legato all'emissione dei seguenti inquinanti:

- Ossidi di zolfo;
- Ossidi di azoto;
- Composti organici volatili non metanici;
- Ammoniaca;
- Particolato;
- Metalli pesanti: cadmio, cromo, rame, nickel, piombo, selenio, zinco (15).

La caratterizzazione delle emissioni da traffico veicolare risulta molto complessa e dipendente da diversi fattori. Per lo scopo prefissato nel presente studio, sono stati ricercati in letteratura differenti articoli scientifici che presentassero studi relativi alle emissioni in atmosfera derivanti da traffico veicolare. In particolare, si sono ricercati studi con una caratterizzazione eterogenea dei veicoli e su strade con presenza di traffico con flusso fluido continuo, in modo che gli studi effettuati fossero simili all'inquinamento derivante dalla tangenziale per il caso studio. È stata ricercata, quindi, una caratterizzazione del VOC e del PM al fine di evidenziare le famiglie chimiche emesse dal traffico veicolare. Affinché fosse possibile definire un'ampia copertura, e per assicurare che le conclusioni redatte dopo questo studio fossero il più possibile veritiere, gli articoli sono stati ricercati in zone differenti sulla superficie terrestre.

#### 4.1. Composti organici volatili (VOC)

Casi studio sulla caratterizzazione di specie di VOC emesse sono stati effettuati a Città del Messico, Bogotá, Beilin District in Cina, Palermo, Cina, Svizzera, Brussels, Taiwan, Hong Kong e Tokyo. Questi risultati sono stati confrontati con quanto misurato da Barricalla S.p.A. mensilmente nelle analisi riguardanti la qualità dell'aria e semestralmente nel gas di scarica. Tale confronto ha lo scopo di individuare quali specie chimiche risultano presenti sia nelle emissioni da traffico veicolare, che nelle misurazioni effettuate sul corpo scarica. In questo modo, è possibile effettuare una scrematura tra le specie presenti all'interno della Barricalla S.p.A. e ipotizzare quali siano imputabili al traffico veicolare.

La campagna di misurazione effettuata a Città del Messico (16) è stata effettuata nella prima settimana di Marzo 1998, il tempo atmosferico era asciutto con una

temperatura di 26°C con una velocità del vento di 1,5 m/s. In modo da avere un'analisi veritiera e minimizzare l'impatto di altre sorgenti, la captazione di campioni è stata effettuata in tunnel adibiti al traffico veicolare.

A Bogotà (17) è stato effettuato uno studio differenziato in diverse zone della città diversificate in area urbana, urbana e industriale, commerciale. La campagna di misurazione è stata effettuata tra novembre 2008 e luglio 2009.

Nel Distretto di Beilin (18) in Cina i campioni sono stati collezionati nei mesi di maggio e giugno 2016 tra due strade principali della regione caratterizzate da un alto traffico giornaliero. Le strade sono chiuse da complessi commerciali e case e non vi è la presenza di ulteriori sorgenti nella zona di interesse. Il traffico veicolare include macchine private a benzina, bus pubblici, veicoli leggeri e pesanti alimentati a diesel; tale eterogeneità rende veritiero il risultato e, quindi, utile per il confronto.

Uno studio simile effettuato in Italia è stato realizzato a Palermo (19) nei mesi tra luglio 2013 e gennaio 2014. Questo studio è stato effettuato su diverse zone della città per caratterizzare le emissioni da traffico veicolare, da rifiuti e da zone industriali. Per lo scopo ricercato nel presente studio, ci si è soffermati sulle emissioni da traffico veicolare determinate in diverse aree per rendere i risultati veritieri. Le strade prese in esame hanno un elevato traffico veicolare e la città ha attività industriale molto sviluppata, il che la rende simile all'area in esame per il presente studio.

Un ulteriore studio cinese (20) è stato ritenuto utile allo scopo in quanto cumulativo di differenti studi realizzati in molteplici zone del paese tenendo in considerazione macchine, veicoli pesanti, bus e motocicli.

In Svizzera è stato effettuato un lavoro analogo studiando le emissioni all'interno di un tunnel vicino a Zurigo (21). Lo studio si è concentrato sul calcolo di fattori emissivi di differenti componenti misurati a settembre 1993. Per lo scopo prefissato non è utile il fattore emissivo calcolato nell'articolo, ma la lista di componenti riscontrati.

Un'indagine simile al precedente è stata effettuata a Brussels (22) dove sono stati calcolati i fattori emissivi di veicoli leggeri attraversanti un tunnel della città tra gli anni 2011 e 2013. Anche in questo caso è stato preso in esame l'elenco di inquinanti rilevati.

Spostandosi nuovamente in Asia, gli ultimi tre studi presi in esame sono Taiwan (23), Hong Kong (24) e Tokyo (25).

Nel primo caso i campioni sono stati collezionati all'entrata, nel centro e all'esterno di un tunnel. I veicoli passanti si differenziano in leggeri, pesanti, bus e veicoli privati. Anche in questo caso non è stato utilizzato il valore del fattore emissivo calcolato, ma l'elenco di specie evidenziate.

A Hong Kong le misurazioni sono state effettuate nei mesi di maggio, agosto, novembre 2011 e febbraio 2012. La stazione di misurazione era circondata da edifici residenziali e commerciali, con la presenza di un traffico elevato. Le misurazioni sono state effettuate in diversi periodi dell'anno in modo da avere una copertura totale dello studio in relazione alla variabilità del clima durante le diverse stagioni.

Per ultimo è stato preso in esame lo studio attuato a Tokyo. Tale analisi si è estesa per due anni, da aprile 2003 a marzo 2005, e ha coperto l'area urbana e la zona adibita alla viabilità stradale. Attraverso questa indagine è stato possibile rilevare la presenza di 54 composti organici volatili.

I risultati della lettura incrociata di questi articoli e il loro confronto è sintetizzato in *Tabella 4.1*.

Tabella 4.1- Confronto emissioni VOC

Famiglia	VOC	Città del Messico	Bogotà	Beilin District	Palermo	Cina	Svizzera	Brussels	Taiwan	Hong Kong	Tokyo	Barricalla (qualità aria)	Barricalla (gas)
Alcani	1-Esano		X										
	1-Etil-4-Metilcicloesano					X							
	1,3 Dimetilciclopentano					X							
	1,2,4 Trimetilcicloesano					X							
	2,2,4-TriMetilPentano	X		X		X		X	X	X	X		
	2,2-diMetilbutano	X	X	X		X			X		X		
	2,3,4-TriMetilPentano	X		X		X			X		X		
	2,3-diMetilbutano		X	X		X			X	X	X		
	2,3-diMetilPentano	X		X		X	X		X				
	2,3 dimetilesano					X							
	2,4 dimetilesano					X							
	2,4-diMetilPentano	X		X		X			X		X		
	2,6-Dimetilottano					X							
	2-Metileptano	X		X		X			X		X		
	2-Metilesano	X		X		X			X	X	X		
	2-Metilpentano	X		X	X	X	X	X	X	X	X		
	3-Metileptano	X		X		X			X		X		
	3-Metilesano	X		X	X	X	X		X	X			
	3-Metilnonano					X							
	3-Metilottano	X											
3-Metilpentano	X		X		X			X	X	X			
5- Metildecano					X								
Cicloesano	X		X		X			X		X		X	

Famiglia	VOC	Città del Messico	Bogotà	Beilin District	Palermo	Cina	Svizzera	Brussels	Taiwan	Hong Kong	Tokyo	Barricalla (qualità aria)	Barricalla (gas)
Alcani	Ciclopentano	X		X		X			X		X		
	Etano	X	X	X		X				X			
	Etilcicloesano					X							
	iso-Butano	X	X	X		X		X	X	X	X		
	Iso-ottano						X						
	iso-Pentano		X	X	X	X		X	X	X	X		
	Metilcicloesano			X		X			X		X		X
	MetilCiclopentano	X		X		X	X		X		X		
	n-Butano	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
	n-Decano	X		X		X	X		X	X	X		
	n-Dodecano						X						
	n-Esano	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	n-Ettano			X	X	X	X	X	X	X	X		
	n-Nonano	X		X		X	X		X	X	X		
	n-Octano	X		X		X	X	X	X	X	X		
	n-Pentano	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
n-Undecano	X		X		X	X		X		X			
Propano	X	X	X		X			X	X				
Alcheni	1-Butene	X	X	X		X		X	X	X	X		
	1-Esene			X		X			X				
	1-Pentene		X	X		X		X	X	X	X		
	1,3 Butadiene							X	X	X	X		
	2-Metil-1-Pentene	X									X		
	2-Metil-1-Butene					X							
	2-Metil-2-Butene	X			X	X							





Famiglia	VOC	Città del Messico	Bogotà	Beilin District	Palermo	Cina	Svizzera	Brussels	Taiwan	Hong Kong	Tokyo	Barricalla (qualità aria)	Barricalla (gas)
Alogenuro alchilico	Dicloro Difluoro Metano												X
	1,2-1,1,2,2,-tetrafluoroetano												X
	1,1,2-Tricloro-2,2,1-Trifluoro Etano												X
Chetone	Acetone					X			X				
	Metil etil chetone								X				
Clorofluorocarburi	Triclorofluorometano												X
Esteri	Acetato di etile					X							
	Acetato di vinile								X				
	Metacrilato di metile								X				
Etere	MTBE	X				X							
Idrocarburi aromatici	1,2,3-TriMetilBenzene			X		X	X	X	X	X	X		
	1,2,4-TriMetilBenzene	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,3,5-TriMetilBenzene	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Benzene	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Etilbenzene	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	iso-PropilBenzene	X		X		X	X		X	X	X		
	m,p-Xilene	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	m-Dietilbenzene			X		X			X		X		
	m-Etiltoluene	X		X		X	X		X	X	X		
	n-PropilBenzene	X		X		X	X		X	X	X		
	o-Etiltoluene			X		X	X		X	X	X		
	o-Xilene	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
p-Dietilbenzene			X		X			X		X			



## 4.2. Particolato aerodisperso (PM)

Per il controllo del PM prodotto, si è deciso di proseguire con un ragionamento analogo ricercando in letteratura le specie emesse da traffico veicolare per procedere, poi, per “sottrazione” da quanto misurato all’interno della definizione per la “qualità dell’aria” nella discarica.

Il primo articolo di interesse si riferisce a uno studio compiuto tra Barcellona e Madrid (26). Sono stati collezionati 56 filtri campione di PM<sub>1</sub> sia a livello stradale che in elevazione sui tetti. Entrambe le città presentano un elevato traffico veicolare nel centro e sono localizzate in una zona con un clima mediterraneo che ne favorisce la reazione fotochimica dei reagenti e l’accumulo di aerosol secondario. La natura urbana delle città le rende comparabili con la natura di Torino e, quindi, con il caso studio.

Un secondo studio comparativo mette in relazione le specie prodotte in Inghilterra a Birmingham e in Francia a Parigi (27). Il campione di Birmingham (QRT) è stato raccolto a settembre 2012 e a Parigi (PdPT) a giugno 2013; entrambi sono stati collezionati all’interno di un tunnel adibito a traffico veicolare. Un terzo campione è stato preso a 3 km al di fuori del centro di Birmingham nel Elms Road Observatory Site (EROS).

Sono stati ricercati articoli in zone diverse tra cui Cina (28), Taiwan (29) e Singapore (30). In Cina i campioni sono stati raccolti nella città di Langfang a settembre 2017 in tre diversi periodi lungo la giornata, in modo da avere una copertura totale. A Taiwan lo studio è stato effettuato da ottobre 1992 ad agosto 1993 nell’ora di punta, durante il giorno e durante la notte. A Singapore le misurazioni sono state effettuate da novembre 2015 a febbraio 2016 in un ambiente stradale con la presenza vicino della città; per discretizzare le emissioni è stato utilizzato un filtro per il particolato PM<sub>2,5</sub>.

Al fine di raggiungere un’idea complessiva delle specie emesse, senza addentrarsi eccessivamente nello specifico della chimica, i componenti trovati sono stati suddivisi secondo la famiglia di appartenenza. I risultati ottenuti sono schematizzati in *Tabella 4.2*.

Tabella 4.2-Confronto emissioni PM

Famiglia	Componente	Barcellona	Madrid	QRT	EROS	PdPT	Langfang	Taiwan	Singapore	Barricalla
IPA	Benzo[b]k]fluoranthene	X	X	X	X	X		X		X
	Benzo[e]pirene (BeP)	X	X	X	X	X		X		X
	Benzo[a]pirene (BaP)	X	X	X	X	X		X		X
	Indeno[1,2,3,c,d]pyrene (Ipy)	X	X	X	X	X		X		X
	Acenaphtylene (Acy)			X	X	X		X		X
	Acenaphthene (Ace)			X	X	X		X		X
	Fluorene (Flo)			X	X	X				X
	Phenanthrene (Phe)			X	X	X				X
	Anthracene (Ant)			X	X	X				X
	Fluoranthene (Flt)			X	X	X				X
	Pyrene (Pyr)			X	X	X		X		X
	Retene (Ret)			X	X	X				
	Benz[a]anthracene (BaA)			X	X	X		X		X
	Chrysene (Chr)			X	X	X		X		X
	Dibenzo[a,h]anthracene (DBA)			X	X	X		X		X
	Coronene (Cor)			X	X	X		X		
	Naftalene							X		X
	Perilene									X
	Benzo[b]cricene							X		
	Ciclopenta[c,d]pirene							X		
	Dibenzo[a,e]pirene									X
Dibenzo[a,l]pirene									X	
Dibenzo[a,i]pirene									X	
Dibenzo[a,h]pirene									X	
Benzo[g,h,i]perylene (Bpy)	X	X	X	X	X	X		X		X

Famiglia	Componente	Barcellona	Madrid	QRT	EROS	PdPT	Langfang	Taiwan	Singapore	Barricalla
IPA ossigenati	9-Fluorene (9F)			X	X	X	X	X		
	9,10-Anthraquinone (AQ)			X	X	X	X			
	2-Methylanthraquinone (MAQ)			X	X	X				
	Benz[a]anthracene-7,12-dione (BaAQ)			X	X	X	X			
nitro-IPA	1-Nitronaphthalene (1NNap)			X	X					
	2-Nitronaphthalene (2NNaP)			X	X					
	2-Nitrofluorene (2NFlo)			X	X	X	X			
	9-Nitroanthracene (9NAnt)			X	X	X				
	3-Nitrobenzanthrone (3NBA)						X			
	3-Nitrophenanthrene						X			
	9-Nitrophenanthrene						X			
	1-Nitrofluoranthene (1NFIt)			X	X					
	2-Nitrofluoranthene (2NFIt)			X	X	X	X			
	3-Nitrofluoranthene (3NFIt)			X	X					
	4-Nitropyrene (4NPy)			X	X	X				
	1-Nitropyrene (1NPy)			X	X	X	X			
	2-Nitropyrene (2NPy)			X	X					
	7-Nitrobenz[a]anthracene (7NBaA)			X	X	X	X			
6-Nitrochrysene (6NChr)			X	X	X	X				
Hopanes	17a(H)21 $\beta$ (H)-29-norhopane (NHOP)	X	X							
	17a(H)21 $\beta$ (H)-hopane	X	X							
Alcaloidi	Nicotina	X	X							
Anhydro-sugars	Galactosan	X	X							
	Mannosan	X	X						X	
	Levoglucosan	X	X						X	



<b>Famiglia</b>	<b>Componente</b>	<b>Barcellona</b>	<b>Madrid</b>	<b>QRT</b>	<b>EROS</b>	<b>PdPT</b>	<b>Langfang</b>	<b>Taiwan</b>	<b>Singapore</b>	<b>Barricalla</b>
Dicarboxylic, aromatic and poly acids	Glyceric acid	X	X							
	Malic acid	X	X							
	Dehydrabietic acid	X	X							
Isoprene SOA tracers	2-methylglyceric acid	X	X							
	C5-alkene triols	X	X							
	methylthreitol (2MT1)	X	X							
	2-methylerythritol (2MT2)	X	X							
$\alpha$ -Pinene SOA tracers	cis-pinonic acid (CPA)	X	X							
	pinic acid (PNA)	X	X							
	3-hydroxyglutaric acid (3GHA)	X	X							
	MBTCA	X	X							

## 5. Individuazione sostanze discretizzanti

In base a quanto riscontrato dal confronto incrociato effettuato nel capitolo 4, si nota come la caratterizzazione dei composti organici volatili sia più rappresentativa per il caso studio. Il traffico veicolare emette in maggior quantità alcani, alcheni e idrocarburi aromatici. Ciò che è misurato come qualità dell'aria, nell'area della Barricalla S.p.A. e nel gas di discarica, mostra invece la presenza di solventi alogenati. Il confronto delle specie particolate, invece, non presenta una differenza sostanziale tra ciò che è misurato e ciò che è prodotto dal traffico veicolare. Questa similitudine porterebbe a pensare che la variazione della normale quantità di PM sia imputabile al solo traffico veicolare e non alla presenza della raccolta di rifiuti. Grazie, invece, alla differente caratterizzazione dei composti organici volatili emessi si è deciso di concentrarsi sulla presenza di solventi alogenati. In particolare, è possibile addentrarsi nello studio cercando alcune specie di interesse in modo da utilizzarle come discriminante. Ricercando in letteratura ed esaminando le analisi effettuate da Barricalla, di particolare interesse risultano i componenti 1,2-dicloro etano e 1,2-dicloro propano.

### 5.1. 1,2-dicloroetano

L'1,2-dicloroetano (CAS 107-06-2) è una sostanza chimica che presenta un'alta volatilità. Secondo la classificazione EPA è definita come sostanza appartenente al gruppo 2B, ovvero probabile cancerogeno per l'uomo; questa classificazione deriva dalla presenza di risultati di evidente cancerogenicità su animali, ma non sono presenti abbastanza studi sugli effetti sull'uomo. (31) Dal punto di vista ambientale, ha importanza la sua presenza in atmosfera poiché tale composto assorbe la luce infrarossa delle lunghezze d'onda di 7, 12 e 13  $\mu\text{m}$  legate al riscaldamento globale: sostanze che assimilano queste lunghezze d'onda assorbono radiazioni termiche emesse dalla superficie terrestre, impedendone la dispersione nello spazio. L'atmosfera è il comparto in cui si ha più impatto derivante da questa sostanza, in relazione alla sua alta volatilità. In seguito alla moderata persistenza nella troposfera, è possibile un trasporto attraverso grandi distanze. Una volta che la sostanza è entrata nella troposfera inizia la foto-ossidazione che produce cloruro di formile, cloruro di cloroacetile, acido cloridrico, monossido di carbonio e diossido di carbonio. In letteratura non si trova frequentemente

la presenza di questa sostanza in acqua di falda, ma spesso è presente nel percolato di discariche di rifiuti pericolosi. Come detto in precedenza, tale composto chimico presenta un'alta volatilità, che ne permette la dispersione in atmosfera. La US EPA ha riportato che l'1,2-dicloroetano è emesso da vari prodotti per la pulizia della casa e della persona come agenti pulenti, pesticidi, carta da parati e moquette incollati e in prodotti per l'igiene personale. Il composto in questione è anche un precursore del cloruro di vinile ed è quindi legato alla sua produzione chimica. (32). Le emissioni di 1,2-dicloroetano nel comparto acquatico e atmosferico derivano da industrie manifatturiere e dal suo utilizzo come solvente per la pulizia (33). Tali dati sono rilevanti per il caso studio in quanto possono essere presenti all'interno di fanghi di depurazione che vengono, successivamente, smaltiti nella discarica in questione con il codice CER 19.08. Questo aspetto è stato fondamentale nell'evidenziare come specie degna di nota quella appena presentata.

### 5.2. 1,2-dicloropropano

L'1,2-dicloropropano (CAS 78-87-5) è una sostanza utilizzata negli anni passati come fumigante per il terreno, come intermediario chimico e solvente industriale; fu trovato in svernicianti, vernici e in sostanze per la rimozione di finitura dei mobili. Questo composto è anche un intermediario per la produzione chimica di percloroetilene e di altre specie clorate. È un composto altamente volatile: se presente in acqua evapora rapidamente e se rilasciato nel suolo si trasferisce facilmente in aria e filtra nell'acqua di falda (34). Secondo la suddivisione EPA, questa sostanza è classificata come cancerogena per l'uomo, gruppo 1. (31). In quanto a ciò che è riportato in alcuni studi, l'1,2-dicloropropano ha un impatto sull'ambiente contribuendo al riscaldamento globale, alla creazione fotochimica di ozono, alla riduzione di ozono e modificando la velocità di reazione dei radicali ossidrilici. L'1,2-dicloropropano, per quanto riguarda le emissioni in aria, tende a ripartirsi prima in aria, poi in acqua, successivamente nel suolo e nella biosfera (animali e vegetazione) con le percentuali riportate in *Tabella 5.1*.

Tabella 5.1-Percentuali di suddivisione di 1,2-dicloropropano

Comparto	
Aria	98,02%
Acqua	1,82%
Suolo	0,16%
Biota	<0,01%

Per quanto riguarda la rimozione di questa sostanza da acqua contaminata la biodegradazione attraverso un impianto aerobico a fanghi attivi non evidenzia una buona rimozione. Esistono pubblicazioni in cui si sottolinea come sia possibile biodegradare in altri modi aggiungendo acetato e metanolo e culture arricchite. Da letteratura sono riportati alcuni esempi di inquinamento da 1,2-dicloropropano; spesso sono descritti esempi di contaminazione del percolato di discariche con rifiuti industriali.

### 5.3. Caratteristiche chimico-fisiche

L'approccio allo studio rende necessaria una sintesi delle caratteristiche chimiche delle due sostanze; tali parametri sono sintetizzati in *Tabella 5.2*.

Tabella 5.2- Caratteristiche chimiche di 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano (35)

Composto	Formula	Peso molecolare (g/mol)	Pressione di vapore (mmHg)	Solubilità (mg/L)	Concentrazione di saturazione (g/m <sup>3</sup> )
1,2-dicloroetano	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	98,96	61	8690	350
1,2-dicloropropano	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	112,99	41,2	2600	25,49

La pressione di vapore dà un'indicazione della tendenza di fuga delle molecole dal liquido o dal solido. Una pressione di vapore alta implica una bassa forza attrattiva tra le molecole del liquido o del solido e, di conseguenza, un alto numero di molecole sarà trasferita in fase di vapore. Queste sostanze sono considerate volatili. La solubilità definisce la massa totale di sostanza che si disperderà nel solvente a una determinata temperatura e pressione. La solubilità influenza la quantità di molecole che volatilizza. Una sostanza con un'alta pressione di vapore e bassa solubilità vaporizza rapidamente. (36) In relazione alla sua alta volatilità e all'alta concentrazione di saturazione si può

pensare che il passaggio di fase avvenga in modo spontaneo da liquido, o solido, a vapore (37).

Per verificare questa supposizione, è necessario fare riferimento alle caratteristiche fondamentali per la determinazione della tendenza di una sostanza a volatilizzare: la costante di Henry, per la volatilizzazione da una soluzione liquida, e la volatilità relativa dal suolo, per la volatilizzazione dalla fase solida. La prima è definita come il rapporto tra la pressione parziale del gas soluto per la frazione molare del gas in soluzione. Prendendo in considerazione la pressione parziale e la solubilità, la costante di Henry dà un'indicazione della tendenza delle molecole a fuggire dalla soluzione. Questa costante è il migliore indicatore sulla volatilizzazione di un composto e si può generalizzare come segue:

- $H < 10^{-7}$  atm·m<sup>3</sup>/mol: il composto è meno volatile dell'acqua e la sua concentrazione aumenterà con l'evaporazione dell'acqua. Una sostanza che presenta tale valore è sostanzialmente non volatile.
- $10^{-7} < H < 10^{-5}$  atm·m<sup>3</sup>/mol: la sostanza volatilizza lentamente; il rapporto è controllato dalla lenta diffusione di molecole attraverso l'aria.
- $10^{-5} < H < 10^{-3}$  atm·m<sup>3</sup>/mol: la volatilizzazione inizia a diventare un significativo meccanismo di trasferimento. Questo intervallo comprende la maggior parte di IPA e alogenati aromatici.
- $H > 10^{-3}$  atm·m<sup>3</sup>/mol: i composti sono rilasciati in quantità significative; la resistenza esercitata dalla superficie dell'acqua è il fattore limitante. (36)

La volatilità relativa nel terreno indica la velocità di volatilizzazione dallo stesso. Dipende dalla quantità di sostanza nel suolo, dal suo tipo e dalla quantità di acqua presente, dalla pressione di vapore, dal peso molecolare, dalla diffusività della sostanza, dalla portata dell'aria sulla superficie, dall'umidità e dalla temperatura. Assumendo tutti i fattori costanti, tranne il peso molecolare e la pressione di vapore, la volatilità relativa dal suolo è controllata dal contenuto di acqua. (36) In *Tabella 5.3* sono riportati i valori riscontrati per le due sostanze in esame.

Tabella 5.3- Caratteristiche di volatilizzazione (36)

<b>Sostanza</b>	<b>Costante di Henry (atm·m<sup>3</sup>/mol)</b>	<b>Volatilità relativa nel suolo</b>
1,2-dicloroetano	1,1 10 <sup>-3</sup>	7,61
1,2-dicloropropano	2,8 10 <sup>-3</sup>	4,70

Per le definizioni derivanti da entrambi i parametri, le due sostanze risultano classificabili come altamente volatili. Questa determinazione avviene secondo la costante di Henry, in base alla divisione sopra riportata, e per la volatilità relativa nel suolo in quanto presenta valori maggiori di 1. Questi dati avvalorano la supposizione che il passaggio nella forma di VOC delle sostanze in esame avvenga in modo spontaneo.

## 6. Discretizzazione e ricerca di rifiuti emettenti

### 6.1. Monitoraggio ambientale

In relazione al codice etico della società e alla volontà di tutela ambientale e della salute umana sono effettuati costanti monitoraggi ambientali. La loro cadenza e i parametri da analizzare sono descritti nel “Piano di sorveglianza e controllo”. Al fine di stabilire le modalità di campionamento, monitoraggio, sorveglianza e controllo si identificano come degni di studio i comparti acqua e aria. Per quanto riguarda il primo sono monitorate con cadenza trimestrale le acque sotterranee, le acque di drenaggio superficiale e il percolato. Per quanto concerne l’aria è monitorata la qualità dell’aria con cadenza mensile e le emissioni gassose con cadenza semestrale. Di interesse per lo studio sono i monitoraggi effettuati sul comparto atmosferico. La captazione di aria per lo studio della qualità della stessa avviene attraverso stazioni posizionate sul lotto 3 e sul lotto 4 come mostrato in *Figura 6.1*.

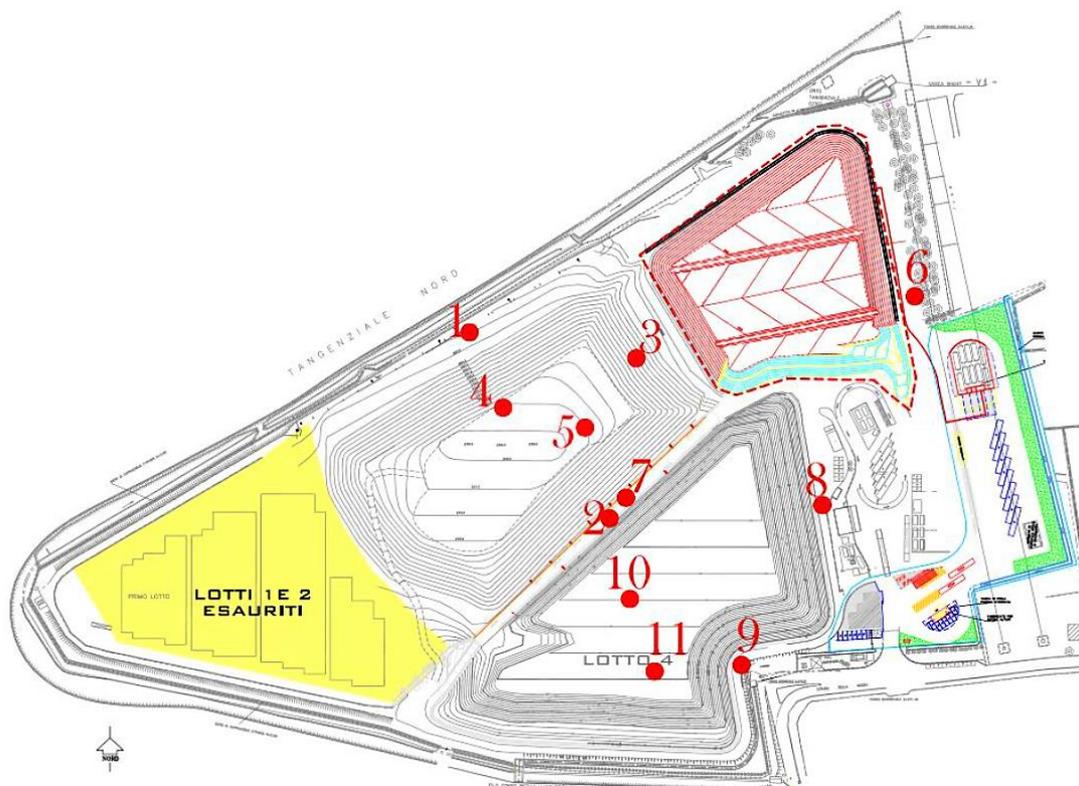


Figura 6.1- Distribuzione delle stazioni di campionatura per la qualità dell'aria (38)

Sia per quanto riguarda il monitoraggio effettuato sulla qualità dell'aria che quello effettuato sul gas di discarica sono misurati i parametri ritenuti interessanti: 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano. In generale sono valutate le seguenti sostanze: 1,2-dicloroetano, Benzene, 1,2-dicloropropano, Toluene, Etil Benzene, Meta Xilene-Para Xilene, Stirene, Orto Xilene, 1,3,5 Trimetil Benzene, 1,2,4 Trimetil Benzene (14). Per i composti rilevati e misurati all'interno del programma di tutela della qualità dell'aria, non esistono limiti dettati dalla normativa italiana. Di conseguenza, per avere un confronto normativo e di concentrazione limite è possibile prendere a confronto i valori soglia TLV. Per alcuni valori si fa riferimento alla pubblicazione della American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2011 (A.C.G.I.H.) e per altri sono stati prelevati i limiti imposti dalla normativa italiana in materia di sicurezza sul lavoro nel D.Lgs. 81 del 09/04/2008 (14). Le concentrazioni sono riportate in *Tabella 6.1*.

*Tabella 6.1-TLV per i COV misurati*

<b>Composti C.O.V.</b>	<b>TLV (mg/m<sup>3</sup>)</b>
1,2-dicloroetano	40,5
Benzene	3,25
Toluene	192
Xilene (M+O+P)	221
Stirene	85
1,2-dicloropropano	46
Etil Benzene	442

Il monitoraggio dei gas prodotti dal corpo discarica avviene con cadenza semestrale attraverso la captazione sugli sfiati del gas prodotto dai rifiuti stoccati. I parametri misurati comprendono: temperatura atmosferica, pressione atmosferica, pressione del gas rispetto all'esterno, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, idrocarburi e composti organici volatili (tra cui 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano) (14).

La rete di captazione del gas di discarica è realizzata con tubi macro fessurati circondati da ghiaia che vengono prolungati con l'avanzamento della coltivazione. I rifiuti smaltiti in discarica devono presentare un basso valore di DOC e TOC e, quindi, essere inorganici; di conseguenza non sarà prodotto biogas e, quindi, la rete di captazione non prevede una distribuzione orizzontale se non da eventuali intercapedini



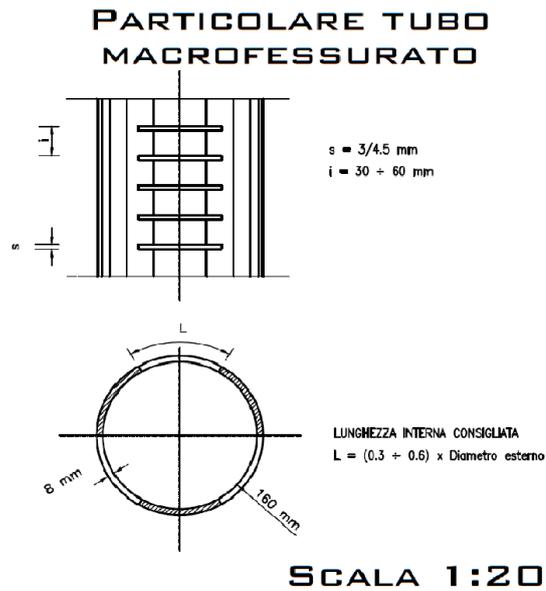


Figura 6.4- Particolare di un tubo di captazione (fonte: Sfiati del gas di discarica: posizionamento e particolare, Barricalla S.p.A.)

I tubi di captazione del gas di discarica sono posizioni in modo fisso all'interno del lotto 3 e del lotto 4 come riportato in *Figura 6.4* e *Figura 6.5* dove con l'acronimo *TSF* si identifica ogni tubo di sfiato posizionato.

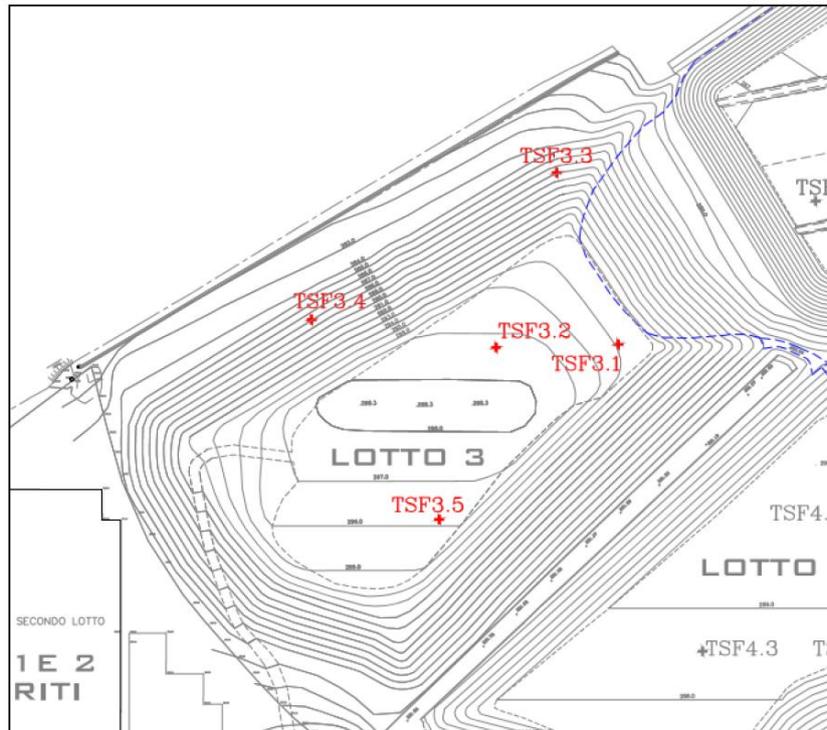


Figura 6.3 - Distribuzione tubi gas dei lotti 3 (38)

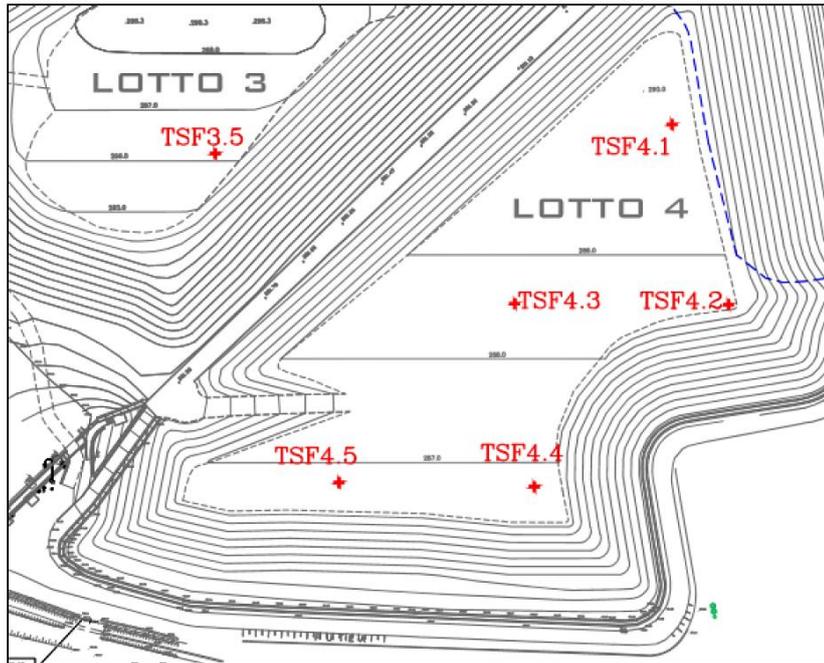


Figura 6.5 - Distribuzione tubi gas dei lotti 4 (38)

Gli studi effettuati dalla Barricalla S.p.A. permettono un buon confronto tra la qualità dell'aria e le concentrazioni di inquinanti all'interno del gas di discarica. Le analisi effettuate sulla qualità dell'aria evidenziano come le concentrazioni di inquinanti che si è deciso di analizzare, siano zero sul punto di bianco esterno ai due lotti, ma presentino in alcuni casi concentrazioni rilevanti sulle superfici dei lotti. Questo fatto avvalorava la supposizione che l'1,2-dicloroetano e l'1,2-dicloropropano siano prodotti dal corpo discarica. Per approfondire lo studio si è deciso di partire dalle analisi effettuate nel 2017 per andare poi a ritroso nel tempo per avere conferme delle ipotesi postulate.

## 6.2. Analisi delle emissioni e identificazione CER emettenti

Iniziando l'analisi dei dati dall'anno 2017 ci si è fissati sulle concentrazioni captate dal gas di discarica. Essi rappresentano una scelta più significativa in quanto sono intercettate subito le sostanze emesse e le influenze dell'ambiente esterno sono, quindi, minimizzate. Il loro monitoraggio avviene con cadenza semestrale attraverso prelievi sugli sfiati del gas di discarica. In *Tabella 6.2* si riportano le concentrazioni elaborate per ogni tubo di sfiato come evidenziato in *Figura 6.4* e *Figura 6.5*.

Tabella 6.2- Concentrazioni inquinanti nel gas di discarica (38)

**Lotto 3**

		TSF 3.1	TSF 3.2	TSF 3.3	TSF 3.4	TSF 3.5	U.M
giu-17	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	0,31	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
dic-17	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	0,24	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	9,75	8,19	10,11	4,31	mg/m <sup>3</sup>

**Lotto 4**

		TSF 4.1	TSF 4.2	TSF 4.3	TSF 4.4	TSF 4.5	U.M
giu-17	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
dic-17	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	0,14	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>

Nel lotto 3 si evidenzia un'elevata emissione di 1,2-dicloropropano a dicembre 2017, tale concentrazione a giugno 2017 è indicata al di sotto del limite di misura. Risulta di possibile interesse il periodo di tempo racchiuso in questo semestre. I lotti 3 e 4 sono utilizzati in modo alternato: il lotto 3 è utilizzato a partire da aprile 2017 fino a dicembre 2017. Mancando una rete di captazione orizzontale è stato possibile localizzare una zona di interesse delimitata dai tubi nei quali è stata rilevata un'emissione. Attraverso la sovrapposizione della planimetria del lotto 3 e la carta di posizionamento dei tubi di captazione si procede, quindi, con la ricerca di rifiuti conferiti nella zona racchiusa tra i tubi 3.2, 3.3 e 3.4 nel semestre tra giugno e dicembre al fine di individuare quali siano i possibili rifiuti di interesse. La ricerca di rifiuti conferiti è avvenuta selezionando come input, all'interno del database della Barricalla S.p.A., i lotti di interesse e sono stati restituiti i rifiuti conferiti nelle suddette zone. In *Figura 6.6* è evidenziata la zona oggetto di studio.

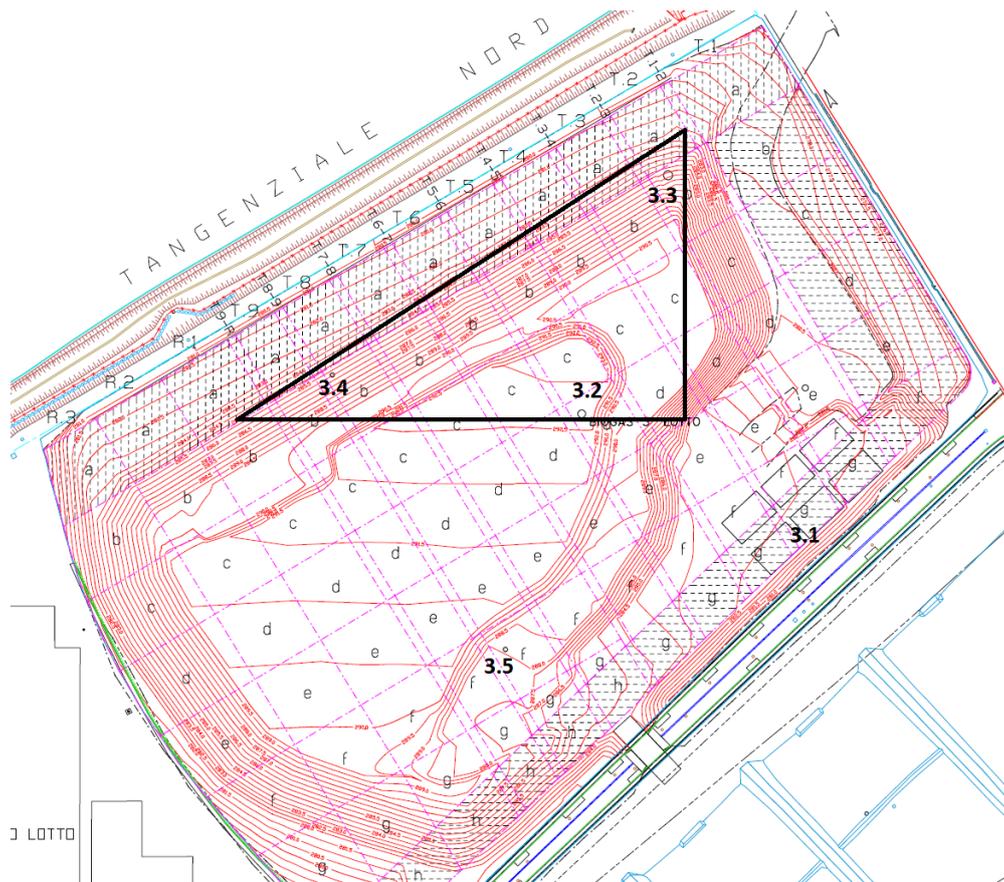


Figura 6.6 - Area oggetto di studio

È stato possibile attuare una seconda esclusione sui rifiuti conferiti. La ricerca ha, altresì, ristretto il campo a rifiuti non pulverulenti, in quanto le possibili emissioni in atmosfera possono avvenire per emissione diretta, attraverso volatilizzazione, o attraverso il dilavamento nel percolato, e successiva evaporazione. Infatti, i rifiuti non pulverulenti sono conferiti sfusi e faciliterebbero la dispersione di sostanze inquinanti a differenza di quanto avviene per i rifiuti pulverulenti, che sono necessariamente conferiti all'interno di *big-bags* con lo scopo di contenere le possibili emissioni. Nei lotti di interesse i rifiuti sono conferiti solo nei mesi di giugno, luglio, agosto e ottobre. Questo avvalora la supposizione che sia possibile considerare come “bianco” fino a giugno e limitare la ricerca di rifiuti emettenti nel secondo semestre del 2017 nelle aree delimitate. La ricerca, effettuata con l’ausilio di queste restrizioni, ha evidenziato il conferimento dei codici CER dei rifiuti riportati in *Tabella 6.3*.

Tabella 6.3 - Rifiuti conferiti nell'area di studio

Mese	Giugno	Luglio	Agosto	Ottobre	Descrizione
<b>Rifiuti (codice CER)</b>	10.04.01*	10.04.01*		10.04.01*	scorie della produzione primaria e secondaria
	17.05.07*	17.05.07*			pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose
				17.06.05*	materiali da costruzione contenenti amianto
	19.03.04*	19.03.04*	19.03.04*	19.03.04*	rifiuti contrassegnati come pericolosi, parzialmente stabilizzati diversi da quelli di cui al punto 190308 (mercurio parzialmente stabilizzato)

Attraverso un'analisi preliminare, legata alla natura dei rifiuti, si è ritenuto interessante focalizzare la ricerca di sostanze rappresentative nei rifiuti denominati attraverso il codice CER 19.03.04\*. Per confermare quanto supposto, si è resa necessaria una ricerca nello storico delle misurazioni e dei rifiuti conferiti in discarica. Attraverso questa ricerca, è stata confermata l'ipotesi che il rifiuto emettente appartenga a questa classificazione CER. Compiendo un ragionamento analogo a quanto fatto per il caso riportato sopra, è stata ristretta la ricerca ai lotti adiacenti ai tubi di captazione del gas di discarica anche per anni precedenti al 2017. Lo studio ha preso in esame dati fino all'anno 2012 sia per lotto 3 che per lotto 4; le emissioni di 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano corrispondono, anche negli anni passati, come area e tempistiche al conferimento di rifiuti classificati come 19.03.04\*. In Allegato 2 sono riportate le analisi per anno e i rifiuti conferiti nell'area di interesse. Si può notare, quindi, come sia presente questo parallelismo tra emissioni e rifiuti conferiti.

### 6.3. Analisi dei rifiuti emettenti

Per avere una conferma concreta delle supposizioni effettuate è necessario avere analisi chimiche che provino le emissioni. Affinchè i rifiuti siano conferibili in discarica, è necessaria che nel modulo di richiesta siano presenti analisi chimiche effettuate da laboratori accreditati o, in caso contrario, esse vengono effettuate dalla Baricalla stessa. Ogni rifiuto riceve un numero di omologa che identifica, in modo univoco, quel tipo di rifiuto con le sue caratteristiche chimico-fisiche e informazioni sull'origine dello stesso. I rifiuti conferiti in discarica nel periodo di interesse, il rispettivo numero di omologa, la

classificazione della pericolosità, il metodo di analisi eseguito e le concentrazioni calcolate di 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano sono riportati in *Tabella 6.4*.

*Tabella 6.4 - Codici CER, omologa dei rifiuti conferiti nell'area di studio e concentrazioni*

<b>CER</b>	<b>Omologa</b>	<b>Pericolosità</b>	<b>Metodo</b>	<b>1,2dicloroetano</b>	<b>1,2dicloropropano</b>
10.04.01*	1573	HP10-HP14			
19.03.04*	1584	HP7-HP10-HP14	EPA 5021A 2014+ EPA 8260C 2006	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
19.03.04*	1668	HP4-HP10-HP14	EPA 5021A 2003+ EPA 8260C 2006	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
17.06.05*	1670	HP5-HP7			
10.04.01*	1672	HP10-HP14		<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
19.03.04*	1676	HP4-HP10-HP14	EPA 5021A 2003+ EPA 8260C 2006	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
19.03.04*	1679	HP-7	EPA 5021A 2014+ EPA 8260C 2006	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
17.05.07*	1683	HP-7			
17.05.07*	1684	HP-7			
10.04.01*	1685	HP10-HP14			
19.03.04*	1690	HP4-HP10-HP14	EPA 5021A 2003+ EPA 8260C 2006	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
17.05.07*	1692	HP5-HP7			
19.03.04*	1698	HP4-HP10-HP14	EPA 5021A 2003+ EPA 8260C 2006	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
19.03.04*	1703	HP4-HP10-HP14	EPA 5021A 2003+ EPA 8260C 2006	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg

I codici di pericolosità riportati hanno i seguenti significati:

- HP4: irritante per cute e lesioni oculari;
- HP5: tossicità specifica per organi bersaglio/tossicità in caso di aspirazione;
- HP7: cancerogeno;
- HP10: tossico per la riproduzione;
- HP14: ecotossico;

Le analisi di omologa sono effettuate su due campioni, uno definito “tal quale” e l’altro eluato: il primo è un campione rappresentativo del rifiuto in forma solida e il secondo simula il rilascio di sostanze a contatto con acqua di dilavamento. Da quanto riscontrato nello studio delle analisi di omologa, effettuate sui rifiuti conferiti nel semestre preso in esame, non risulta la presenza nel solido di 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano. Questo fatto è attribuibile alle caratteristiche chimiche della sostanza: esse evidenziano un’elevata volatilità sia da solido che da liquido, come spiegato nel capitolo 5.3, ed è quindi possibile che nel rifiuto la quantità sia limitata e non sia fissata nel solido ma passi subito in fase aeriforme, sia nel momento delle analisi che nel momento di conferimento in discarica. In relazione alla natura e alle caratteristiche dei rifiuti smaltiti nel periodo di interesse, sono stati evidenziati i rifiuti con codice CER 19.03.04\* come possibili emettenti. Questi rifiuti derivano da piattaforme di trattamento che hanno come obiettivo la stabilizzazione di rifiuti pericolosi, in modo da rendere le caratteristiche fisiche e chimiche compatibili con quelle richieste perché possano essere smaltiti in discarica. Tale obiettivo è raggiunto attraverso differenti processi in base al rifiuto di partenza. I più usati sono: inertizzazione dei rifiuti attraverso ricondizionamento e omogeneizzazione. (39). Le azioni sopra spiegate vengono selezionate in base alla natura dei rifiuti da trattare, in modo da renderli smaltibili e compatibili con i limiti di accettabilità richiesti. La miscelazione ha come scopo l’ottenimento di un rifiuto omogeneo, con caratteristiche migliori dei rifiuti di partenza. L’inertizzazione prevede di miscelare rifiuti con reagenti o fissanti in modo da rendere più stabili le caratteristiche iniziali. Ogni rifiuto 19.03.04\* è costituito da rifiuti differenti in ingresso, trattati per ottenere determinate caratteristiche nel rifiuto in uscita. In *Tabella 6.5* sono riportati i rifiuti costituenti i 19.03.04\* in ingresso nel periodo di studio. Lo scopo di questo passaggio è l’individuazione, tra i rifiuti costituenti quelli in ingresso alla Baricalla, quali possano essere imputabili come sorgenti emettenti.

Tabella 6.5 - Rifiuti costituenti 19.03.04\* smaltiti nel periodo di studio

1584	1668	1676	1679	1690	1698	1703	Descrizione codice CER
			010504				fanghi e rifiuti di perforazione di pozzi per acque dolci
060502*			060502*				fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
060503			060503				fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 06 05 02
			070111*				fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
			070112				fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 07 01 11
			070413*				rifiuti solidi contenenti sostanze pericolose
							ceneri leggere prodotte dal co-incenerimento, contenenti sostanze pericolose
							rifiuti prodotti dalla depurazione dei fumi, contenenti sostanze pericolose
			100202				scorie non trattate
100207*	100207*	100207*	100207*	100207*	100207*	100207*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
			100211*				rifiuti prodotti dal trattamento delle acque di raffreddamento, contenenti oli
	100319*						polveri dei gas di combustione, contenenti sostanze pericolose
100323*			100323*				rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
	100909*	100909*	100909*	100909*	100909*	100909*	polveri dei gas di combustione contenenti sostanze pericolose
100911*			100911				altri particolati contenenti sostanze pericolose
			101115*				rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
			101116				rifiuti prodotti dal trattamento dei fumi, diversi da quelli di cui alla voce 10 11 15
101119*			101119*				rifiuti solidi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
							rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
110108*			110108*				fanghi di fosfatazione
110109*			110109*				fanghi e residui di filtrazione, contenenti sostanze pericolose
	110207*	110207*		110207*	110207*	110207*	altri rifiuti contenenti sostanze pericolose
120102			120102				polveri e particolato di materiali ferrosi
120114*			120114*				fanghi di lavorazione, contenenti sostanze pericolose
120116*			120116*				residui di materiale di sabbiatura, contenente sostanze pericolose

<b>1584</b>	<b>1668</b>	<b>1676</b>	<b>1679</b>	<b>1690</b>	<b>1698</b>	<b>1703</b>	<b>Descrizione codice CER</b>
120117			120117				residui di materiale di sabbiatura, diversi da quelli di cui alla voce 12 01 16
120118*			120118*				fanghi metallici (fanghi di rettifica, affilatura e lappatura) contenenti olio
			150202*				assorbenti, materiali filtranti (inclusi filtri dell'olio non specificati altrimenti), stracci e indumenti protettivi, contaminati da sostanze pericolose
160303*	160303*	160303*	160303*			160303*	rifiuti inorganici, contenenti sostanze pericolose
			160304				rifiuti inorganici, diversi da quelli di cui alla voce 16 03 03
161104			161104				altri rivestimenti e materiali refrattari provenienti da processi metallurgici, diversi da quelli di cui alla voce 16 11 03
			161105*				rivestimenti e materiali refrattari provenienti da lavorazioni non metallurgiche, contenenti sostanze pericolose
			161106				rivestimenti e materiali refrattari provenienti da lavorazioni non metallurgiche, diversi da quelli di cui alla voce 16 11 05
170503*	170503*		170503*				terra e rocce, contenenti sostanze pericolose
170504			170504				terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03
			170903*				altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (compresi rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose
			170904				rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03
190105*	190105*	190105*	190105*	190105*	190105*	190105*	residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi
190107*	190107*	190107*	190107*	190107*	190107*	190107*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi
190113*	190113*	190113*	190113*	190113*	190113*	190113*	ceneri leggere, contenenti sostanze pericolose
	190115*						polveri di caldaia, contenenti sostanze pericolose
	190117*					190117*	rifiuti della pirolisi, contenenti sostanze pericolose
190204*			190204*				rifiuti premiscelati contenenti almeno un rifiuto pericoloso
190205*			190205*				fanghi prodotti da trattamenti chimico-fisici, contenenti sostanze pericolose
	190402*	190402*		190402*	190402*	190402*	ceneri leggere ed altri rifiuti dal trattamento dei fumi
190813*	190813*		190813*	190813*	190813*	190813*	fanghi contenenti sostanze pericolose prodotti da altri trattamenti delle acque reflue industriali
190814*			190814*				fanghi prodotti da altri trattamenti delle acque reflue industriali, diversi da quelli di cui alla voce 19 08 13

<b>1584</b>	<b>1668</b>	<b>1676</b>	<b>1679</b>	<b>1690</b>	<b>1698</b>	<b>1703</b>	<b>Descrizione codice CER</b>
			191211*				altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti, contenenti sostanze pericolose

Le analisi condotte sui campioni di rifiuto, effettuate sul tal quale e percolato, non rendono possibile definire in modo preciso a quale tipologia sia imputabile l'emissione. Attraverso l'analisi in letteratura di situazioni analoghe, si è cercato di individuare quale rifiuto potesse contenere le specie di interesse. Differenti studi di emissione da fanghi di trattamento evidenziano la presenza di sostanze odorose, tra cui i VOC. Tra le sostanze volatili, i composti alogenati hanno un peso importante, specialmente il clorometano, 1,2-dicloroetano e 1,4-diclorobenzene. Le maggiori sorgenti di composti alogenati sono i solventi industriali, sverniciatori, refrigeranti, saponi, pitture e vernici e specialmente il loro uso industriale (40). Un caso studio compiuto dall'Universitat Politècnica de Catalunya riguarda l'inertizzazione dei fanghi in matrici ceramiche, per essere usate a scopo strutturale. Difatti, lo smaltimento di fanghi di depurazione da reflui urbani rappresenta un costo importante ed è quindi interessante cercare metodi di riuso possibili. Si evidenzia la presenza di sostanze alogenati quali: triclorofluorometano, clorometano, diclorometano, triclorometano (41). Un differente utilizzo di fanghi di depurazione prevede il compostaggio. Durante tale processo sono presenti emissioni consistenti di 1,2-dicloroetano (42). Questi articoli evidenziano la presenza di specie clorate in fanghi derivanti da impianti di depurazione o da trattamenti industriali. La quantità emessa in questi casi è elevata, ma è possibile che una certa quantità permanga all'interno di fanghi smaltiti in discarica e che volatilizzi successivamente in quantità minore. Un ulteriore studio preso in esame, effettuato all'interno di un impianto di smaltimento a Pechino, si è posto come obiettivo la caratterizzazione di sostanze organiche volatili emesse dallo stesso. L'inquinamento olfattivo, derivante da discariche di rifiuti solidi urbani, è una delle maggiori preoccupazioni per la popolazione ed è legato alla presenza di specie volatili nei rifiuti smaltiti. All'interno delle sostanze emettenti odore, sono presenti anche composti alogenati tra cui l'1,2-dicloropropano (43). Quest'ultimo studio non presenta una caratterizzazione di rifiuti in ingresso, ma avvalorata la tesi di una possibile volatilizzazione da rifiuti smaltiti in discarica, dove la concentrazione risulta comunque essere minore di quella registrata da rifiuti solidi urbani. I rifiuti smaltiti nella discarica Barricalla, però, non sono urbani ma sono speciali. È, quindi, importante avere una caratterizzazione generale delle sostanze presenti all'interno di rifiuti derivanti da attività lavorative industriali e in particolare dai fanghi di trattamento di acque industriali.

Ogni tipologia di industria produce rifiuti differenti in base al loro ciclo lavorativo, al prodotto finale e alle sostanze in ingresso. Una sintesi rappresentativa dei rifiuti speciali prodotti e delle sostanze chimiche legate a essi è riportata in *Figura 6.7*.

#### Hazardous Waste Industries

<i>Industry</i>	<i>Hazardous Substances</i>
1. Mining and metallurgy	As, Cd, Cr, Cu, Cn, Pb, Hg, Se, Zn
2. Paint and dye	Cd, Cr, Cu, Cn, Pb, Hg, organics, Se
3. Pesticide	As, C1-hydrocarbons, Cn, Pb, Hg, organics, Zn
4. Electrical and electronic	Cu, C1-hydrocarbons, Cn, Pb, Hg, Se
5. Printing and duplicating	As, Cr, Cu, Pb, organics, Se
6. Electroplating-metal finishing	Cd, Cr, Cn, Cu, Zn
7. Chemical manufacturing	C1-hydrocarbons, Cr, Cu, Pb, Hg, organics
8. Explosives	As, Cu, Pb, Hg
9. Rubber and plastics	C1-hydrocarbons, Cn, Hg, organics, Zn
10. Battery	Cd, Pb, Ag, Zn
11. Pharmaceutical	As, Hg, organics
12. Textile	Cr, Cu, organics
13. Petroleum and coal	As, C1-hydrocarbons, Pb
14. Pulp and paper	Hg, organics
15. Leather	Cr, organics

*Figura 6.7 - Produzione di rifiuti speciali da differenti industrie (52)*

Il presente studio prende in esame specie organiche, esse possono essere, quindi, prodotte da pitture e stampaggio, da industrie chimiche, da sostanze plastiche, da aziende farmaceutiche, tessili e di pellame o di carta. A questo punto è necessario ricordare quanto spiegato nel capitolo 5: l'1,2-dicloroetano è una sostanza utilizzata come solvente, per la pulizia della casa e per l'igiene personale, all'interno di pesticidi, nella creazione di carta da parati e come precursore chimico del cloruro di vinile (33). L'1,2-dicloropropano è usato invece come sverniciante, come composto per vernici, solventi e come intermediario chimico per la produzione di percloroetilene e altre specie clorate (34). Per un'identificazione migliore delle attività industriali produttrici 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano si fa riferimento al manuale INAIL per il rischio chimico per i lavoratori di siti inquinati. All'interno di tale documento è presente una caratterizzazione dettagliata delle attività industriali e delle sostanze pericolose associabili alla loro attività. Tale caratterizzazione è riportata in *Figura 6.8*.

<b>Attività industriale</b>	<b>Contaminanti associabili ai processi produttivi</b>
Estrazione carbone	Ammoniaca, Antracene, Arsenico, Benzo(a)pirene, IPA
Cokerie	Benzene, Piombo, Cromo, Cianuri, Etilbenzene, IPA
Gasometri	Fluoruri, Cresolo, Oli minerali, IPA, Fenoli, Acidi/basi, Tiocianati, Bitumi
Raffinazione di petrolio	Benzene, Oli minerali, IPA, Piombo tetraetile
Estrazione metalli non ferrosi	Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Cresolo, Rame, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, Zinco
Trattamento dei metalli	Cloroformio, Cianuri, Oli minerali, Tetracloroetene, Tricloroetene, Tricloroetano
Trasformazione/Stoccaggio oli (anche usati)	Antracene, Arsenico, Benzina, Benzene, Piombo, Cromo, Dicloroetano, Dicloropropano, Etilbenzene, Rame, Oli minerali, Nichel, IPA; PCB, Fenoli, Pentaclorofenoli, Acidi/basi, Selenio, PCDD/F, Tetracloroetano, Bitumi, Piombo tetraetile, Toluene, Zinco, Tricloroetano, Tricloroetene, Vanadio
Siderurgia	Arsenico, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Oli minerali, Nichel, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, Vanadio, Zinco, PCDD/F
Lavorazione metalli non ferrosi	Antimonio, Arsenico, Berillio, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Fluoruri, Rame, Nichel, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Tallio, Vanadio, Zinco
Fonderie metallurgiche	Antimonio, Arsenico, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Fluoruri, IPA, Rame, Nichel, Mercurio, Acidi/basi, Oli minerali, Vanadio, Zinco, PCDD/F
Tempra dei metalli	Antimonio, Arsenico, Benzina, Benzene, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Fluoruri, Rame, Nichel, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Oli minerali, Cloroformio, Zinco, Diclorometano, Tetracloroetene, Tricloroetano
Produzione batterie ed accumulatori	Antimonio, Arsenico, Piombo, Cadmio, Cromo, Fluoruri, Rame, Nichel, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Zinco
Industria chimica di base organica	Ammonio, Antimonio, Arsenico, Berillio, Piombo, Cadmio, Cianuri, Dinitrofenolo, Fluoruri, Fluorosilicati, Rame, Nichel, Nitrobenzolo, Pentaclorofenolo, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Tallio, Tiocianati, Vanadio, Zinco
Industria chimica di base organica e prodotti farmaceutici	<i>La descrizione esaustiva delle sostanze è troppo estesa.</i>
Produzione di materie plastiche	Acilonitrile, Benzene, Piombo, Cadmio, Cloroformio, Cromo, Cianuri, Dicloroetano, Dicloroetene, Dicloropropano, Dinitrotoluene, Epichelidrina, Fluoruri, Cresolo, IPA, Fenoli, Ftalati, Acidi/basi, Selenio, Vinilcloruro, Zinco
Produzione vernici e pigmenti	Antracene, Antimonio, Arsenico, Benzina, Benzene, Piombo, Cadmio, Clorobenzolo, Cloroformio, Clorofenoli, Cromo, Cianuri, Diclorometano, Dinitrofenoli, Dinitrotoluene, Etilbenzene, Fluorantene, Fluoruri, Cresolo, Rame, Oli minerali, Nitrobenzene, IPA, PCB, Pentaclorofenoli, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Bitumi, Tetracloroetano, Tetracloroetene, Toluene, Tricloroetano, Tricloroetene, Zinco, PCDD/F
Produzione pesticidi	Aldrin, Arsenico, DDT, Benzene, Piombo, Cadmio, Clorobenzolo, Cloroformio, Clorofenoli, Cromo, Cianuri, Dinitrofenoli, Diclorofenoli, Fluorosilicati, Fluoruri, Cresolo, Esaclorocicloesano, Rame, Nitrobenzene, PCDD/F, Pentaclorofenoli, Fenoli, IPA, Mercurio, Selenio, Bitumi, Tetracloroetano, Tetracloroetene, Toluene, Tricloroetano, Triclorobenzene, Zinco, Dicloropropano, Epichelodrina, Esaclorobenzene
Produzione esplosivi	Antimonio, Arsenico, Piombo, Cromo, Rame, Nichel, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, Dinitrofenolo, Dinitrotoluene, Nitrobenzene
Produzione vetro	Antimonio, Arsenico, Benzene, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Fluoruri, Rame, Nichel, Mercurio, Selenio, Zinco
Trattamento legno	Arsenico, Benzina, Cromo, DDT, Diclorometano, Dinitrofenolo, Fluorantene, Fluoruri, Fluorosilicati, Cresolo, Rame, Oli minerali, Naftalene, Nichel, PCB, Pentaclorofenolo, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, PCDD/F; Bitumi, Toluene, Tricloroetene, Zinco
Fabbricazione e trattamento pellami	Arsenico, Cromo, Fluoruri, Cresolo, Naftalene, Pentaclorofenolo, Fenoli, Mercurio
Produzione oli e grassi alimentari	Benzina, Benzene, Cromo, Cloroformio, Dicloroetano, Diclorometano, Nichel, Acidi/basi, Tricloroetene, Tetracloroetene
Rottamazione ed autodemolizione	Benzine, Oli minerali, PCB, Tetracloroetene, Tricloroetene
Aeroporti	Benzine, IPA, Oli minerali, Tetracloroetene, Tricloroetene

Figura 6.8 - Attività industriale e sostanze emesse (44)

Grazie a tale classificazione si evidenziano come possibili emettenti per l'1,2-dicloroetano le seguenti industrie:

- Trasformazione e stoccaggio di oli;
- Produzione di materie plastiche;
- Produzione di oli e grassi alimentari.

E per l'1,2-dicloropropano le seguenti:

- Trasformazione e stoccaggio di oli;
- Produzione di materie plastiche;
- Produzione di pesticidi.

Attraverso la sovrapposizione di queste informazioni, con l'elenco di rifiuti costituenti i 19.03.04\* smaltiti nel periodo di studio, è possibile restringere la ricerca di rifiuti emettenti. Si può ipotizzare che la presenza di questi inquinanti nelle emissioni aeriformi dalla discarica sia legata alla presenza di “fanghi da trattamento in loco di effluenti chimici da processi chimici organici” (codice CER 07), “rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco e prodotti fuori specifica e prodotti inutilizzati” (codice CER 16.03) e da “rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale” (codice CER 19).

Di fondamentale importanza è la divisione tra ciò che è considerato refluo domestico e refluo civile. Il refluo domestico produce, in seguito al trattamento previsto all'interno dei depuratori civili, un fango con codice CER 19.08.05 (“fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane”). Queste sostanze potrebbero avere al loro interno l'1,2-dicloroetano e l'1,2-dicloropropano in base al loro utilizzo come solvente per la pulizia della casa e della persona. Questi rifiuti, però, non sono smaltiti nella discarica Barricalla S.p.A. Si rende, quindi, necessaria la ricerca di possibili reflui prodotti da attività industriali che utilizzano tali sostanze. Affinché gli scarichi da attività industriali possano essere convogliati con le acque reflue devono sottostare a determinati parametri riportati nel D. Lgs del 3 aprile 2006, n. 152. Esso recita, nel comma 7:

“7. Salvo quanto previsto dall'articolo 112, ai fini della disciplina degli scarichi e delle autorizzazioni, sono assimilate alle acque reflue domestiche le acque reflue:

- a) provenienti da imprese dedite esclusivamente alla coltivazione del terreno e/o alla silvicoltura;
  - b) provenienti da imprese dedite ad allevamento di bestiame che, per quanto riguarda gli effluenti di allevamento, praticano l'utilizzazione agronomica in conformità alla disciplina regionale stabilita sulla base dei criteri e delle norme tecniche generali di cui all'articolo 112, comma 2, e che dispongono di almeno un ettaro di terreno agricolo per ognuna delle quantità indicate nella Tabella 6 dell'Allegato 5 alla parte terza del presente decreto;
  - c) provenienti da imprese dedite alle attività di cui alle lettere a) e b) che esercitano anche attività di trasformazione o di valorizzazione della produzione agricola, inserita con carattere di normalità e complementarietà funzionale nel ciclo produttivo aziendale e con materia prima lavorata proveniente in misura prevalente dall'attività di coltivazione dei terreni di cui si abbia a qualunque titolo la disponibilità;
  - d) provenienti da impianti di acquacoltura e di piscicoltura che diano luogo a scarico e che si caratterizzino per una densità di allevamento pari o inferiore a 1 Kg per metro quadrato di specchio d'acqua o in cui venga utilizzata una portata d'acqua pari o inferiore a 50 litri al minuto secondo;
  - e) aventi caratteristiche qualitative equivalenti a quelle domestiche e indicate dalla normativa regionale;
  - f) provenienti da attività termali, fatte salve le discipline regionali di settore.”
- (45)

Per avere informazioni più dettagliate si fa riferimento al D.P.R. 227/2001 che all'articolo 2 cita:

*“Criteri di assimilazione alle acque reflue domestiche*

1. Fermo restando quanto previsto dall'*articolo 101* e dall'*Allegato 5 alla Parte terza del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152*, sono assimilate alle acque reflue domestiche:

- a) le acque che prima di ogni trattamento depurativo presentano le caratteristiche qualitative e quantitative di cui alla *tabella 1 dell'Allegato A*;

- b) le acque reflue provenienti da insediamenti in cui si svolgono attività di produzione di beni e prestazione di servizi i cui scarichi terminali provengono esclusivamente da servizi igienici, cucine e mense;
- c) le acque reflue provenienti dalle categorie di attività elencate nella *tabella 2 dell'Allegato A*, con le limitazioni indicate nella stessa tabella.” (46)

Per la divisione tra scarichi industriali e reflui civili si deve fare riferimento alle tabelle del decreto del Presidente della Repubblica sopra riferito. La *Figura 6.9* riporta i criteri di assimilazione alle acque reflue domestiche.

	Parametro/sostanza	Unità di misura	Valore limite di emissione
1	Portata	mc/giorno	≤15
2	pH		5,5-9,5
3	Temperatura	C°	≤ 30
4	Colore		Non percettibile con diluizione 1 : 40
5	Materiali grossolani		Assenti
6	Solidi Sospesi Totali	mg/l	≤ 700
7	BOD5 (come ossigeno)	mg/l	≤ 300
8	COD (come ossigeno)	mg/l	≤ 700
9	Rapporto COD / BOD5	mg/l	≤ 2,2
10	Fosforo totale (come P)	mg/l	≤ 30
11	Azoto ammoniacale (come NH4)	mg/l	≤ 50
12	Azoto nitroso (come N)	mg/l	≤ 0,6
13	Azoto nitrico (come N)	mg/l	≤ 30
14	Grassi e oli animali/vegetali	mg/l	≤ 40
15	Tensioattivi	mg/l	≤ 20

*Figura 6.9- Assimilabilità alle acque reflue domestiche (46)*

La tabella riportata in *Figura 6.9* riporta alcuni parametri e il loro limite di emissione affinché possano essere convogliati ai reflui domestici. In mancanza di dati precisi sui reflui prodotti da industrie, è possibile avere un'idea generale e immediata della divisione tra reflui civili e reflui industriali riferendosi al tipo di attività emittente. In *Figura 6.10* sono riportate le attività che producono scarichi che possono essere assimilati ai reflui domestici, al fine di essere scaricati in fognatura ed essere trattati congiuntamente ai reflui civili. Una sintesi di aziende e lavori che producono un refluo compatibile con quanto prodotto da attività domestiche è utile, al presente studio, per lo scopo di dividere quali reflui industriali possano produrre i fanghi smaltiti all'interno della discarica Barricalla. Difatti, tra i rifiuti evidenziati come possibili emettenti, riportati in *Tabella 6.5*, sono di particolare interesse i fanghi da trattamento. In particolare, quelli rappresentati dai codici CER 07.01.11\*, 07.01.12, 19.02.05\*, 19.08.13\* che sono legati alla produzione e al trattamento di fanghi e di effluenti da

processi chimici organici e acque reflue industriali. Al fine di discretizzare quali possibili effluenti individuati come emettenti facciano parte dei reflui industriali, è utile far riferimento alla *Figura 6.10*.

	ATTIVITA'
1	Attività alberghiera, rifugi montani, villaggi turistici, residence, agriturismi, campeggi, locande e simili
2	Attività ristorazione (anche self-service), mense, trattorie, rosticcerie, friggitorie, pizzerie, osterie e birrerie con cucina
3	Attività ricreativa
4	Attività turistica non ricettiva
5	Attività sportiva
6	Attività culturale
7	Servizi di intermediazione monetaria, finanziaria, e immobiliare
8	Attività informatica
9	Laboratori di parrucchiera, barbiere e istituti di bellezza con un consumo idrico giornaliero inferiore a 1 m <sup>3</sup> al momento di massima attività
10	Lavanderie e stierie con impiego di lavatrici ad acqua analoghe a quelle di uso domestico e che effettivamente trattino non più di 100 kg di biancheria al giorno
11	Attività di vendita al dettaglio di generi alimentari, bevande e tabacco o altro commercio al dettaglio
12	Laboratori artigianali per la produzione di dolci, gelati, pane, Biscotti e prodotti alimentari freschi, con un consumo idrico giornaliero inferiore a 5 mc nel periodo di massima attività
13	Grandi magazzini, solamente se avviene la vendita di beni con esclusione di lavorazione di carni, pesce o di pasticceria, attività di lavanderia e in assenza di grandi aree di parcheggio
14	Bar, caffè, gelaterie (anche con intrattenimento spettacolo), enoteche-bottiglierie con somministrazione
15	Asili nido, istruzione primaria e secondaria di primo e secondo grado, istruzione universitaria
16	Discoteche, sale da ballo, night pubs, sale giochi e biliardi e simili
17	Stabilimenti balneari (marittimi, lacuali e fluviali)
18	Servizi dei centri e stabilimenti per il benessere fisico e l'igiene della persona
19	Piscine - Stabilimenti idropinici ed idrotermali, escluse le acque di contro lavaggio dei filtri non preventivamente trattate
20	Vendita al minuto di generi di cura della persona
21	Palestre
22	Piccole aziende agroalimentari appartenenti ai settori lattiero-caseario, vitivinicolo e ortofrutticolo, che producano quantitativi di acque reflue non superiori a 4.000 m <sup>3</sup> /anno e quantitativi di azoto, contenuti in dette acque a monte della fase di stoccaggio, non superiori a 1.000 kg/anno
23	Ambulatori medici, studi veterinari o simili, purché sprovvisti di laboratori di analisi e ricerca
24	Ospedali, case o istituti di cura, residenze socio-assistenziali e riabilitative con un numero di posti letto inferiore a 50, purché sprovvisti di laboratori di analisi e ricerca
25	Conservazione, lavaggio, confezionamento, di prodotti agricoli e altre attività dei servizi connessi alla agricoltura svolti per conto terzi esclusa trasformazione
26	Macellerie sprovviste del reparto di macellazione
27	Agenzie di viaggio
28	Call center
29	Attività di intermediazione assicurativa
30	Esercizi commerciali di oreficeria, argenteria, orologeria
31	Riparazione di beni di consumo
32	Ottici
33	Studi audio video registrazioni
34	Laboratori artigianali di sartoria e abbigliamento senza attività di lavaggi, tintura e finissaggio
35	Liuteria

Figura 6.10 - Attività assimilabili alla produzione di un refluo civile (46)

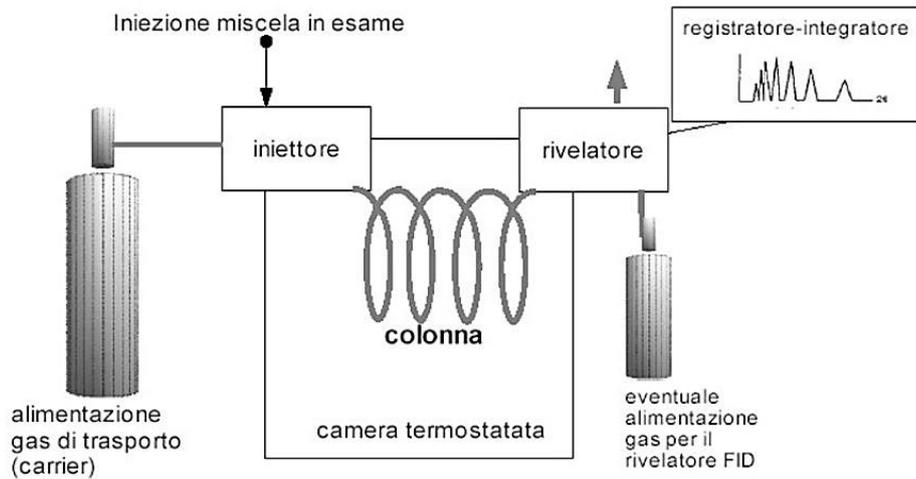
Nella rappresentazione delle specie inquinanti si erano riscontrati, come rifiuti possibili emettenti, i fanghi da depuratore in quanto l'1,2-dicloroetano e l'1,2-dicloropropano sono spesso utilizzati come solventi da lavanderie. A confutare questa supposizione è la presenza nell'elenco di *“Lavanderie e stirerie con impiego di lavatrici ad acqua analoghe a quelle di uso domestico e che effettivamente trattino non più di 100 kg di biancheria al giorno”*. La presenza nell'elenco di questa attività evidenzia il fatto che lavanderie considerabili industriali, ovvero con una capacità maggiore di 100 kg al giorno, producono sostanze da trattare in modo differente da quanto effettuato in impianti di depurazione di acque reflue civili. Questa necessità avvalorata la tesi che nei reflui delle lavanderie siano presenti sostanze incompatibili con gli scarichi civili. Segue, quindi, che dal loro trattamento siano prodotti fanghi considerabili rifiuti speciali.

Le considerazioni effettuate, fino a questo punto, sono pure supposizioni sulla natura di possibili reflui e fanghi; tali stime sono effettuate attraverso una ricerca in letteratura e un'analisi sulla natura della creazione di tali reflui. Non si è a conoscenza, però, della reale origine dei rifiuti classificati con il codice CER 19.08.13\* e 19.08.14\* costituenti i rifiuti 19.03.04\* smaltiti nella discarica Barricalla S.p.A. Di conseguenza, per avere una caratterizzazione univoca e precisa è necessario studiare l'origine di tali codici CER, al fine di valutare in modo certo se l'inquinamento derivante da 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano sia imputabile a tali rifiuti.

#### 6.4. Possibili misurazioni aggiuntive

Per confutare tali supposizioni è necessario valutare in modo accurato le emissioni derivanti dai rifiuti. Nelle analisi di omologa sono effettuate solo analisi sul tal quale (solido) e saltuariamente sull'eluato (liquido). Ciò non permette una buona caratterizzazione di sostanze volatili come l'1,2-dicloroetano e l'1,2-dicloropropano. Per avere una buona determinazione di solventi alogenati il migliore studio prevede il metodo della gascromatografia. Tale tecnica permette la separazione di una miscela di composti attraverso la loro ripartizione tra fasi eterogenee. Questo metodo rileva le sostanze in modo qualitativo e quantitativo (47). Nella tecnica prima nominata, il gas rappresenta la fase mobile, che fluisce attraverso una colonna in cui si trova una fase stazionaria, rappresentata da un solido granulare poroso o un liquido. L'unica

limitazione rappresentata da questo metodo è l'obbligo di rendere volatile il campione da analizzare (48). La strumentazione necessaria è riportata in *Figura 6.11*.



*Figura 6.11 - Strumentazione per la gascromatografia (48)*

Un'altra opzione valida prevede l'utilizzo di uno spettrometro a infrarossi. Questo metodo si basa sull'assorbimento di radiazioni infrarosse da molecole attraverso un largo spettro di lunghezze d'onda per dare una caratterizzazione qualitativa e quantitativa della sostanza. L'1,2-dicloroetano presenta una lunghezza d'onda di  $8,1\mu\text{m}$  e l'1,2-dicloropropano di  $9,8\mu\text{m}$  (47).

Queste metodologie di misura sono da tenere in considerazione nel caso si volesse determinare, in modo preciso e sicuro, l'emissione di sostanze volatili da parte dei rifiuti smaltiti in discarica.

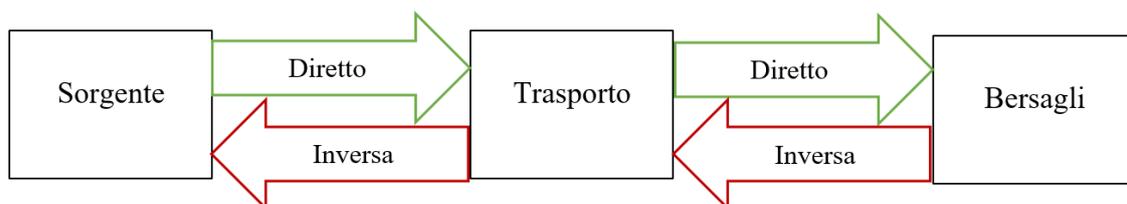
## 7. Analisi di rischio

Nel momento in cui si entra in contatto con sostanze ritenute pericolose, o degne di attenzione da parte dell'uomo, è importante valutare il rischio a cui si è sottoposti. Questa procedura è definita "analisi di rischio" e permette il raggiungimento di un duplice scopo. Permette, in primo luogo, la valutazione del rischio di un determinato sito per la salute umana. In secondo luogo, consente di identificare i valori di concentrazione ammissibili nel suolo e in falda in relazione alle condizioni del sito in esame, al fine di valutare gli obiettivi di bonifica del sito in esame. Per raggiungere i due risultati si utilizzano due percorsi differenti:

- Modalità diretta;
- Modalità inversa.

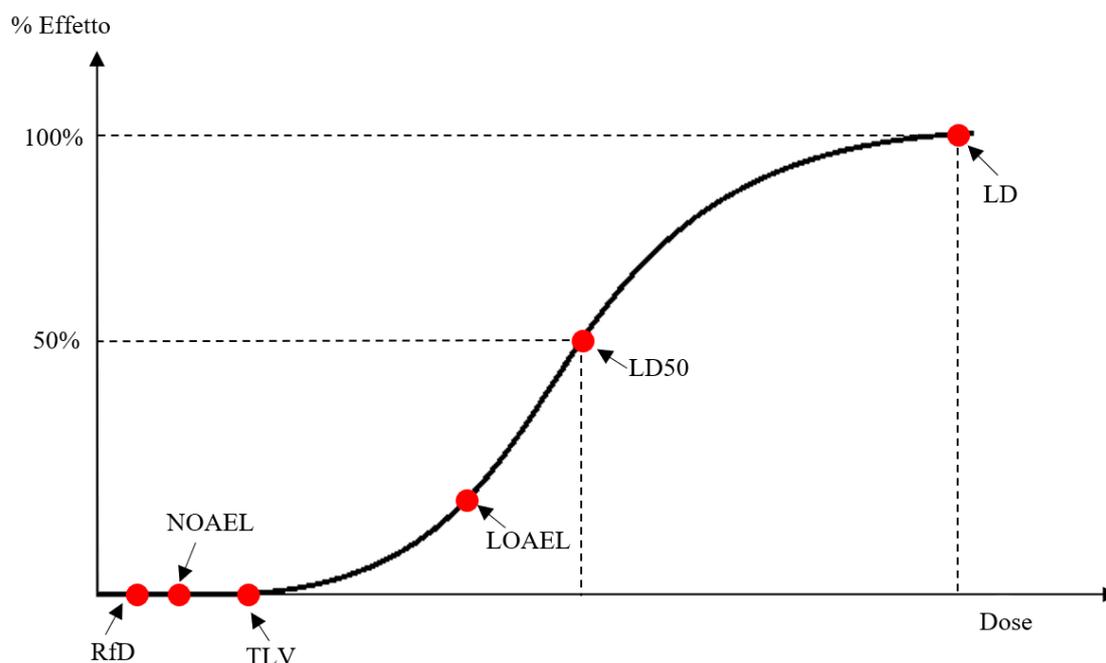
La prima consente, nota una sorgente di contaminazione, il calcolo di rischio associato a tale condizione per un ipotetico recettore esposto. Nota la concentrazione alla sorgente, si stima l'esposizione a cui è sottoposto un recettore in relazione alle vie di esposizione e alla presenza di fattori di trasporto. Successivamente, si tiene conto della tossicità attraverso parametri caratteristici per ogni sostanza al fine di raggiungere la determinazione del rischio

Nel secondo caso si individua, in base al rischio accettabile per il recettore, la massima concentrazione che può essere considerata ammissibile in sorgente. Questa modalità di analisi permette di valutare l'obiettivo di bonifica sito-specifico. Tale processo si avvia stabilendo una soglia di rischio tollerabile per un soggetto esposto. Successivamente, si valuta la concentrazione accettabile nel punto in cui avviene l'esposizione e poi, con l'utilizzo di fattori di trasporto, si stima la concentrazione ammissibile in sorgente (49). In *Figura 7.1* è mostrato un modello rappresentativo delle due modalità.



*Figura 7.1- Modalità di analisi*

Le possibili vie di esposizione a un agente tossico sono per contatto, ingestione o inalazione. I parametri tossicologici di riferimento sono lo Slope Factor (SF), la Inhalation Unit Risk per l'inalazione di sostanze cancerogene (IUR), la Reference Dose (RfD), la Reference Concentration per l'inalazione (RfC) e il fattore di assorbimento dermico (ABS). I dati caratterizzanti i parametri tossicologici derivano da uno studio di dose-risposta. Questa indagine ha il compito di caratterizzare la relazione tra una dose somministrata di un determinato contaminante e l'incidenza di un effetto negativo sulla salute della popolazione esposta. Per sostanze tossiche non cancerogene è presente una soglia al di sotto della quale non sono presenti effetti sulla salute. Questa soglia è legata alla presenza di meccanismi biologici come l'abilità di metabolizzare ed espellere una tossina o di autoriparazione del danno al di sotto di una certa quantità. Questi studi permettono anche di stimare l'incidenza di effetti sulla salute in funzione dell'esposizione umana all'agente. In base alla dose somministrata, è possibile compilare un grafico che leghi gli effetti collegati a tale esposizione caratteristica per ogni sostanza. Questo schema è definito "curva dose-risposta" e ne è mostrato un esempio in *Figura 7.2*.



*Figura 7.2 - Curva dose-risposta per sostanze tossiche non cancerogene*

Nel grafico riportato in *Figura 7.2* sono evidenziate alcune dosi di riferimento importanti per la determinazione di risposte legate alla tossicità di una sostanza. Queste concentrazioni sono:

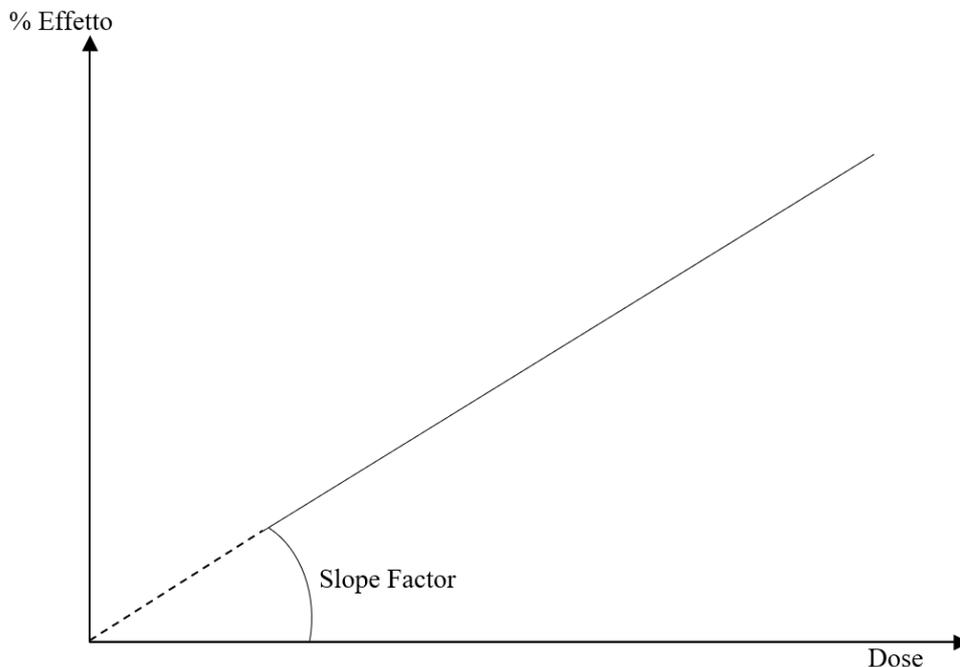
- **ADI** “Acceptable Daily Intake” (Dose accettabile di esposizione giornaliera): quantità alla quale si può essere esposti giornalmente senza risentire di alcun tipo di effetto. Può essere accomunato alla Reference Dose.
- **RfD** “Reference Dose” (Dose di riferimento per l’esposizione umana): stima dell’esposizione giornaliera per la popolazione umana senza rischi di effetti deleteri sulla salute per tutta la durata della vita. Questa dose è calcolata in base al rapporto esplicito in equazione (7.1):

$$RfD = \frac{NOAEL}{F_A \cdot F_H \cdot F_S} \quad (7.1)$$

I fattori al denominatore hanno il compito di rendere la concentrazione NOAEL, calcolata in laboratorio, riferita alla salute umana e alla realtà di esposizione. Ogni fattore ha un compito preciso:  $F_A=10$  per il passaggio dai dati ricavati dall’esposizione su animali all’uomo;  $F_H=10$  per tenere conto delle differenze di reazione tra i vari soggetti;  $F_S=10$  nel caso di dati dubbi o non completi.

- **TLV** “Threshold Limit Value”: concentrazione di sostanza alla quale possono essere esposti la maggior parte dei soggetti senza effetti avversi.
- **NOAEL** “No Observed Adverse Effect Level”: rappresenta la più alta concentrazione alla quale non si evidenziano effetti.
- **LOAEL** “Lowest Observed Adverse Effect Level” la concentrazione più bassa alla quale sono evidenziati i primi effetti sulla salute della popolazione esposta.
- **LD50** “Lethal Dose 50”: è la dose che causa la morte del 50% della popolazione esposta.
- **LD** “Lethal Dose”: causa la morte del 100% della popolazione.

Per le sostanze cancerogene, invece, non è contemplata una dose al di sotto della quale si sia in sicurezza e, di conseguenza, è necessario un approccio differente. Per far fronte alla mancanza di questa soglia, si assume un rapporto lineare tra la dose e la risposta; l'unico responso pari a zero è in caso di dose uguale a zero. Questo procedimento implica che vi sia una calcolabile probabilità di un effetto avverso anche con dosi molto basse. La pendenza della retta è definita "Slope Factor" ed è caratteristica per ogni sostanza. In *Figura 7.3* è mostrato un esempio di curva dose-risposta per sostanze cancerogene.



*Figura 7.3 - Curva dose-risposta per sostanze cancerogene*

Una volta individuata la sostanza oggetto dello studio, e la sua natura cancerogena o meno, è possibile addentrarsi nel calcolo del rischio e dell'indice di pericolo. Questo è possibile grazie alla modalità diretta che prevede il calcolo del rischio derivante dall'esposizione di soggetti alla sorgente inquinante. Il rischio "R" rappresenta la probabilità di aumento di casi di tumore conseguenti l'esposizione alla sostanza in esame. Per il caso di sostanze con effetti tossici non cancerogeni si utilizza l'indice di pericolo "HI" che esprime di quanto l'esposizione supera la dose ammissibile. Il calcolo del rischio ha, altresì, il compito di definire un criterio di tollerabilità, fondamentale scopo dell'analisi di rischio. Questo obiettivo è raggiunto confrontando il rischio calcolato con il rischio ammissibile: se il primo supera il secondo si è in una condizione

di rischio. Il calcolo del rischio è effettuato in modo indipendente per ogni inquinante emesso; di conseguenza non si tiene conto degli effetti sinergici che derivano dalla compresenza di più specie. Si riportano le equazioni utilizzate per il calcolo del rischio (7.2) e dell'indice di pericolo (7.3):

$$R = FT \cdot CRS \cdot EM \cdot SF \quad (7.2)$$

$$HI = \frac{FT \cdot CRS \cdot EM}{RfD} \quad (7.3)$$

Dove:

- **FT** individua il “Fattore di Trasporto” caratteristico per ogni comparto ambientale e per la sua caratterizzazione;
- **CRS** rappresenta la “Concentrazione Rappresentativa in Sorgente”, ovvero i dati di input;
- **EM** è definita come portata effettiva di esposizione.
- **SF** è lo Slope Factor e rappresenta la probabilità dell'incremento di casi tumorali.
- **RfD** individua la Reference Dose, ovvero la stima dell'esposizione media giornaliera, legata a sostanze tossiche non cancerogene, che non produce effetti negativi sulla salute umana durante tutto il corso della vita. (50)

In mancanza di modalità più accurate per valutare il rischio cumulativo, si decide di stimare il risultato effettuando una somma dei singoli rischi. È importante, però, ricordare che in mancanza di effetti sinergici tra gli inquinanti, utilizzando questo metodo si effettua una sovrastima degli effetti. (49) I limiti normativi italiani sono fissati per:

- Rischio= $10^{-6}$
- Rischio cumulativo= $10^{-5}$
- Indice di pericolo e Indice di pericolo cumulativo=1.

## 7.1. Calcolo di concentrazioni rappresentative

Il primo passaggio per la definizione del rischio derivante dall'esposizione a una sostanza pericolosa prevede la definizione di una concentrazione rappresentativa per l'area di interesse. Nel presente caso studio sono a disposizione misurazioni effettuate con una cadenza temporale e spaziale precisa; i valori a disposizione sono molteplici ed è necessario elaborare un unico valore rappresentativo da utilizzare per il calcolo del rischio. Per giungere a questo valore si fa riferimento alla direttiva ISPRA del 2008 che descrive i passaggi necessari. Il valore da calcolare è legato al grado di approssimazione richiesto e alla qualità e quantità di dati disponibili. Affinché i dati siano considerabili accurati è importante attenersi ai seguenti punti:

- Il numero di misurazioni effettuate e utilizzabili sia maggiore o uguale a 10.
- Il campionamento deve coprire in modo uniforme la zona di interesse.
- I valori estremi devono essere valutati: possono essere presenti due tipi di dati outlier, i "veri" e i "falsi". I primi rappresentano veri e propri errori di misurazione o di trascrizione e, quindi, sono da escludere; i secondi, invece, rappresentano picchi locali di contaminazione e, quindi, sono dati reali da considerare. (49)

Secondo quanto prescritto dal manuale ISPRA, si è deciso di elaborare i dati derivanti da rilevamento procedendo per step precisi. In primo luogo, sono state prelevate tutte le misurazioni della qualità dell'aria effettuate dalla Barricalla S.p.A., secondo le modalità prescritte all'interno dell'AIA, negli anni 2017 e 2016. Con cadenza semestrale sono effettuate misurazioni sul perimetro dei lotti, sul corpo rifiuti e su un punto esterno; i punti totali sono 11 e, di conseguenza, rispettano il principio per cui il numero di misurazioni deve essere uguale o maggiore a 10. Un problema importante riscontrato nel presente studio è l'elevato numero di valori "non -detected": questi valori rappresentano le concentrazioni che, per i limiti del macchinario utilizzato, non è possibile rilevare. Per la valutazione del presente studio, per valori al di sotto del limite di sensibilità dello strumento, si fa riferimento alla normativa ISPRA: al fine di tenere in considerazione queste misurazioni, ma non sovrastimarle, si ipotizzeranno uguali alla metà del "detection limit" ovvero del limite di rilevazione. (49) Per avere una

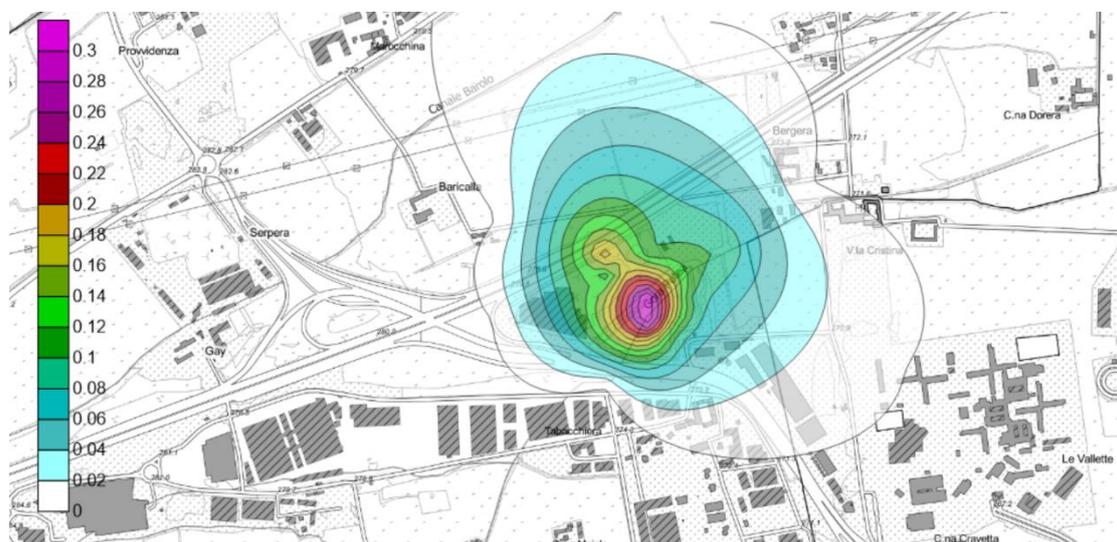
concentrazione rappresentativa si opera seguendo quanto prescritto dal Testo Unico Ambientale: per ogni composto misurato nelle varie stazioni di misurazione si estrapola un valore pari alla media delle concentrazioni misurate per ogni contaminante (45). Questo calcolo è effettuato per ogni mese degli anni 2017 e 2016. Questo calcolo rappresenta una stima dell'esposizione media di un lavoratore durante il periodo di attività. A questo punto si arriverà a un valore per ogni sostanza e per ogni mese di interesse; per giungere a una sola concentrazione da utilizzare per il calcolo del rischio, si selezionerà il valore medio per ogni sostanza. In *Tabella 7.1* è riportato il valore medio per ogni anno di studio; successivamente, è stata compiuta la media sui valori dei due anni e convertita, poi, nell'unità di misura utilizzabile per i calcoli successivi.

*Tabella 7.1 - Concentrazioni medie per anno e media totale*

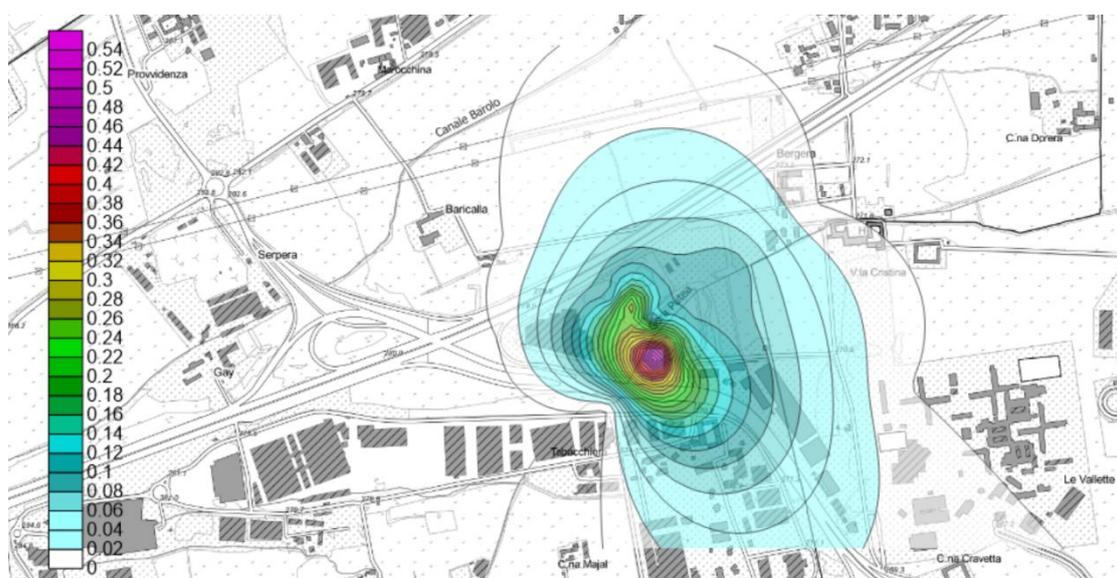
COV	2017	2016	Media in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media in $\text{mg}/\text{m}^3$
1,2-dicloroetano	0,185	0,151	0,168	0,000168
Benzene	2,334	2,720	2,527	0,002527
1,2-dicloropropano	0,298	0,210	0,254	0,000254
Toluene	3,014	3,776	3,395	0,003395
Etil benzene	2,775	3,016	2,895	0,002895
Meta Xilene+Para Xilene	3,883	4,822	4,352	0,004352
Stirene	0,358	0,258	0,308	0,000308
Orto Xilene	1,892	2,206	2,049	0,002049
1,3,5-trimetil-benzene	1,144	1,129	1,137	0,001137
1,2,4-trimetil-benzene	0,932	0,888	0,910	0,000910

Con l'ausilio del software Surfer, è stato possibile redigere alcune mappe rappresentative per la dispersione di 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano nei mesi di gennaio e luglio 2017. L'elaborazione delle mappe di concentrazione è avvenuta inserendo le misurazioni effettuate negli 11 punti di campionamento. Il sistema è georeferenziato e di conseguenza, per l'inserimento dei dati, è stato necessario ricercare le coordinate UTM per i vari punti di misurazione. Per tali punti sono state, poi, inserite le concentrazioni rilevate semestralmente all'interno del sito. Si è deciso di optare per la sovrapposizione della mappa delle concentrazioni con la carta geografica della zona, al fine di evidenziare la presenza e la distribuzione all'interno e all'esterno del sito in esame delle sostanze studiate. Sono riportati gli elaborati in *Figura 7.4* per l'1,2-dicloroetano

a gennaio, in *Figura 7.5* per l'1,2-dicloroetano a luglio, in *Figura 7.6* per l'1,2-dicloropropano a gennaio, in *Figura 7.7* per l'1,2-dicloropropano a luglio. Le elaborazioni grafiche hanno come valori di *input* le concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



*Figura 7.4 – Rappresentazione della dispersione di 1,2-dicloroetano a gennaio 2017*



*Figura 7.5 - Rappresentazione della dispersione di 1,2-dicloroetano a luglio 2017*

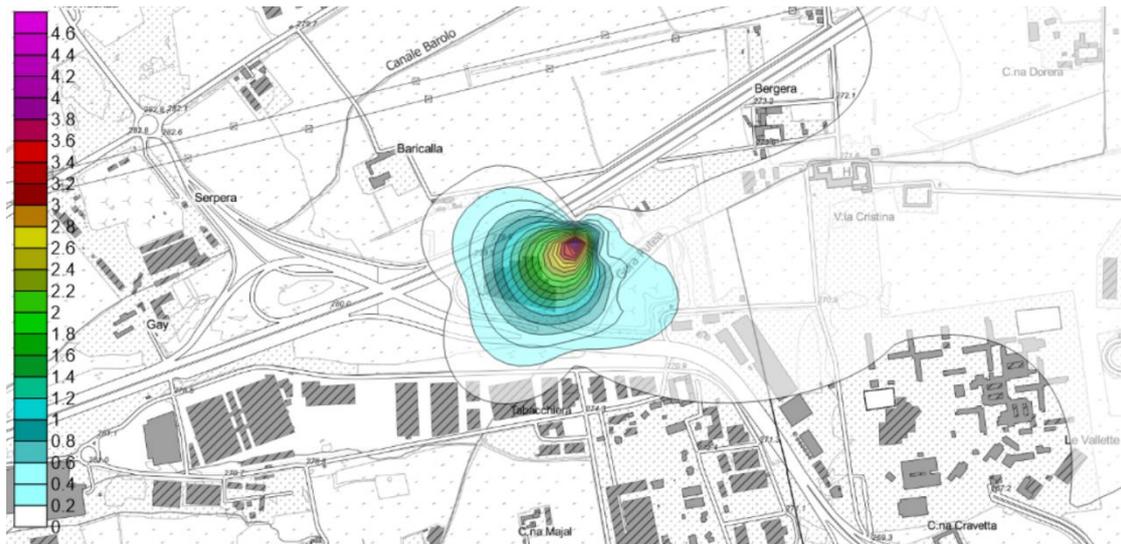


Figura 7.6 - Rappresentazione della dispersione di 1,2-dicloropropano a gennaio 2017

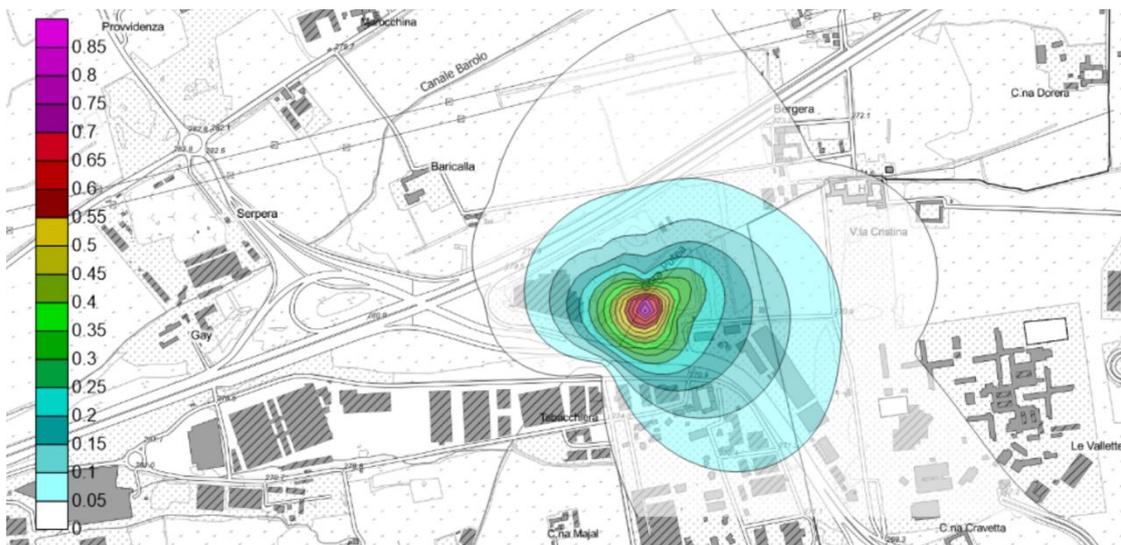


Figura 7.7 - Rappresentazione della dispersione di 1,2-dicloropropano a luglio 2017

Grazie a quanto visualizzato con l'ausilio del software Surfer, è possibile notare come la concentrazione delle due specie in esame risulti significativa solamente all'interno del corpo discarica. Un'ulteriore conclusione, raggiungibile con la stesura di queste mappe, è la mancanza di picchi significativi all'interno dell'area in esame. Queste considerazioni giocano un ruolo fondamentale nel calcolo del rischio. La prima avvalora la supposizione di racchiudere il calcolo del rischio al solo ruolo industriale: la

concentrazione all'esterno del sito risulta tendere a zero, di conseguenza i bersagli esposti possono essere considerati i soli lavoratori della Barricalla S.p.A. e la durata di esposizione unicamente le ore lavorative. La seconda conclusione avvalorata la decisione, per la determinazione delle concentrazioni nei punti di esposizione, di calcolare la media delle medie: essendo, difatti, una distribuzione all'incirca costante nell'area di interesse non si rischia di sovrastimare o sottostimare la distribuzione e l'esposizione media. In relazione a queste considerazioni è possibile considerare come veritiere le concentrazioni calcolate in *Tabella 7.1*.

## 7.2. Calcolo del rischio

Per il calcolo del rischio è di fondamentale importanza inquadrare al meglio la situazione di pericolo. In primo luogo, è necessario individuare la via di esposizione del sito in questione. Le vie di esposizione individuate nella direttiva ISPRA sono:

- Suolo superficiale;
- Suolo profondo;
- Aria outdoor;
- Aria indoor;
- Acqua profonda. (49)

Il caso studio ricade, pertanto, nel rischio derivante da inalazione di aria outdoor. In seguito, è necessario individuare i bersagli della contaminazione in base alla localizzazione e la destinazione d'uso del suolo. Nel presente studio si parla di bersagli on-site, ovvero sul luogo ove è presente la sorgente, e con suolo a uso industriale, ovvero un'area dove i maggiori recettori sono i lavoratori presenti. (49) Una volta individuata, in linea generale, la zona di rischio, è possibile addentrarsi nel calcolo del rischio.

Il primo step prevede la determinazione dell'esposizione  $E$  secondo la relazione espressa in equazione (7.4):

$$E = C_{poe} \cdot EM \quad (7.4)$$

La  $C_{poe}$  rappresenta la concentrazione del contaminante nel punto di esposizione in ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Essa è legata a fenomeni di trasporto FT in relazione al comparto ambientale considerato secondo l'equazione (7.5):

$$C_{poe} = FT \cdot C_s \quad (7.5)$$

Dove  $C_s$  rappresenta la concentrazione in corrispondenza della sorgente di contaminazione. Secondo le supposizioni effettuate nel caso studio, si possono considerare le concentrazioni calcolate in *Tabella 7.1* pari alle  $C_{poe}$ , in quanto si calcola il rischio derivante dall'esposizione nell'area di interesse che risulta essere la medesima area di misurazione.

EM, fattore dell'equazione (7.4), rappresenta, invece, la portata effettiva di esposizione. Essa è funzione della durata di esposizione e delle caratteristiche del recettore; in particolare, per inalazione di vapori e polveri outdoor, segue il rapporto riportato in (7.6):

$$EM = \frac{B_0 \cdot EF_g \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}} \quad (7.6)$$

Tale parametro è espresso in ( $\text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{giorno}$ ). In *Tabella 7.2* si riportano, per ogni componente del rapporto, il significato degli acronimi e il rispettivo valore per un bersaglio adulto lavoratore. La frequenza giornaliera di esposizione è pari alle ore lavorative: quindi 8 ore di turno meno un'ora di pausa pranzo, per un totale di 7 ore al giorno.

*Tabella 7.2 - Fattori di esposizione per il calcolo di EM*

<b>Simbolo</b>	<b>Fattori di esposizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Unità di misura</b>
$B_0$	Inalazione outdoor	2,5	$\text{m}^3/\text{h}$
$EF_g$	Frequenza giornaliera di esposizione	7	ore/giorno
EF	Frequenza di esposizione	250	giorni/anno
ED	Durata di esposizione	25	anni
BW	Peso corporeo	70	kg
AT	Tempo medio di esposizione	70	anni

È possibile calcolare il valore di EM attraverso l'equazione (7.6): questo sarà costante per tutti i COV misurati e risulterà:

$$EM = \frac{2,5 \cdot 7 \cdot 250 \cdot 25}{70 \cdot 70 \cdot 365} = 0,06115 \frac{m^3}{kg \cdot giorno}$$

Grazie al calcolo della portata effettiva di emissione, è possibile calcolare il valore dell'esposizione per ogni contaminante moltiplicando tale valore per la  $C_{poe}$  seguendo l'equazione (7.4). La concentrazione nel punto di esposizione è pari al valore calcolato in *Tabella 7.1* come media delle medie. I risultati derivanti dal calcolo utilizzando l'equazione (7.4) sono riportati in *Tabella 7.3*.

*Tabella 7.3 - Calcolo dell'esposizione E*

COV	$C_{poe}$	EM	E
1,2-dicloroetano	0,000168	0,06115	1,02774E-05
Benzene	0,002527	0,06115	0,000154543
1,2-dicloropropano	0,000254	0,06115	1,55222E-05
Toluene	0,003395	0,06115	0,000207628
Etil benzene	0,002895	0,06115	0,000177072
Meta Xilene+Para Xilene	0,004352	0,06115	0,00026615
Stirene	0,000308	0,06115	1,8856E-05
Orto Xilene	0,002049	0,06115	0,000125324
1,3,5-trimetil-benzene	0,001137	0,06115	6,95209E-05
1,2,4-trimetil-benzene	0,000910	0,06115	5,56549E-05

Successivamente, per il calcolo del rischio e dell'indice di pericolo, come spiegato nelle equazioni (7.2) e (7.3), è necessario fare riferimento ai parametri tossicologici. Essi si possono trovare nella banca dati ISS-INAIL, aggiornata a marzo 2018, per ogni contaminante oggetto di studio. I COV 1,3,5-trimetil-benzene e 1,2,4-trimetil-benzene non sono presenti nella banca dati e non esistono studi tossicologici effettuati sugli stessi. Per le loro caratteristiche, quindi, si fa riferimento alla dicitura di "idrocarburi aromatici con nove atomi di carbonio". I valori riportati nella banca dati fanno riferimento a Slope Factor e Reference Dose per la contaminazione proveniente soltanto dall'ingestione di contaminati; nel caso studio si fa riferimento, però, al rischio derivante dall'inalazione. Per l'inalazione si fa riferimento alla UCR "Unit Cancer Risk" che

rappresenta la probabilità di manifestazione di un tumore, durante il corso della vita del soggetto esposto, in relazione alla concentrazione di esposizione. La RfC “Reference Concentration” stima, invece, l’esposizione per la quale non si manifestano effetti avversi. (49) Di conseguenza è fondamentale convertire i valori in parametri utilizzabili al calcolo del rischio e dell’indice di pericolo. Lo Slope Factor e la Unit Cancer Risk sono legati dalla relazione (7.7):

$$SF = UCR \cdot \left( \frac{70kg}{20m^3/giorno} \right) \cdot 1000 \frac{\mu g}{mg} \quad (7.7)$$

La Reference Dose e la Reference Concentration dall’equazione (7.8):

$$RfD = RfC \cdot \left( \frac{20m^3/giorno}{70kg} \right) \quad (7.8)$$

Dai parametri riportati sulla banca dati ISS-INAIL è, quindi, possibile calcolare SF e RfD per il calcolo del rischio e dell’indice di pericolo derivante dall’inalazione delle sostanze misurate in sito. In *Tabella 7.4* si riportano i vari COV misurati, la classificazione di cancerogenicità stilata da “International Agency for Research on Cancer” e i valori di Slope Factor e di RfD elaborati con le relazioni (7.7) e (7.8) per i rispettivi composti misurati.

*Tabella 7.4 - Calcolo dei parametri di tossicologia per l’inalazione*

COV	Classe IARC	IUR ( $\mu g/m^3$ ) <sup>-1</sup>	SF <sub>in</sub> (mg/kg·d) <sup>-1</sup>	RfC (mg/m <sup>3</sup> )	RfD <sub>in</sub> (mg/kg·d)
1,2-dicloroetano	2B	2,60E-05	9,10E-02	7,00E-03	2,00E-03
Benzene	1	7,80E-06	2,73E-02	3,00E-02	8,57E-03
1,2-dicloropropano	1	3,70E-06	1,30E-02	4,00E-03	1,14E-03
Toluene	3			5,00E+00	1,43E+00
Etil benzene	2B	2,50E-06	8,75E-03	1,00E+00	2,86E-01
Meta Xilene+Para Xilene	3			1,00E-01	2,86E-02
Stirene	2B	5,00E-07	1,75E-03	1,00E+00	2,86E-01
Orto Xilene	3			1,00E-01	2,86E-02
1,3,5-trimetil-benzene	3			2,00E-01	5,71E-02
1,2,4-trimetil-benzene	3			2,00E-01	5,71E-02

La classificazione IARC ha lo scopo di raggruppare le sostanze in categorie in base alla loro cancerogenicità. In particolare, i gruppi sono:

- Gruppo 1: “carcinogeni umani certi”. Ovvero nel caso in cui siano presenti prove sufficienti di cancerogenicità sull’uomo.
- Gruppo 2A: “carcinogeni probabili per l'uomo”. Sostanze con limitate evidenze di cancerogenicità sull’uomo ma sufficienti evidenze sugli animali da laboratorio;
- Gruppo 2B: “carcinogeni possibili per l’uomo”. Nel caso di limitate manifestazioni sia sull’uomo che sugli animali da laboratorio.
- Gruppo 3: “sostanze non classificabili come carcinogene”. Per le sostanze in cui non si hanno prove sufficienti.
- Gruppo 4: “sostanze probabilmente non carcinogene per l’uomo”. In questo gruppo sono raccolte le sostanze che non presentano effetti sia sugli animali da laboratorio che sugli uomini. (51)

È, quindi, possibile calcolare il rischio utilizzando l’equazione (7.9) e l’indice di pericolo utilizzando la (7.10) per ogni composto misurato:

$$R = E \cdot SF \quad (7.9)$$

$$HI = \frac{E}{RfD} \quad (7.10)$$

Entrambi i parametri sono adimensionali. Per ogni composto organico volatile è possibile il calcolo del rischio con l’applicazione dell’equazione (7.9) e dell’indice di pericolo con l’utilizzo della relazione (7.10). Per la stima dei valori cumulativi si è effettuata una somma dei singoli rischi e indici di pericolo. I risultati ottenuti sono riportati in *Tabella 7.5*.

Tabella 7.5 - Calcolo del rischio e dell'indice di pericolo

COV	E	SF <sub>in</sub>	RfD <sub>in</sub>	R	HI
1,2-dicloroetano	1,02774E-05	9,10E-02	2,00E-03	9,35E-07	5,14E-03
Benzene	0,000154543	2,73E-02	8,57E-03	4,22E-06	1,80E-02
1,2-dicloropropano	1,55222E-05	1,30E-02	1,14E-03	2,01E-07	1,36E-02
Toluene	0,000207628		1,43E+00		1,45E-04
Etil benzene	0,000177072	8,75E-03	2,86E-01	1,55E-06	6,20E-04
Meta Xilene+Para Xilene	0,00026615		2,86E-02		9,32E-03
Stirene	1,8856E-05	1,75E-03	2,86E-01	3,30E-08	6,60E-05
Orto Xilene	0,000125324		2,86E-02		4,39E-03
1,3,5-trimetil-benzene	6,95209E-05		5,71E-02		1,22E-03
1,2,4-trimetil-benzene	5,56549E-05		5,71E-02		9,74E-04
CUMULATIVO				6,94E-06	5,35E-02

Affinché un rischio sia considerato accettabile deve presentare un valore minore o uguale a  $10^{-6}$  e l'indice di pericolo minore o uguale a 1. È importante, essendovi compresenza di più sostanze pericolose, fare riferimento al calcolo del rischio e dell'indice di pericolo cumulativi. Secondo la modalità descritta precedentemente nel capitolo 7, la cumulativa si effettua attuando una semplice somma dei rischi e degli indici di pericolo individuali. Il limite di accettabilità del rischio cumulativo è  $10^{-5}$  e dell'indice di pericolo cumulativo è l'unità. Grazie ai risultati conseguiti è possibile evidenziare come il rischio cumulativo, per l'esposizione a specie cancerogene, e l'indice di pericolo, per l'esposizione a sostanze tossiche, siano entrambi al di sotto del limite dettato dalla normativa italiana. Presentano, invece, rischi al di sopra del limite le sostanze Benzene ed Etilbenzene.

Sono stati ricercati dati da centraline meteo esterne al sito grazie alla rete di monitoraggio della Regione Piemonte per il rilevamento della qualità dell'aria, al fine di comprendere la loro origine. È stata selezionata la centralina meteo di Torino Rebaudengo, la quale misura emissioni sia industriali che residenziali ed è classificata come una stazione monitorante le emissioni da traffico veicolare. Sono stati selezionati i dati misurati con cadenza oraria per tutto l'anno 2017 per i composti organici volatili, in particolare di: benzene, toluene, etilbenzene, meta e para xilene e orto xilene. Al fine di avere un valore rappresentativo e comparabile con quanto utilizzato per il calcolo del

rischio, è stata operata una media tra tutte le misurazioni effettuate nell'arco di un anno per ogni composto. È stato quindi estrapolato un unico valore rappresentativo per l'anno 2017. Tali valori sono stati confrontati con quanto misurato dalla centralina meteo della Barricalla S.p.A. nell'anno 2017, anch'essi mediati su tutto l'anno. I valori riscontrati sono riportati in *Tabella 7.6* e l'unità di misura è  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Tabella 7.6 - Concentrazioni misurate da centralina meteo e dalla discarica Barricalla*

<b>Composti</b>	<b>Da centralina</b>	<b>Da Barricalla</b>
Benzene	2,291	2,334
Toluene	7,383	3,014
Etil benzene	1,339	2,775
Meta Xilene+Para Xilene	4,684	3,883
Orto Xilene	2,258	1,892

Grazie ai dati misurati e riportati, è possibile notare come le concentrazioni esterne al sito della discarica, misurate dalla centralina meteo, siano comparabili con quanto misurato all'interno dell'area. Questa corrispondenza avvalorata l'ipotesi che tali inquinanti derivino da attività esterne al corpo discarica; permette, altresì, di attuare un confronto al fine di valutare la produzione o meno di sostanze cancerogene dal sito in esame.

Al fine di valutare il peso delle differenti sostanze per la determinazione di pericolosità del sito, è possibile determinare l'influenza percentuale di ogni composto, rilevato all'interno dell'area oggetto di studio, per il calcolo del rischio e dell'indice di pericolo cumulativi. Per rendere possibile questo confronto sono stati posti il rischio e l'indice di pericolo cumulativi pari al 100%; si sono, poi, calcolati i rapporti percentuali del rischio e dell'indice di pericolo per ogni composto. In *Tabella 7.7* sono riportati i valori percentuali del rischio e dell'indice di pericolo calcolati secondo tale procedimento. Lo scopo finale di tale confronto sono la determinazione e l'individuazione dell'importanza percentuale per l'indicazione del rischio e dell'indice di pericolo cumulativi per ogni composto presente all'interno del sito.

Tabella 7.7 - Percentuale di importanza per il rischio e l'indice di pericolo

<b>COV</b>	<b>%R</b>	<b>%HI</b>
1,2-dicloroetano	13,48%	9,61%
Benzene	60,81%	33,72%
1,2-dicloropropano	2,90%	25,40%
Toluene		0,27%
Etil benzene	22,33%	1,16%
Meta Xilene+Para Xilene		17,42%
Stirene	0,48%	0,12%
Orto Xilene		8,20%
1,3,5-trimetil-benzene		2,28%
1,2,4-trimetil-benzene		1,82%

Dai risultati così elaborati è possibile notare come a livello percentuale, la più alta influenza per il rischio cancerogeno derivi dal benzene e successivamente dall'etilbenzene. Per quanto concerne l'indice di pericolo la percentuale più alta è imputabile al benzene, seguito da 1,2-dicloropropano, Meta Xilene+Para Xilene e 1,2-dicloroetano. È quindi individuabile come il rischio cancerogeno, che risulta essere presente nel sito in esame, derivi in misura maggiore, in particolare sopra il limite di  $10^{-6}$ , da sostanze presenti nel luogo di studio ma emesse dal traffico veicolare o da attività esterne all'area di studio. Segue che il rischio a cui sono sottoposti i lavoratori non sia legato all'attività della discarica, ma dalla presenza di fonti esterne di inquinamento.

## 8. Conclusioni

La discarica Barricalla S.p.A. presenta elevati standard ambientali, conseguentemente all'attribuzione della certificazione EMAS. Per il mantenimento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale sono previsti una serie di monitoraggi da effettuare periodicamente. L'obiettivo della presente tesi è stato quello di individuare e valutare eventuali sostanze o famiglie chimiche imputabili all'attività della discarica. Dal confronto con i dati di letteratura, riguardanti le altre possibili sorgenti presenti nell'area (in particolare le emissioni da traffico veicolare), sono stati evidenziati, come famiglia interessante ai fini dello studio, i solventi alogenati. Tra questi sono stati individuati come sostanze traccianti l'1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano. Questi due composti sono attualmente monitorati dal sistema di misura in aria ambiente e sul gas di discarica presente sul sito di Barricalla S.p.A. Ricercando in letteratura, è stata trovata conferma che tali composti risultano presenti da misurazioni effettuate su discariche di rifiuti speciali. In particolare, tali sostanze sono presenti in siti contaminati e sono utilizzati come solventi in industrie o per igiene della casa o personale e, pertanto, possono essere presenti all'interno di effluenti industriali. Le loro caratteristiche fisico-chimiche determinano un'alta volatilità; a causa di tale caratteristica, le due sostanze non sono individuabili dalle analisi effettuate sulla matrice solida dei rifiuti conferiti in discarica.

Al fine di individuare le possibili tipologie di rifiuti responsabili dell'emissione di 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano, è stato condotto un confronto incrociato delle misurazioni effettuate nel gas di discarica e dei rifiuti conferiti. In primo luogo, sono state selezionate un'area e un periodo di interesse. Grazie a questa restrizione sono stati analizzati i conferimenti nell'area prefissata durante il semestre di interesse. Ricercando la natura dei rifiuti conferiti sono stati evidenziati come possibili sorgenti i rifiuti denominati attraverso la classificazione CER con il codice 19.03.04\*. Tale classificazione identifica ciò che è prodotto da piattaforme di trattamento, dove avviene la miscelazione o l'inertizzazione degli stessi. Per avere conferma della supposizione che le emissioni derivino da tale classificazione, è stato effettuato un confronto nello storico. Tale ricerca ha confermato che le concentrazioni di 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano risultano rilevate, o più alte della media, in concomitanza del

conferimento di tale tipologia di rifiuti. L'analisi si è quindi addentrata all'interno di tale tipologia: sono stati ricercati quali rifiuti fossero effettivamente ricompresi entro il codice CER 19.03.04\* smaltito nella discarica Barricalla. Ricercando nell'elenco delle classificazioni CER generanti il 19.03.04\* sono state ritenute degne di attenzione le seguenti classificazioni:

- CER 07: “Rifiuti da processi chimici organici”;
- CER 16.03: “Prodotti fuori specifica e prodotti inutilizzati”;
- CER 19: “Rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale”.

Particolare attenzione è stata posta sulla natura dell'ultimo codice CER presente in elenco. All'interno di questo si sono evidenziati come degni di attenzione i seguenti:

- CER 19.02.05\*: “fanghi prodotti da trattamenti chimico-fisici, contenenti sostanze pericolose”;
- CER 19.08.13\*: “fanghi contenenti sostanze pericolose prodotti da altri trattamenti delle acque reflue industriali”;
- CER 19.08.14\*: “fanghi prodotti da altri trattamenti delle acque reflue”.

Questi rifiuti sono stati ritenuti interessanti poiché produttori fanghi da trattamento, dove, quindi, risulta più probabile la presenza delle sostanze traccianti. Per avere conferme su queste ipotesi occorrerebbe effettuare misurazioni accurate sulle specie volatizzanti, quali gascromatografia o spettrometria a infrarossi.

Poiché l'1,2-dicloroetano è classificato come possibile cancerogeno per l'uomo e l'1,2-dicloropropano come cancerogeno per l'uomo, si è ritenuto necessario calcolare il rischio a cui sono sottoposti i lavoratori della discarica Barricalla S.p.A. Nell'analisi di rischio, sono state incluse tutte le sostanze volatili attualmente monitorate sul sito in esame. I risultati hanno evidenziato che il rischio cumulativo risulta trascurabile. Il rischio unitario relativo alle sostanze 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano appare anch'esso al di sotto della soglia di significatività. Questo indica che l'esposizione alle concentrazioni medie considerate non comporta un rischio di cancro o di intossicazione per i lavoratori di Barricalla S.p.A. Per l'esposizione ad altre sostanze (benzene ed etil-

benzene) è stato rilevato un rischio non trascurabile. È stato dimostrato, però, che per quello che riguarda quelli individuali superati, essi riguardano le sostanze non prodotte dal sito oggetto di studio ma da fonti esterne, in particolare dal traffico veicolare.

In conclusione, il presente studio di caratterizzazione delle sostanze discretizzanti ha permesso di evidenziare che il sistema di misura attualmente presente sulla discarica di Barricalla S.p.A. è efficiente nel monitorare le sostanze rilasciate dall'attività, e che queste non comportano attualmente un rischio per gli addetti esposti. Per caratterizzare con maggiore precisione i rifiuti emettenti, occorrerebbero ulteriori misurazioni più precise sui codici CER identificati nel presente lavoro. È di rilevante importanza sottolineare che la discarica Barricalla dispone di un codice etico che mira alla salvaguardia dell'ambiente e alla tutela della salute dei lavoratori. Tali scopi sono certificati dall'attribuzione dell'EMAS alla società Barricalla S.p.A., che attesta una gestione ambientale con la costante ricerca di migliorare le proprie prestazioni garantendo il mantenimento di principi e valori di alto livello.

## Indice delle Figure

Figura 1.1 - Inquadramento territoriale (fonte Googlemaps) .....	4
Figura 1.2- Inquadramento area (fonte Googlemaps).....	5
Figura 2.1 - Legenda emissioni per settore.....	11
Figura 2.2 - Emissioni di CH <sub>4</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino .....	11
Figura 2.3 - Emissioni di CO per macrosettore nella città metropolitana di Torino .....	11
Figura 2.4 - Emissioni di CO <sub>2</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino .....	12
Figura 2.5 - Emissioni di CO <sub>2</sub> eq per macrosettore nella città metropolitana di Torino ...	12
Figura 2.6 - Emissioni di N <sub>2</sub> O per macrosettore nella città metropolitana di Torino.....	12
Figura 2.7 Emissioni di NH <sub>3</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino .....	12
Figura 2.8 - Emissioni di NMVOC per macrosettore nella città metropolitana di Torino .....	13
Figura 2.9 - Emissioni di NO <sub>x</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino.....	13
Figura 2.10 - Emissioni di SO <sub>2</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino.....	13
Figura 2.11 - Emissioni di PM <sub>2,5</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino ...	13
Figura 2.12 - Emissioni di PM <sub>10</sub> per macrosettore nella città metropolitana di Torino ...	14
Figura 3.1 - Vista aerea della zona di interesse .....	19
Figura 3.2 - Immagine aerea dello scavo e realizzazione del fondo.....	25
Figura 3.3 – Realizzazione della copertura finale.....	27
Figura 6.1- Distribuzione delle stazioni di campionatura per la qualità dell'aria (38).....	50
Figura 6.2 - Particolare del tubo di captazione (fonte: Sfiati del gas di scarica: posizionamento e particolare, Barricalla S.p.A.) .....	52
Figura 6.3 - Distribuzione tubi gas dei lotti 3 (38) .....	53
Figura 6.4- Particolare di un tubo di captazione (fonte: Sfiati del gas di scarica: posizionamento e particolare, Barricalla S.p.A.) .....	53
Figura 6.5 - Distribuzione tubi gas dei lotti 4 (38) .....	54

Figura 6.6 - Area oggetto di studio .....	56
Figura 6.7 - Produzione di rifiuti speciali da differenti industrie (52).....	64
Figura 6.8 - Attività industriale e sostanze emesse (44).....	65
Figura 6.9- Assimilabilità alle acque reflue domestiche (46).....	68
Figura 6.10 - Attività assimilabili alla produzione di un refluo civile (46) .....	69
Figura 6.11 - Strumentazione per la gascromatografia (48).....	71
Figura 7.1- Modalità di analisi.....	72
Figura 7.2 - Curva dose-risposta per sostanze tossiche non cancerogene .....	73
Figura 7.3 - Curva dose-risposta per sostanze cancerogene .....	75
Figura 7.4 – Rappresentazione della dispersione di 1,2-dicloroetano a gennaio 2017.....	79
Figura 7.5 - Rappresentazione della dispersione di 1,2-dicloroetano a luglio 2017.....	79
Figura 7.6 - Rappresentazione della dispersione di 1,2-dicloropropano a gennaio 2017	
.....	80
Figura 7.7 - Rappresentazione della dispersione di 1,2-dicloropropano a luglio 2017 ....	80

## Indice delle Tabelle

Tabella 1.1 - Emissioni centrale IREN (1) .....	6
Tabella 2.1- Dati emissione per macrosettori (5) .....	9
Tabella 3.1 - Superfici esposte.....	26
Tabella 4.1- Confronto emissioni VOC.....	34
Tabella 4.2-Confronto emissioni PM.....	41
Tabella 5.1-Percentuali di suddivisione di 1,2-dicloropropano .....	47
Tabella 5.2- Caratteristiche chimiche di 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano (35) .....	47
Tabella 5.3- Caratteristiche di volatilizzazione (36).....	49
Tabella 6.1-TLV per i COV misurati.....	51
Tabella 6.2- Concentrazioni inquinanti nel gas di scarica (38) .....	55
Tabella 6.3 - Rifiuti conferiti nell'area di studio .....	57
Tabella 6.4 - Codici CER, omologa dei rifiuti conferiti nell'area di studio e concentrazioni .....	58
Tabella 6.5 - Rifiuti costituenti 19.03.04* smaltiti nel periodo di studio .....	60
Tabella 7.1 - Concentrazioni medie per anno e media totale.....	78
Tabella 7.2 - Fattori di esposizione per il calcolo di EM.....	82
Tabella 7.3 - Calcolo dell'esposizione E .....	83
Tabella 7.4 - Calcolo dei parametri di tossicologia per l'inalazione.....	84
Tabella 7.5 - Calcolo del rischio e dell'indice di pericolo .....	86
Tabella 7.6 - Concentrazioni misurate da centralina meteo e dalla scarica Barricalla ..	87
Tabella 7.7 - Percentuale di importanza per il rischio e l'indice di pericolo.....	88

## Bibliografia

1. IREN energia. *Dichiarazione Ambientale Central termoelettrica di cogenrazione Torino Nord*. 2017.
2. John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis. *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change*. s.l. : Wiley, 2016.
3. Zannetti, Paolo. *Air pollution modelling*. s.l. : Computational Mechanics Publications, 1990.
4. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. I quaderni della formazione ambientale, aria. *Ispraambiente*. [Online] maggio 2006.
5. Regione Piemonte. Sistemapiemonte. [Online] <http://www.sistemapiemonte.it/fedwinemar/viewer> .
6. ARPA Piemonte. *Uno sguardo all'aria*. 2016.
7. Università di Parma. Composti Organici Volatili e Idrocarburi. [Online] [http://www.dsa.unipr.it/trezzo/uni\\_parma/capitoli/inquinanti/cov\\_e\\_idrocarburi.htm](http://www.dsa.unipr.it/trezzo/uni_parma/capitoli/inquinanti/cov_e_idrocarburi.htm).
8. Ministero della salute. *Composti organici volatili*. 2015.
9. J.L.Burgess e al. INCHEM: Benzene. [Online] 1993. <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pim063.htm#SectionTitle:1.6%20%20Main%20manufacturers/main%20importers>.
10. Istituto Superiore di Sanità. Gli idrocarburi policiclici aromatici. [Online] [http://old.iss.it/binary/rcca/cont/Idrocarburi\\_policiclici\\_aromatici1.pdf](http://old.iss.it/binary/rcca/cont/Idrocarburi_policiclici_aromatici1.pdf).
11. *Dlgs 36/2003*. 2003.
12. Barricalla S.p.A. Chi siamo: Barricalla S.p.A. [Online] <http://www.barricalla.com/chi-siamo/>.
13. Città Metropolitana di Torino. Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA). <http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/aia/aia>. [Online]

14. Barricalla SpA. *Piano di sorveglianza e controllo; Adeguamento ai fini dell'A.I.A.* 2016.
15. Clerico, Marina. *Valutazione tecnica ambientale.* s.l. : Politeko, 2007.
16. Mugica, V. e al. *Volatile organic compounds emission from gasoline and diesel powered vehicle.* 2001. p. 29-37.
17. Franco, J.F. e al. *Characterization and source identification of VOC species in Bogotá, Colombia.* 2014. p. 1-11.
18. Li, Bowei e al. *Characterizations of volatile organic compounds (VOCs) from vehicular emissions at roadside environment: The first comprehensive study in Northwestern China.* 2017. p. 1-12.
19. Orecchio, S. e al. *Volatile Profiles of Emissions from Different Activities Analyzed Using Canister Samplers and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC/MS) Analysis: A Case Study.* 2017.
20. Hong-li, Wang e al. *Volatile organic compounds source profiles of on-road vehicle emissions in China.* 2017. p. 253-261.
21. Staehelin, J. e al. *Emission factors from road traffic from a tunnel study (Gubrist tunnel, Switzerland). Part I: concept and first results.* 1995. p. 141-147.
22. Ait-Helal, W. e al. *On-road measurements of NMVOCs and NOx: Determination of light-duty vehicles emission factors from tunnel studies in Brussels city center.* 2015. p. 799-807.
23. Hung-Lung, Chiang e al. *Emission factors and characteristics of criteria pollutants and volatile organic compounds (VOCs) in a freeway tunnel study.* 2007. p. 200-211.
24. Huang, Yu e al. *Characterization of volatile organic compounds at a roadside environment in Hong Kong: An investigation of influences after air pollution control strategies.* 2015. p. 809-818.
25. Hoshi, Jun-ya e al. *Investigation and estimation of emission sources of 54 volatile organic compounds in ambient air in Tokyo.* 2008. p. 2383-2393.

26. Drooge, B.L. van e al. *Organic molecular tracers in atmospheric PM1 at urban intensive traffic and background sites in two high-insolation European cities*. 2018. p. 71-81.
27. Keyte, I. J. e al. *On-road traffic emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons and their oxy- and nitro- derivative compounds measured in road tunnel environments*. 2016. p. 1131-1142.
28. Zhao, J. e al. *Characterization of PM2.5-bound nitrated and oxygenated polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air of Langfang during periods with and without traffic restriction*. 2013. p. 302-308.
29. Lee, Wen-Jhy e al. *PAH characteristics in the ambient air of traffic-source*. 1995. p. 185-200.
30. Zhang, Zhi-Hui e al. *Characterization of traffic-related ambient fine particulate matter (PM2.5) in an Asian city: Environmental and health implications*. 2017. p. 132-143.
31. EPA. *Prioritized Chronic Dose-Response Values for Screening Risk Assessments*. 05 09 2014.
32. Canadian Environment Protection Act. *1,2-Dichloroethane*. s.l. : Minister of supply and services Canada, 1994.
33. OECD SIDS. *1,2-Dichloroethane*. Paris : UNEP publications, 2002.
34. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *1,2-Dichloropropane*. s.l. : U.S. Departement of health and human services, 1999.
35. Metcalf & Eddy. *Wastewater engineering, Treatment and resource recovery*. s.l. : McGraw-Hill education, 2014.
36. J. R. Ehrenfeld & al. *Controlling volatile emission at hazardous waste sites*. s.l. : Noyes Publications, 1986.
37. OECD SIDS. *1,2-Dichloropropane*. s.l. : UNEP publications, 2003.
38. Barricalla SpA. *Relazione tecnica annuale sullo stato d'avanzamento delle attività svolte presso la discarica*. 2017.

39. Sereco Piemonte SpA. *AIA*. 2015.
40. E. Nie & al. *Emission characteristics of VOCs and potential ozone formation from a full-scale sewage sludge composting plant*. 2018. p. 664-672.
41. L.V.Cremades & al. *Tackling environmental issues in industrial ceramic sintering of sewage sludge: odors and gas emissions*. 2017. p. 1651-1663.
42. Y. Zhao & al. *Assessment of co-composting of sludge and woodchips in the perspective of environmental impacts (EASETECH)*. 2015. p. 55-60.
43. —. *Volatile trace compounds released from municipal solid waste at the transfer stage: Evaluation of environmental impacts and odour pollution*. 2015. p. 695-701.
44. INAIL. *Il rischio chimico per i lavoratori - Manuale Operativo* . 2019.
45. *D.Lgs 03-04-2006 n.152*. 2006.
46. *D.P.R. 227/2001*. 2001.
47. Carson, P. A. *Hazardous Chemicals Handbook*. s.l. : Elsevier, 2002.
48. N. Fabbri & al. *Quaderni di Analisi Chimica Strumentale: Gascromatografia*. [Online] 2004. [http://www.e-santoni.org/public/santoni/images/AREA\\_STUDENTI/2015-16/LIBRI\\_DI\\_TESTO/qacs\\_gascromatografia.pdf](http://www.e-santoni.org/public/santoni/images/AREA_STUDENTI/2015-16/LIBRI_DI_TESTO/qacs_gascromatografia.pdf).
49. APAT. *Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati*. 2008.
50. Verginelli, I. *Risk-net v.3.1. Pro-Manuale d'uso*. 2018.
51. AIRC. *Conosci il cancro* . [Online] <https://www.airc.it/cancro/informazioni-tumori/corretta-informazione/possibile-sostanze-inserite-nella-lista-1-dello-iarc-siano-cancerogene-non-siano-sempre-vietate>.
52. Nemerow, N. L. *Industrial waste treatment: contemporary practice and vision for the future*. s.l. : Elsevier, 2007.
53. Barricalla Spa. *Relazione generale*. 2017.

54. Barricalla SpA. *Limiti di accettabilità*. 2018.

55. Legnaro, Stefano. *Caratterizzazione e analisi di rischio di un ex punto vendita carburante nell'area costiera ferrarese: applicazione del software Risk-net*. Bologna : Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, 2011.

56. D. Lgs. 81/2008.

57. L. D'aprile & al. *Impiego dell'analisi di rischio nell'ambito del contesto normativo vigente e documenti tecnici di riferimento*. 2018.

## Allegato 1

### Limiti di accettabilità e rifiuti smaltibili in discarica

Tabella 1 - Valori limite di concentrazione nell'eluato per l'accettabilità dei rifiuti in discarica (54)

Parametro	D.M. 27/09/2010 Tabella 6	Deroghe (per i rifiuti presenti in Tab.4 e 5)			
		A	B	C	D
Arsenico (mg/l)	2,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Bario (mg/l)	30	90	30	30	30
Cadmio (mg/l)	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Cromo totale (mg/l)	7	21	21	7	21
Rame (mg/l)	10	30	10	10	10
Mercurio (mg/l)	0,2	0,6	0,6	0,2	0,6
Molibdeno (mg/l)	3	9	9	9	9
Nichel (mg/l)	4	12	12	4	12
Piombo (mg/l)	5	15	15	15	15
Antimonio (mg/l)	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Selenio (mg/l)	0,7	2,1	2,1	2,1	2,1
Zinco (mg/l)	20	60	20	20	20
Fluoruri (mg/l)	50	150	50	50	50
DOC (mg/l) <sup>(1)</sup>	100	100	100	100	100
TDS (mg/l) <sup>(2)</sup>	10.000	30.000	10.000	30.000	30.000

Tabella 2 - Limite sul tal quale (54)

Parametro	Limiti art. 8 D.M. 27/09/2010
Residuo a 105°C (%)	25
TOC (%)	6
PCB (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
PCDD/PCDF (mg/kg) <sup>(3)</sup>	0,01

Tabella 3 - Valori limite degli inquinanti organici persistenti (54)

Parametro	Allegato IV Regolamento CE n. 1342/2014
DDT (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Clordano (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Esaclorocicloesani (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Dieldrin (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Endrin (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Eptacloro (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Esaclorobenzene (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Clordecone (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Aldrin (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Pentaclorobenzene (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Mirex (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Toxafene (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Esabromobifenile (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Endosulfan (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50
Esaclorobutadiene (mg/kg) <sup>(3)</sup>	100
Naftaleni policlorurati (mg/kg) <sup>(3)</sup>	10
Alcani, C10 – C13, Cloro (paraffine clorate a catena corta) (SCCP) (mg/kg) <sup>(3)</sup>	10.000
Tetra / Penta / Esa / Epta bromo difenil etere (mg/kg) <sup>(3)</sup>	Σ = 1.000
Acido perfluoro Ottano sulfonato e suoi derivati (PFOS) (mg/kg) <sup>(3)</sup>	50

Tabella 4 - Rifiuti ammessi in discarica

**Rifiuti speciali pericolosi**

CER	Descrizione
010304	sterili che possono generare acidi prodotti dalla lavorazione di minerale solforoso
010305*	altri sterili contenenti sostanze pericolose
010307*	altri rifiuti contenenti sostanze pericolose prodotti da trattamenti chimici e fisici di minerali metalliferi
010407*	rifiuti contenenti sostanze pericolose, prodotti da trattamenti chimici e fisici di minerali non metalliferi
010505*	fanghi di perforazione e rifiuti contenenti petrolio
010506*	fanghi di perforazione ed altri rifiuti di perforazione contenenti sostanze pericolose
020108*	rifiuti agrochimici contenenti sostanze pericolose
030104*	segatura, trucioli, residui di taglio, legno, pannelli di truciolare e piallacci contenenti sostanze pericolose
030201*	preservanti del legno contenenti composti organici non alogenati
030202*	prodotti per i trattamenti conservativi del legno contenenti composti organici clorurati
030203*	prodotti per i trattamenti conservativi del legno contenenti composti organometallici
030204*	prodotti per i trattamenti conservativi del legno contenenti composti inorganici
030205*	altri prodotti per i trattamenti conservativi del legno contenenti sostanze pericolose
040214*	rifiuti provenienti da operazioni di finitura, contenenti solventi organici
040216*	tinture e pigmenti, contenenti sostanze pericolose
040219*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
050102*	fanghi da processi di dissalazione
050103*	morchie da fondi di serbatoi
050104*	fanghi da alchili acidi
050105*	perdite di olio
050106*	fanghi oleosi prodotti dalla manutenzione di impianti e apparecchiature
050107*	catrami acidi
050108*	altri catrami
050109*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
050111*	rifiuti prodotti dalla purificazione di carburanti mediante basi

050115*	filtri di argilla esauriti
050601*	catrami acidi
050603*	altri catrami
050701*	rifiuti contenenti mercurio
060311*	sali e loro soluzioni, contenenti cianuri
060313*	sali e loro soluzioni, contenenti metalli pesanti
060315*	ossidi metallici contenenti metalli pesanti
060403*	rifiuti contenenti arsenico
060404*	rifiuti contenenti mercurio
060405*	rifiuti contenenti altri metalli pesanti
060502*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
060701*	rifiuti dei processi elettrolitici, contenenti amianto
060702*	carbone attivato dalla produzione di cloro
060703*	fanghi di solfati di bario, contenenti mercurio
060802*	rifiuti contenenti cloro-silani pericolosi
060903*	rifiuti prodotti da reazioni a base di calcio contenenti o contaminati da sostanze pericolose
061002*	rifiuti contenenti sostanze pericolose
061301*	prodotti fitosanitari, agenti conservativi del legno ed altri biocidi inorganici
061302*	carbone attivo esaurito (tranne 060702)
061304*	rifiuti della lavorazione dell'amianto
061305*	fuliggine
070107*	fondi e residui di reazione, alogenati
070108*	altri fondi e residui di reazione
070109*	residui di filtrazione e assorbenti esauriti, alogenati
070110*	altri residui di filtrazione e assorbenti esauriti
070111*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
070207*	fondi e residui di reazione, alogenati
070208*	altri fondi e residui di reazione
070209*	residui di filtrazione e assorbenti esauriti, alogenati
070210*	altri residui di filtrazione e assorbenti esauriti

070211*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
070214*	rifiuti prodotti da additivi, contenenti sostanze pericolose
070216*	rifiuti contenenti silicani pericolosi
070307*	fondi e residui di reazione alogenati
070308*	altri fondi e residui di reazione
070309*	residui di filtrazione e assorbenti esauriti alogenati
070310*	altri residui di filtrazione e assorbenti esauriti
070311*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
070407*	fondi e residui di reazione alogenati
070408*	altri fondi e residui di reazione
070409*	residui di filtrazione e assorbenti esauriti alogenati
070410*	altri residui di filtrazione e assorbenti esauriti
070411*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
070413*	rifiuti solidi contenenti sostanze pericolose
070507*	fondi e residui di reazione, alogenati
070508*	altri fondi e residui di reazione
070509*	residui di filtrazione e assorbenti esauriti, alogenati
070510*	altri residui di filtrazione e assorbenti esauriti
070511*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
070513*	rifiuti solidi contenenti sostanze pericolose
070607*	fondi e residui di reazione, alogenati
070608*	altri fondi e residui di reazione
070609*	residui di filtrazione e assorbenti esauriti, alogenati
070610*	altri residui di filtrazione e assorbenti esauriti
070611*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
070707*	fondi e residui di reazione, alogenati
070708*	altri fondi e residui di reazione
070709*	residui di filtrazione e assorbenti esauriti, alogenati
070710*	altri residui di filtrazione e assorbenti esauriti
070711*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose

080111*	pitture e vernici di scarto, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose
080113*	fanghi prodotti da pitture e vernici, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose
080115*	fanghi acquosi contenenti pitture e vernici, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose
080117*	fanghi prodotti dalla rimozione di pitture e vernici, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose
080121*	residui di pittura o di sverniciatori
080314*	fanghi di inchiostro, contenenti sostanze pericolose
080317*	toner per stampa esauriti, contenenti sostanze pericolose
080409*	adesivi e sigillanti di scarto, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose
080411*	fanghi di adesivi e sigillanti, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose
080413*	fanghi acquosi contenenti adesivi e sigillanti, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose
080501*	isocianati di scarto
090106*	rifiuti contenenti argento prodotti dal trattamento in loco di rifiuti fotografici
090111*	macchine fotografiche monouso contenenti batterie incluse nelle voci 16 06 01, 16 06 02 o 16 06 03
100104*	ceneri leggere di olio combustibile e polveri di caldaia
100113*	ceneri leggere prodotte da idrocarburi emulsionati usati come combustibile
100114*	ceneri pesanti, scorie e polveri di caldaia prodotte dal coincenerimento, contenenti sostanze pericolose
100116*	ceneri leggere prodotte dal coincenerimento, contenenti sostanze pericolose
100118*	rifiuti prodotti dalla depurazione dei fumi, contenenti sostanze pericolose
100122*	fanghi acquosi da operazioni di pulizia di caldaie, contenenti sostanze pericolose
100207*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
100211*	rifiuti prodotti dal trattamento delle acque di raffreddamento, contenuti oli
100213*	fanghi e residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
100304*	scorie della produzione primaria
100308*	scorie saline della produzione secondaria
100309*	scorie nere della produzione secondaria
100317*	rifiuti contenenti catrame derivanti dalla produzione di anodi
100319*	polveri dei gas di combustione, contenenti sostanze pericolose
100321*	altre particolati e polveri (compresi quelli prodotti da mulini a palle), contenenti sostanze pericolose
100323*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
100325*	fanghi e residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose

100327*	rifiuti prodotti dal trattamento delle acque di raffreddamento, contenenti oli
100329*	rifiuti prodotti dal trattamento di scorie saline e scorie nere, contenenti sostanze pericolose
100401*	scorie della produzione primaria e secondaria
100402*	scorie e schiumature della produzione primaria e secondaria
100403*	arsenato di calcio
100404*	polveri di gas di combustione
100405*	altre polveri e particolato
100406*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi
100407*	fanghi e residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi
100409*	rifiuti prodotti dal trattamento delle acque di raffreddamento, contenenti oli
100503*	polveri di gas di combustione
100505*	rifiuti solidi derivanti dal trattamento dei fumi
100506*	fanghi e residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi
100508*	rifiuti prodotti dal trattamento delle acque di raffreddamento, contenenti oli
100603*	polveri di gas di combustione
100606*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi
100607*	fanghi e residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi
100609*	rifiuti prodotti dal trattamento delle acque di raffreddamento, contenenti oli
100707*	rifiuti prodotti dal trattamento delle acque di raffreddamento, contenenti oli
100808*	scorie saline della produzione primaria e secondaria
100812*	rifiuti contenenti catrame derivanti dalla produzione di anodi
100815*	polveri dei gas di combustione, contenenti sostanze pericolose
100817*	fanghi e residui di filtrazione prodotti dal trattamento di fumi, contenenti sostanze pericolose
100819*	rifiuti prodotti dal trattamento delle acque di raffreddamento, contenenti oli
100909*	polveri dei gas di combustione contenenti sostanze pericolose
100911*	altri particolati contenenti sostanze pericolose
101005*	forme e anime da fonderia inutilizzate, contenenti sostanze pericolose
101007*	forme e anime da fonderia utilizzate, contenenti sostanze pericolose
101009*	polveri di gas di combustione contenenti sostanze pericolose
101011*	altri particolati contenenti sostanze pericolose

101013*	scarti di leganti contenenti sostanze pericolose
101015*	scarti di rilevatori di crepe, contenenti sostanze pericolose
101109*	residui di miscela di preparazione non sottoposti a trattamento termico, contenenti sostanze pericolose
101111*	rifiuti di vetro in forma di particolato e polveri di vetro contenenti metalli pesanti (provenienti ad es. da tubi a raggi catodici)
101113*	fanghi provenienti dalla lucidatura e dalla macinazione del vetro, contenenti sostanze pericolose
101115*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento di fumi, contenenti sostanze pericolose
101117*	fanghi e residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
101119*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento in loco di effluenti, contenenti sostanze pericolose
101209*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
101211*	rifiuti delle operazioni di smaltatura, contenenti metalli pesanti
101309*	rifiuti della fabbricazione di cemento-amianto, contenenti amianto
101312*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi, contenenti sostanze pericolose
101401*	rifiuti prodotti dalla depurazione dei fumi, contenenti mercurio
110108*	fanghi di fosfatazione
110109*	fanghi e residui di filtrazione, contenenti sostanze pericolose
110113*	rifiuti di sgrassaggio contenenti sostanze pericolose
110115*	eluati e fanghi di sistemi a membrana o sistemi a scambio ionico, contenenti sostanze pericolose
110116*	resine a scambio ionico saturate o esaurite
110198*	altri rifiuti contenenti sostanze pericolose
110202*	rifiuti da processi idrometallurgici dello zinco (compresi jarosite, goethite)
110205*	rifiuti da processi idrometallurgici del rame, contenenti sostanze pericolose
110207*	altri rifiuti contenenti sostanze pericolose
110301*	rifiuti contenenti cianuro
110302*	altri rifiuti
110503*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi
110504*	fondente esaurito
120114*	fanghi di lavorazione, contenenti sostanze pericolose
120116*	Residui di materiale di sabbiatura, contenente sostanze pericolose
120118*	fanghi metallici (fanghi di rettifica, affilatura e lappatura) contenenti olio
120120*	corpi d'utensile e materiali di rettifica esauriti, contenenti sostanze pericolose

120302*	rifiuti prodotti da processi di sgrassatura a vapore
130501*	rifiuti solidi delle camere a sabbia e di prodotti di separazione olio/acqua
130502*	fanghi di prodotti di separazione olio/acqua
130503*	fanghi da collettori
130508*	miscugli di rifiuti prodotti da camere a sabbia e separatori olio/acqua
130801*	fanghi e emulsioni da processi di dissalazione
140604*	fanghi o rifiuti solidi, contenenti solventi alogenati
140605*	fanghi o rifiuti solidi, contenenti altri solventi
150110*	imballaggi contenenti residui di sostanze pericolose o contaminati da tali sostanze
150111*	imballaggi metallici contenenti matrici solide porose pericolose (ad esempio amianto), compresi i contenitori a pressione vuoti
150202*	assorbenti, materiali filtranti (inclusi filtri dell'olio non specificati altrimenti), stracci e indumenti protettivi, contaminati da sostanze pericolose
160104*	veicoli fuori uso
160107*	filtri dell'olio
160108*	componenti contenenti mercurio
160109*	componenti contenenti PCB
160111*	pastiglie per freni, contenenti amianto
160121*	componenti pericolosi diversi da quelli di cui alle voci da 16 01 07 a 16 01 11, 16 01 13 e 16 01 14
160210*	apparecchiature fuori uso contenenti PCB o da essi contaminate, diverse da quelle di cui alla voce 16 02 09
160212*	apparecchiature fuori uso, contenenti amianto in fibre libere
160213*	apparecchiature fuori uso, contenenti componenti pericolosi diversi da quelli di cui alle voci 160209 e 1602 12
160215*	componenti pericolosi rimossi da apparecchiature fuori uso
160303*	rifiuti inorganici, contenenti sostanze pericolose
160305*	rifiuti organici, contenenti sostanze pericolose
160507*	sostanze chimiche inorganiche di scarto contenenti o costituite da sostanze pericolose
160508*	sostanze chimiche organiche di scarto contenenti o costituite da sostanze pericolose
160601*	batterie al piombo
160602*	batterie al nichel-cadmio
160603*	batterie contenenti mercurio
160708*	rifiuti contenenti oli
160709*	rifiuti contenenti altre sostanze pericolose

160802*	catalizzatori esauriti contenenti metalli di transizione pericolosi o composti di metalli di transizione pericolosi	
160805*	catalizzatori esauriti contenenti acido fosforico	
160807*	catalizzatori esauriti contaminati da sostanze pericolose	
160902*	cromati, ad esempio cromato di potassio, dicromato di potassio o di sodio	
161101*	rivestimenti e materiali refrattari a base di carbone provenienti dalle lavorazioni metallurgiche, contenenti sostanze pericolose	
161103*	altri rivestimenti e materiali refrattari provenienti da processi metallurgici, contenenti sostanze pericolose	
161105*	rivestimenti e materiali refrattari provenienti da lavorazioni non metallurgiche, contenenti sostanze pericolose	
170106*	miscugli o frazioni separate di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, contenenti sostanze pericolose	
170204*	vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati	
170301*	miscele bituminose contenenti catrame di carbone	
170303*	catrame di carbone e prodotti contenenti catrame	
170409*	rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose	
170410*	cavi, impregnati di olio, di catrame di carbone o di altre sostanze pericolose	
170503*	terra e rocce, contenenti sostanze pericolose	
170505*	materiale di dragaggio, contenente sostanze pericolose	
170507*	pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose	<p>Tale rifiuto potrà essere smaltito in forma sfusa, nel rispetto della normativa vigente in materia di amianto e delle prescrizioni di seguito riportate:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il rifiuto dovrà essere scaricato direttamente in discarica senza effettuare un deposito preliminare o movimentazione all'interno del perimetro della stessa, comprese le aree di servizio, ad esclusione delle procedure di accettazione e controllo dei rifiuti in ingresso.</li> <li>- le operazioni di smaltimento del suddetto rifiuto in discarica dovranno essere effettuate in modo da evitare qualsivoglia fenomeno di dispersione di polveri</li> <li>- il rifiuto smaltito in discarica dovrà essere immediatamente dopo lo scarico coperto con altro materiale.</li> </ul>
170601*	materiali isolanti contenenti amianto	
170603*	altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose	
170605*	materiali da costruzione contenenti amianto	

170801*	materiali da costruzione a base di gesso contaminati da sostanze pericolose
170901*	rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti mercurio
170902*	rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti PCB (ad esempio sigillanti contenenti PCB, pavimentazioni a base di resina contenenti PCB, elementi stagni in vetro contenenti PCB, condensatori contenenti PCB)
170903*	altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (compresi rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose
180103*	rifiuti che devono essere raccolti e smaltiti applicando precauzioni particolari per evitare infezioni
180106*	sostanze chimiche pericolose o contenenti sostanze pericolose
190105*	residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi
190107*	rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi
190110*	carbone attivo esaurito prodotto dal trattamento dei fumi
190111*	ceneri pesanti e scorie, contenenti sostanze pericolose
190113*	ceneri leggere, contenenti sostanze pericolose
190115*	ceneri di caldaia, contenenti sostanze pericolose
190117*	rifiuti della pirolisi, contenenti sostanze pericolose
190204*	rifiuti premiscelati contenenti almeno un rifiuto pericoloso
190205*	fanghi prodotti da trattamenti chimico-fisici, contenenti sostanze pericolose
190304*	rifiuti contrassegnati come pericolosi, parzialmente stabilizzati diversi da quelli di cui al punto 190308 (mercurio parzialmente stabilizzato)
190306*	rifiuti contrassegnati come pericolosi, solidificati
190402*	ceneri leggere ed altri rifiuti dal trattamento dei fumi
190403*	fase solida non vetrificata
190806*	resine a scambio ionico saturate o esaurite
190807*	soluzioni e fanghi di rigenerazione degli scambiatori di ioni
190808*	rifiuti prodotti da sistemi a membrana, contenenti sostanze pericolose
190811*	fanghi prodotti dal trattamento biologico delle acque reflue industriali, contenenti sostanze pericolose
190813*	fanghi contenenti sostanze pericolose prodotti da altri trattamenti di acque reflue industriali
191101*	filtri di argilla esauriti
191102*	catrami acidi
191105*	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, contenenti sostanze pericolose
191107*	rifiuti prodotti dalla depurazione di fumi
191206*	legno contenente sostanze pericolose

191211*	altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti dal trattamento meccanico di rifiuti, contenenti sostanze pericolose
191301*	rifiuti solidi prodotti da operazioni di bonifica di terreni, contenenti sostanze pericolose
191303*	fanghi prodotti dalle operazioni di bonifica di terreni, contenenti sostanze pericolose
191305*	fanghi prodotti dalle operazioni di risanamento delle acque di falda, contenenti sostanze pericolose
191307*	rifiuti liquidi acquosi e rifiuti concentrati acquosi prodotti dalle operazioni di risanamento delle acque di falda, contenenti sostanze pericolose
200115*	sostanze alcaline
200121*	tubi fluorescenti ed altri rifiuti contenenti mercurio
200133*	batterie e accumulatori di cui alle voci 160601, 160602 e 160603 nonché batterie e accumulatori non suddivisi contenenti tali batterie
200135*	apparecchiature elettriche ed elettroniche fuori uso, diverse da quelle di cui alla voce 20 01 21 e 20 01 23, contenenti componenti pericolosi
200137*	legno contenente sostanze pericolose

### Rifiuti speciali non pericolosi

CER	Descrizione
010306	sterili diversi da quelli di cui alle voci 010304 e 010305
060503	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 060502
070212	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 070211
100305	rifiuti di allumina
100912	altri particolati diversi da quelli di cui alla voce 100911
101114	fanghi provenienti dalla lucidatura e dalla macinazione del vetro, diversi da quelli di cui alla voce 101113
101311	rifiuti della produzione di materiali compositi a base di cemento, diversi da quelli di cui alle voci 101309 e 101310
110110	fanghi e residui di filtrazione, diversi da quelli di cui alla voce 110109
120103	limatura, scaglie e polveri di metalli non ferrosi
120121	corpi d'utensile e materiali di rettifica esauriti, diversi da quelli di cui alla voce 120120
150203	assorbenti, materiali filtranti, stracci e indumenti protettivi, diversi da quelli di cui alla voce 150202
160306	rifiuti organici, diversi da quelli di cui alla voce 160305
160509	sostanze chimiche di scarto diverse da quelle di cui alle voci 160506, 160507 e 160508
160604	batterie alcaline (tranne 160603)
160605	altre batterie e accumulatori
161104	altri rivestimenti e materiali refrattari provenienti da processi metallurgici, diversi da quelli di cui alla voce 161103

170504	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 170503
170508	pietrisco per massicciate ferroviarie, diverso da quello di cui alla voce 170508
190305	rifiuti stabilizzati diversi da quelli di cui alla voce 190304
190814	fanghi prodotti da altri trattamenti di acque reflue industriali, diversi da quelli di cui alla voce 190813
191302	rifiuti solidi prodotti da operazioni di bonifica di terreni, diversi da quelli di cui alla voce 191301
200134	batterie e accumulatori, diversi da quelli di cui alla voce 200133

## Allegato 2

Analisi per anno e rifiuti conferiti nell'area di interesse

All'interno di tale allegato si riportano i valori di concentrazione misurati all'interno del gas di scarica. Per gli anni dal 2016 al 2012 è stato effettuato un confronto tra le misurazioni ricavate sui differenti tubi di sfiato del gas e i rifiuti conferiti nel suddetto anno. Per l'individuazione dei rifiuti conferiti è stata ristretta la ricerca all'interno di aree vicine al tubo di sfiato. È possibile notare, grazie a tale confronto, la corrispondenza tra emissioni e presenza di rifiuti denominati dalla classificazione CER con il codice 19.03.04\*.

All'interno della *Tabella 1* con l'acronimo TSF si desidera identificare il tubo di sfiato. La numerazione dei tubi deriva dalla planimetria (mostrate in *Figura 6.4* e *Figura 6.5*), grazie alla quale è anche stato possibile identificare l'area di lotto di interesse.

Tabella 1 - Confronto nello storico di emissioni e rifiuti conferiti

2016

Lotto 3		TSF 3.1	TSF 3.2	TSF 3.3	TSF 3.4	TSF 3.5	U.M
giu-16	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	0,42	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	0,10	1,16	0,12	mg/m <sup>3</sup>
dic-16	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	0,09	0,13	mg/m <sup>3</sup>

Tubo	Lotto	Mesi	Rifiuti							
3.1	T.2.E	-								
3.2	T.5.D	apr, mag, giu	100323*	100401*	161103*	170503*	170507*	170603*	170605*	170903*
3.3	T.2.B	mar						170603*		
3.4	T.8.B	gen, feb, mar, apr	100323*	100401*		170503*	170507*	170603*	170605*	170903*
3.5	T.8.F	apr		100401*		170503*	170507*	170603*	170605*	

Mesi	Rifiuti			
-				
apr, mag, giu	190111*	190304*	191211*	191301*
mar				
gen, feb, mar, apr	190111*	190304*		
apr		190304*		

<b>Lotto 4</b>		TSF 4.1	TSF 4.2	TSF 4.3	TSF 4.4	TSF 4.5	U.M
giu-16	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
dic-16	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>

<b>Tubo</b>	<b>Lotto</b>	<b>Mesi</b>	<b>Rifiuti</b>							
4.1	T1.2/B	nov, dic	060502*	100401*	161105*	170503*	170507*	170603*	170605*	
4.2	T1.3/D	-								
4.3	T2.1/B- T2.2/B	ott, nov, dic	060502*	100401*		170503*	170507*	170603*	170605*	170903*
4.4	T3.2/D	-								
4.5	T4.1/B	-								

<b>Mesi</b>	<b>Rifiuti</b>	
nov, dic	<b>190304*</b>	191211*
-		
ott, nov, dic	<b>190304*</b>	191211*
-		
-		

2015

Lotto 3		TSF 3.1	TSF 3.2	TSF 3.3	TSF 3.4	TSF 3.5	U.M
giu-15	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	2,61	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	0,90	8,30	1,82	mg/m <sup>3</sup>
dic-15	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	0,09	0,13	mg/m <sup>3</sup>

Tubo	Lotto	Mesi	Rifiuti							
3.1	T.2.E	-								
3.2	T.5.D	-								
3.3	T.2.B	apr, mag, giu, ott	060502*	100401*		170503*	170507*	170601*	170603*	170605*
3.4	T.8.B	dic		100401*		170503*	170507*		170603*	170605*
3.5	T.8.F	giu, lug, set, ott	060502*	100401*	160111*	170503*	170507*	170601*	170603*	170605*

Mesi	Rifiuti	
-		
-		
apr, mag, giu, ott	190304*	
dic	190304*	191301*
giu, lug, set, ott	190304*	191301*

<b>Lotto 4</b>		TSF 4.1	TSF 4.2	TSF 4.3	TSF 4.4	TSF 4.5	U.M
giu-15	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	0,38	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
dic-15	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>

<b>Tubo</b>	<b>Lotto</b>	<b>Mesi</b>	<b>Rifiuti</b>							
4.1	T1.2/B	-								
4.2	T1.3/D	-								
4.3	T2.1/B- T2.2/B	gen, feb, mar	060502*	100401*	150202*		170503*	170507*	170601*	170603*
4.4	T3.2/D	gen	060502*	100401*		160215*				
4.5	T4.1/B	gen								170603*

<b>Mesi</b>	<b>Rifiuti</b>	
-		
-		
gen, feb, mar	170605*	<b>190304*</b>
gen		<b>190304*</b>
gen		<b>190304*</b>

2014

Lotto 4		TSF 4.1	TSF 4.2	TSF 4.3	TSF 4.4	TSF 4.5	U.M
giu-14	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	0,12	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
dic-14	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	0,1	<0,06	mg/m <sup>3</sup>

Tubo	Lotto	Mesi	Rifiuti							
4.1	T1.2/B	giu, ago	060502*		100401*	101309*			170507*	170601*
4.2	T1.3/D	-								
4.3	T2.1/B- T2.2/B	gen, giu, ago, nov	060502*	100211*	100401*	101309*		170503*	170507*	170601*
4.4	T3.2/D	set			100401*					170601*
4.5	T4.1/B	feb, mag, lug, nov, dic	060502*	100211*	100401*		160215*	170503*	170507*	

Mesi	Rifiuti			
giu, ago	170603*	170605*		190304*
-				
gen, giu, ago, nov	170603*	170605*		190304*
set				190304*
feb, mag, lug, nov, dic	170603*	170605*	170903*	190304*

2013

<b>Lotto 4</b>		TSF 4.1	TSF 4.2	TSF 4.3	TSF 4.4	TSF 4.5	U.M
giu-13	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	0,83	2,23	0,37	0,36	0,06	mg/m <sup>3</sup>
dic-13	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	<0,06	<0,06	<0,06	0,09	<0,06	mg/m <sup>3</sup>

<b>Tubo</b>	<b>Lotto</b>	<b>Mesi</b>	<b>Rifiuti</b>							
4.1	T1.2/B	-								
4.2	T1.3/D	set, ott, nov	060502*	100401*	160215*			170503*		170507*
4.3	T2.1/B- T2.2/B	-								
4.4	T3.2/D	gen, feb, mag, giu, lug, ago	060502*	100401*			161103*	170503*	170504	170507*
4.5	T4.1/B	gen, feb, mar, apr, mag, lug	060502*	100401*		160303*	161103*	170503*	170504	170507*

<b>Mesi</b>	<b>Rifiuti</b>						
-							
set, ot, nov	170601*	170603*	170605*		190304*		
-							
gen, feb, mag, giu, lug, ago	170601*	170603*	170605*		190304*		200121*
gen, feb, mar, apr, mag, lug	170601*	170603*	170605*	170903*	190304*	191301*	

2012

<b>Lotto 4</b>		TSF 4.1	TSF 4.2	TSF 4.3	TSF 4.4	TSF 4.5	U.M
giu-12	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	0,52	1,64	0,23	0,54	0,65	mg/m <sup>3</sup>
dic-12	1,2-Dicloro Etano	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	mg/m <sup>3</sup>
	1,2-Dicloro Propano	0,21	1,37	<0,06	1,21	0,42	mg/m <sup>3</sup>

<b>Tubo</b>	<b>Lotto</b>	<b>Mesi</b>	<b>Rifiuti</b>							
4.1	T1.2/B	-								
4.2	T1.3/D	-								
4.3	T2.1/B- T2.2/B	-								
4.4	T3.2/D	giu, set, ott, dic	060502*	100401*	160303*	170503*	170507*	170601*	170603*	170605*
4.5	T4.1/B	gen, feb, mar, apr, mag, giu, lug, ago, ott, nov, dic	060502*	100401*	160303*	170503*	170507*	170601*	170603*	170605*

<b>Mesi</b>	<b>Rifiuti</b>			
-				
-				
-				
giu, set, ott, dic	190304*	191211*		
gen, feb, mar, apr, mag, giu, lug, ago, ott, nov, dic	190304*	191211*	191301*	200121*

## Ringraziamenti

Un primo ringraziamento doveroso va a alla discarica Barricalla S.p.A., senza la quale questo lavoro non sarebbe stato possibile. In particolare, desidero ringraziare l'ingegnere Pasquale Luciani per la possibilità concessa e l'ingegnere Maurizio Demaio per la gentilezza mostrata lungo tutto il percorso, per le risposte sempre pronte ed esaurienti e la disponibilità a inviare ogni dato che mi sembrasse utile per comprendere le cose più differenti. Desidero ringraziare altresì la professoressa Mariachiara Zanetti per gli insegnamenti e le indicazioni sulla strada da seguire per il lavoro di tesi. Un ringraziamento particolare va all'ingegnere Marco Ravina per tutto il tempo che mi ha dedicato, per la sua disponibilità a chiarire ogni mio dubbio e a colmare le mie lacune in materia.