

**COMUNE DI ALESSANDRIA**

**CAVA LA BOLLA – SPINETTA MARENGO  
DISCARICA PER PIETRISCO  
FERROVIARIO CONTENENTE AMIANTO**

**RELAZIONE CALCOLO IDROGEOLOGICO**

**SILPDUE S.R.L.**



**SILPDUE S.R.L.**



**CAVA LA BOLLA – SPINETTA MARENGO (AL)**

**DISCARICA PER PIETRISCO FERROVIARIO CONTENENTE AMIANTO**

**RELAZIONE CALCOLO IDROGEOLOGICO**

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE DALL'ING. GIOVANNI FERRO  
ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI SAVONA N. 637

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE DALL'ING. FRANCESCO PESCE  
ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA N. 9567A

Doc. N. A23-008/ R33-1  
3 Aprile 2025

**INDICE**

|  |   |
|--|---|
| 1.0 – INTRODUZIONE .....                                     | 2 |
| 2.0 – LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA ..... | 3 |
| 3.0 – PIOGGIA DI PROGETTO .....                              | 4 |
| 4.0 – VERIFICHE .....  | 5 |
| 4.1 – Fase di Costruzione della Discarica .....              | 5 |
| 4.1.1 – Lotti I-II-III-IV-V-VI .....                         | 6 |
| 4.1.2 – Lotto VII.....                                       | 7 |
| 4.1.3 – Lotto VIII .....                                     | 7 |
| 4.2 – Fase post Operativa .....                              | 8 |

## 1.0 – INTRODUZIONE

Nella presente relazione sono riportati i calcoli di natura idrologica per l'individuazione delle portate di progetto e le verifiche effettuate. A tal fine il presente documento è articolato come segue:

- linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (Capitolo 2.0);
- individuazione della pioggia di progetto (Capitolo 3.0);
- verifiche (Capitolo 4.0).

## 2.0 – LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Nell'“Atlante delle Piogge Intense” disponibile alla consultazione pubblica sul sito di ARPA Piemonte<sup>1</sup> sono disponibili i dati relativi alle curve di possibilità pluviometrica per l'intera superficie del Piemonte.

Per l'areale della Cava Bolla si è selezionata la cella individuata dalle coordinate latitudine 4969459.95 e longitudine 472405.45 e si sono selezionate le altezze di pioggia calcolate e mediante distribuzione di Gumbel<sup>2</sup>. Tali altezze sono riportate nella seguente Tabella 1 in funzione di tempo di ritorno (anni) e durata dell'evento meteorico.

| T         | 2    | 5    | 10    | 20    | 50    | 100   | 200   |
|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10 minuti | 16,2 | 24,2 | 29,4  | 34,5  | 41,1  | 46    | 50,9  |
| 20 minuti | 19,8 | 29,6 | 36    | 42,2  | 50,2  | 56,2  | 62,2  |
| 30 minuti | 22,2 | 33,1 | 40,4  | 47,3  | 56,3  | 63    | 69,7  |
| 1 ora     | 26,9 | 40,1 | 48,9  | 57,3  | 68,2  | 76,3  | 84,4  |
| 3 ore     | 36,3 | 54,2 | 66    | 77,4  | 92,1  | 103,1 | 114,1 |
| 6 ore     | 43,9 | 65,5 | 79,8  | 93,5  | 111,3 | 124,6 | 137,9 |
| 12 ore    | 53,1 | 79,2 | 96,5  | 113,1 | 134,6 | 150,6 | 166,7 |
| 24 ore    | 64,2 | 95,7 | 116,7 | 136,7 | 162,7 | 182,1 | 201,5 |

*Tabella 1: LSPP distribuzione Gumbel (altezze in millimetri)*

<sup>1</sup> <https://webgis.arpa.piemonte.it>

<sup>2</sup> [https://webgis.arpa.piemonte.it/atlane\\_pioggia\\_webapp/grafici\\_new/index\\_gum.php?NUMCODICE=245932](https://webgis.arpa.piemonte.it/atlane_pioggia_webapp/grafici_new/index_gum.php?NUMCODICE=245932)

### 3.0 – PIOGGIA DI PROGETTO

Il D. Lgs. 36/2003 al Punto 2.3 dell'Allegato 1 (richiamato all'articolo 7-quinquies) “Criteri Costruttivi e Gestionali degli Impianti di Discarica” impone di considerare, come pioggia di progetto per il dimensionamento delle reti di raccolta del percolato e delle acque meteoriche, la pioggia avente tempo di ritorno pari a 10 anni incrementata del 30%.

Nella seguente Tabella 2 sono riportate le altezze di pioggia con tempo di ritorno 10 anni associate alle varie durate di precipitazione ed incrementate del 30%, calcolate a partire dai valori in Tabella 1.

| T         | 10    |
|-----------|-------|
| 10 minuti | 38,2  |
| 20 minuti | 46,8  |
| 30 minuti | 52,5  |
| 1 ora     | 63,6  |
| 3 ore     | 85,8  |
| 6 ore     | 103,7 |
| 12 ore    | 125,5 |
| 24 ore    | 151,7 |

*Tabella 2: altezze di pioggia con T=10 anni ed incrementate del 30% (altezze in millimetri)*

## 4.0 – VERIFICHE

Nel presente capitolo sono riportate le verifiche effettuate per dimostrare l'idoneità delle opere di progetto. Nello specifico, sono riportate le verifiche dell'idoneità dell'impianto di trattamento e della vasca di raccolta del percolato in fase di costruzione della discarica (Paragrafo 4.1) e, nella fase post operativa, del calcolo delle portate che risulterà necessario smaltire e della verifica dell'adeguatezza della rete di smaltimento delle acque meteoriche e del sistema di collettamento del percolato (Paragrafo 4.2).

### 4.1 – FASE DI COSTRUZIONE DELLA DISCARICA

Come riportato nella “Relazione Tecnica Illustrativa” (Doc. N. A23-008/R03-1), in fase di costruzione della discarica, per i Lotti da I a VI, il percolato (inteso qui e nel seguito come le acque meteoriche entrate in contatto con i rifiuti<sup>3</sup> che, di per sé, non sono in grado di generare percolato) sarà raccolto dal Lotto in coltivazione (sarà coltivato un Lotto per volta) e convogliato nella vasca di raccolta del percolato, con capacità di invaso massima di circa 8.000 metri cubi. Durante la realizzazione del Lotto VII tale vasca sarà ridotta a circa 3.000 metri cubi di capacità di invaso massimo<sup>4</sup>. Per la coltivazione del solo Lotto VIII, il percolato sarà inviato direttamente alla stazione di sollevamento in testa all'impianto ed ai relativi serbatoi di polmonazione.

La verifica (eccetto per il Lotto VIII) è effettuata calcolando il volume di invaso necessario per contenere il percolato che si produrrebbe con le altezze di pioggia riportate in Tabella 2, ossia, coerentemente con il disposto normativo del D. Lgs. 36/2003.

Il volume di pioggia per assegnato tempo di ritorno e durata di precipitazione  $V(T,d)$  è calcolato come segue:

$$V(T, d) = \varphi \cdot h(T, d) \cdot S$$

dove  $\varphi$  è il fattore di ruscellamento,  $h(T,d)$  è l'altezza di pioggia per tempo di ritorno “T” e durata “d”, “S” è la superficie su cui insiste la precipitazione.

La portata oraria di percolato  $Q(T,d)$  è calcolata come:

$$Q(T, d) = V(T, d) / d$$

Il fabbisogno di volume di invaso  $V_{inv}$  per l'evento con tempo di ritorno “T” e durata “d” è calcolato come:

$$V_{inv}(T, d) = Q(T, d) \cdot d - V_{imp}$$

---

<sup>3</sup> Pietrisco ferroviario contenente amianto.

<sup>4</sup> L'invaso massimo corrisponde ad un livello di percolato apri ad un metro all'interno della vasca.

dove  $V_{imp}$  è il volume di percolato inviato all'impianto di trattamento nel lasso di tempo intercorso dall'inizio dell'evento meteorico e può essere espresso come:

$$V_{imp} = Q_{tratt} \cdot d$$

dove  $Q_{tratt}$  è la potenzialità totale di trattamento dell'impianto, dotato di N. 2 linee di potenzialità, ciascuna, pari a 50 metri cubi per ora (si trascura, in questo calcolo, ogni capacità di "buffer" associata alla presenza di N. 3 serbatoi da 200 metri cubi, nonché della stazione di sollevamento, posti in testa all'impianto di trattamento). Qualora la capacità di trattamento dell'impianto superi l'apporto meteorico, il calcolo restituisce un valore negativo, che implica che il volume di invaso non sarebbe, a rigori, necessario.

Dal volume di invaso è immediato calcolare la superficie necessaria per creare l'invaso stesso  $A_{inv}(T, d)$ , una volta sia fissata l'altezza di invaso  $z_v$ , come dalla seguente relazione

$$A_{inv}(T, d) = V_{inv}(T, d) / z_v$$

#### 4.1.1 – LOTTI I-II-III-IV-V-VI

La verifica è effettuata considerando il Lotto di estensione maggiore, poiché tale caso, chiaramente, involupa i restanti. Il Lotto di superficie maggiore è il Lotto II, che si estende per circa 30.410 metri quadrati (approssimati per eccesso).

Con scelta molto cautelativa sia assume che l'intera pioggia si trasformi in portata ruscellante (ossia, è assunto  $\varphi = 1$ ) e che l'altezza d'invaso nella vasca di raccolta e rilancio del percolato sia pari a soli 0,5 metri (ossia, pari a metà dell'altezza massima di invaso).

Nella seguente Tabella 3 sono riepilogati i calcoli effettuati a partire dalle altezze di pioggia in Tabella 2 che, si ricorda, sono calcolate per tempo di ritorno pari a 10 anni ed incrementate del 30%.

| d     | $h(10, d)$ | $V(10, d)$ | $Q(10, d)$ | $V_{inv}(10, d)$ | $A_{inv}(10, d)$ |
|-------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| [ore] | [mm]       | [mc]       | [mc/hr]    | [mc]             | [mq]             |
| 0,5   | 52,5       | 1.596      | 3.193      | 1.546            | 3.093            |
| 1     | 63,6       | 1.934      | 1.934      | 1.834            | 3.668            |
| 3     | 85,8       | 2.609      | 870        | 2.309            | 4.618            |
| 6     | 103,7      | 3.153      | 526        | 2.553            | 5.107            |
| 12    | 125,5      | 3.816      | 318        | 2.616            | 5.232            |
| 24    | 151,7      | 4.613      | 192        | 2.213            | 4.426            |

*Tabella 3: calcolo di volume e superficie di invaso (Lotto II)*

Dall'esame di Tabella 3 emerge chiaramente che il fabbisogno massimo di invaso risulta, nel caso più sfavorito, pari a circa 2.600 metri cubi che, nelle ipotesi pur molto cautelative del calcolo, corrispondono a circa 5.200 metri quadrati di superficie di invaso. Dal momento che la vasca di raccolta del percolato di progetto ha una superficie di 8.000 metri quadrati ed una



capacità di invaso fino a 8.000 metri cubi, risulta chiaro che tale vasca è ampiamente idonea a raccogliere e contenere il percolato durante la coltivazione dei Lotti da I a VI incluso.

#### 4.1.2 – LOTTO VII

La verifica è effettuata considerando che durante la coltivazione di tale Lotto la superficie della vasca di raccolta e rilancio del percolato sarà pari a 3.000 metri quadrati, con una capacità di invaso massimo pari a circa 3.000 metri cubi.

La superficie del Lotto VII è pari a circa 5.400 metri quadrati (arrotondati per eccesso). I risultati del calcolo, effettuato in maniera analoga a quella precedente e lasciando tutti gli altri parametri invariati, sono riportati nella seguente Tabella 4.

| d     | $h(10, d)$ | $V(10, d)$ | $Q(10, d)$ | $V_{inv}(10, d)$ | $A_{inv}(10, d)$ |
|-------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| [ore] | [mm]       | [mc]       | [mc/hr]    | [mc]             | [mq]             |
| 0,5   | 52,5       | 282        | 565        | 232              | 465              |
| 1     | 63,6       | 342        | 342        | 242              | 484              |
| 3     | 85,8       | 461        | 154        | 161              | 323              |
| 6     | 103,7      | 558        | 93         | <0               | -                |
| 12    | 125,5      | 675        | 56         | <0               | -                |
| 24    | 151,7      | 816        | 34         | <0               | -                |

Tabella 4: calcolo di volume e superficie di invaso (Lotto VII)

L'esame di Tabella 4 mostra che la capacità di invaso della vasca di raccolta del percolato (circa 3.000 meri cubi) è certamente idonea a contenere, con larghissimo margine, il percolato prodotto durante gli eventi meteorici.

#### 4.1.3 – LOTTO VIII

La superficie del Lotto VIII ammonta a circa 4.800 metri quadrati (approssimati per eccesso). I risultati del calcolo, effettuato in maniera analoga a quella precedente e lasciando tutti gli altri parametri invariati, sono riportati nella seguente Tabella 5. Si precisa che in questo calcolo, non essendo più materialmente presente la vasca di raccolta del percolato, non si è determinata l'area di invaso, ma solo il fabbisogno di volume di invaso.

| d     | $h(10, d)$ | $V(10, d)$ | $Q(10, d)$ | $V_{inv}(10, d)$ |
|-------|------------|------------|------------|------------------|
| [ore] | [mm]       | [mc]       | [mc/hr]    | [mc]             |
| 0,5   | 52,5       | 252        | 504        | 202              |
| 1     | 63,6       | 305        | 305        | 205              |
| 3     | 85,8       | 412        | 137        | 112              |
| 6     | 103,7      | 498        | 83         | <0               |
| 12    | 125,5      | 602        | 50         | <0               |
| 24    | 151,7      | 728        | 30         | <0               |

Tabella 5: calcolo di volume e superficie di invaso (Lotto VIII)

Come chiaramente riportato in Tabella 5, Il volume massimo di invaso necessario per il percolato del Lotto VIII è dell'ordine di 200 metri cubi. Appare dunque evidente che la batteria di N. 3 serbatoi di polmonazione da 200 metri cubi l'uno in testa all'impianto di trattamento acque è ampiamente idoneo al contenimento del percolato prodotto durante la coltivazione del Lotto VIII.

#### 4.2 – FASE POST OPERATIVA

Nel presente paragrafo sono calcolate le portate di progetto che la rete delle acque meteoriche dovrà smaltire nella configurazione della discarica nella fase post-operativa. La verifica dell'idoneità della rete di drenaggio delle acque meteoriche (costituita da canale poste sul perimetro della discarica, pozzetti e N. 2 tubazioni di scarico nel bacino idrico) è effettuata nella relazione "Gestione Acque Meteoriche – Relazione Tecnica" (Doc. N. A23-008/R23-1) e negli elaborati in essa richiamati, a cui si rimanda, oltre che per le citate verifiche, anche per i dettagli costruttivi della rete di drenaggio delle acque meteoriche.

La discarica ha un'estensione pari a circa 128.500 metri quadrati e, evidentemente, costituisce, alla scala idrologica su cui avvengono le precipitazioni, un'area di dimensioni minime. Per questo motivo la pioggia critica (ossia la pioggia che ha durata pari al tempo di corrivazione del bacino) ha certamente durate dell'ordine di grandezza di un paio di decine di minuti. Per un'area così piccola non si ritiene applicabile il calcolo rigoroso del tempo di corrivazione, poiché le formule tipicamente impiegate nella pratica progettuale sono tarate per bacini decisamente più estesi.

Sulla base di valutazioni puramente empiriche, si assume che la durata critica per la pioggia possa essere pari a 20 minuti, che coincide con la durata tipica di uno scroscio molto intenso, ossia, il tipo di precipitazione che manda più facilmente in crisi aree dalle dimensioni ridotte, come quella in esame.

Alla luce di quanto sopra e sulla base di quanto riportato in Tabella 2, si è presa a riferimento l'altezza di pioggia associata alla durata di 20 minuti e si è ipotizzato che l'intera pioggia di progetto cada in maniera omogenea in 15 minuti (assunzione ulteriormente cautelativa).

L'intensità di pioggia, operando le opportune conversioni dimensionali, risulta pari a:

$$i = h/d = 47\text{mm}/15\text{min} \cong 5,22 \cdot 10^{-5}\text{m/s}$$

Il drenaggio della discarica avverrà secondo lo schema riportato nella seguente Figura 1, dove sono riportate le zone della discarica (indicate con numerazione da 1 a 10) drenate da ciascun tratto delle canale, il tracciato dei due rami di drenaggio (composto, il primo, dai tratti A-B-C-D e dai tratti E-F-G-H-I, il secondo) e dei N. 2 tubi di scarico nel bacino idrico (tratto L). Le zone di discarica sono individuate sulla base delle pendenze e le zone che formano una sella (zone 3 e 6) sono suddivise in parte "a" e parte "b", poiché recapitano in porzioni diverse della rete di drenaggio. Per ciascuna zona è anche riportata la superficie piana.

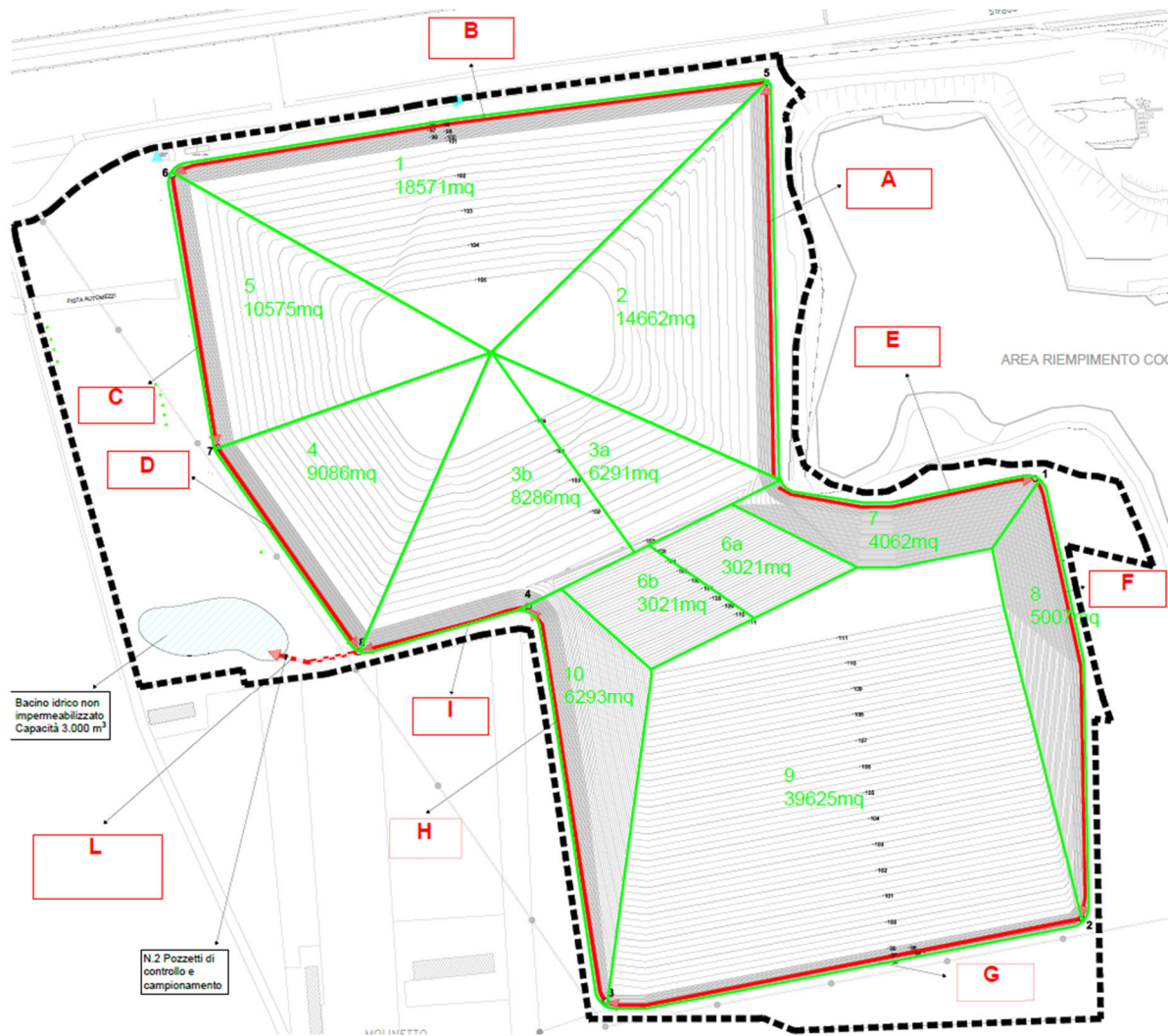


Figura 1: rete di drenaggio della discarica ed aree drenate

Il calcolo della portata generata da ciascuna delle zone della discarica è effettuato come segue:

$$Q_n = \varphi \cdot i \cdot S_n$$

Dove  $Q_n$  è la portata generata nella zona n-esima,  $\varphi$  è il coefficiente di ruscellamento,  $i$  è l'intensità di pioggia calcolata in precedenza e  $S_n$  è la superficie della zona n-esima. Poiché l'intera superficie della discarica sarà ricoperta da uno spessore di terreno compreso tra uno e tre metri (complessivi) e risulterà integralmente vegetata (zone a prato e zone a bosco, come riportato nel "Piano di Ripristino Ambientale" [Doc. N. A23/008-R14-1], a cui si rimanda), si assume un coefficiente di ruscellamento  $\varphi = 0,3$ .

Nella seguente Tabella 6 sono riepilogati i risultati dei calcoli delle portate generate in ciascuna delle zone di drenaggio.

| Zona         | $S_n$ [mq]    | $i$ [m/s] | $\varphi$ [-] | $Q_n$ [mc/s] |
|--------------|---------------|-----------|---------------|--------------|
| 1            | 18571         | 5,22E-05  | 0,3           | 0,29         |
| 2            | 14662         | 5,22E-05  | 0,3           | 0,23         |
| 3a           | 5064          | 5,22E-05  | 0,3           | 0,08         |
| 3b           | 9513          | 5,22E-05  | 0,3           | 0,15         |
| 4            | 9086          | 5,22E-05  | 0,3           | 0,14         |
| 5            | 10575         | 5,22E-05  | 0,3           | 0,17         |
| 6a           | 3021          | 5,22E-05  | 0,3           | 0,05         |
| 6b           | 3021          | 5,22E-05  | 0,3           | 0,05         |
| 7            | 4062          | 5,22E-05  | 0,3           | 0,06         |
| 8            | 5007          | 5,22E-05  | 0,3           | 0,08         |
| 9            | 39625         | 5,22E-05  | 0,3           | 0,62         |
| 10           | 6293          | 5,22E-05  | 0,3           | 0,10         |
| <b>A tot</b> | <b>128500</b> |           | <b>Q tot</b>  | <b>2,01</b>  |

Tabella 6: calcolo delle portate nelle zone di drenaggio

Il calcolo della portata di progetto di ciascuno dei tratti della rete delle acque meteoriche è di immediata esecuzione, a partire dai dati in Tabella 6, essendo nota la successione dei tratti nei due rami che costituiscono la rete di drenaggio delle acque meteoriche. Nella seguente Tabella 7 sono riepilogate le portate di progetto per ciascun tratto della rete di smaltimento delle acque meteoriche nella fase post operativa della discarica, con l'indicazione della zona di discarica drenata da ciascun tratto e del tratto di canale immediatamente a monte (che raccoglie tutte le acque drenate a monte del tratto considerato).

| Tratto | zone drenate e tratto di monte | Q [m/s] |
|--------|--------------------------------|---------|
| A      | 2+3a                           | 0,309   |
| B      | 1+A                            | 0,60    |
| C      | 5+B                            | 0,77    |
| D      | 4+C                            | 0,91    |
| E      | 7+6a                           | 0,11    |
| F      | 8+E                            | 0,19    |
| G      | 9+F                            | 0,81    |
| H      | 10+6b+G                        | 0,96    |
| I      | 3b+H                           | 1,11    |
| L      | D+I                            | 2,01    |

Tabella 7: portate di progetto per la rete di smaltimento delle acque meteoriche

Per la verifica dell'adeguatezza delle canale perimetrali di progetto per lo smaltimento delle portate di progetto sopra riportate si rimanda alla tabella di confronto riportata nella "Gestione Acque Meteoriche – Relazione Tecnica" (Doc. N. A23-008/R23-1).

Nella fase post operativa la produzione di percolato sarà pressoché nulla, poiché il rifiuto abbancato (pietrisko ferroviario contenente amianto) non è in grado di produrre percolato di per sé. L'unico percolato presente potrà, eventualmente, essere costituito dall'umidità residua dei rifiuti stessi. Ne consegue che le quantità di percolato per la fase post operativa saranno certamente di rilevanza trascurabile rispetto alla capacità di trattamento pari a 100 metri cubi per ora dell'impianto di trattamento acque ed alla capacità di polmonazione costituita da N. 3 serbatoi da 200 metri cubi intesta all'impianto stesso..