

1	GENERALITA' _____	2
2	ANALISI DELLA PIOVOSITÀ CRITICA _____	2
3	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE _____	11
	3.1 Impianto smaltimento _____	11
	3.2 Dimensionamento delle trincee drenanti _____	12
4	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO E DI SMALTIMENTO _____	13

## **1 GENERALITA'**

La presente relazione è relativa agli impianti per la raccolta, il trattamento e lo smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento ricadenti sul capping del bacino di discarica.

L'area interessata dalla discarica è di circa 12.140 mq e sull'abbancamento dei rifiuti è stato previsto un capping come meglio rappresentato negli elaborati di progetto.

Il capping sarà realizzato in modo tale da far confluire le acque meteoriche verso due canaline di raccolta perimetrali.

Il primo sistema è posto alla base della cava mentre l'altro sistema è quello a quota terreno.

Le acque raccolte dalle predette canaline, sono convogliate verso un impianto primario che garantisce un efficace trattamento di grigliatura, dissabbiatura e separazione dell'eventuale supergalleggiante.

Le acque trattate sono poi avviate ad un sistema di smaltimento costituito da due trincee drenanti:

- la prima realizzata nella parte superiore dell'area di discarica a quota p.c. è lunga circa 10 m;
- la seconda realizzata nella parte inferiore dell'area è lunga circa 40 m.

L'area interessata dalla discarica è di circa 12.500 mq sulla quale saranno realizzate le opere di impermeabilizzazione.

## **2 ANALISI DELLA PIOVOSITÀ CRITICA**

L'analisi della piovosità critica a livello di bacino è stata condotta determinando le curve di possibilità pluviometrica, considerando le procedure individuate dal CNR-GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) nell'ambito del progetto VAPI (Valutazione delle Piene) e contenute nel Rapporto Sintetico (Analisi regionale dei massimi annuali dette precipitazioni in Puglia centro-meridionale).

Facendo riferimento a quest'ultimo, l'analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno è stata effettuata per il territorio della Puglia centro-meridionale ad integrazione di quanto effettuato in Puglia settentrionale da Claps et al. (1994).

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). Per l'individuazione delle Regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in

grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

I risultati hanno evidenziato (Castorani e Iacobellis, 2001) per l'area esaminata la consistenza di zona unica di primo e secondo livello. L'intero territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale risulta quindi diviso, al primo e secondo livello, in due sottozone. La prima (Claps et al, 1994) comprende la Capitanata, il Sub-appennino dauno, il Gargano e l'Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia e la Penisola Salentina. L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione, oltre alle quattro zone omogenee in Claps et al. (1994), di altre due zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.

I dati pluviometrici utilizzati per le elaborazioni sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del Compartimento di Bari del S.I.M.N., le cui stazioni costituiscono una rete di misura con buona densità territoriale.

Le osservazioni pluviometriche interessano il periodo dal 1932 al 1994 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie. Si è potuto disporre di serie variabili da un minimo di 19 dati ad un massimo di 47 dati per un numero totale di stazioni pari a 66, appartenenti alla Puglia centro-meridionale.

L'analisi condotta sulle piogge giornaliere, consente di accogliere l'ipotesi che le 66 stazioni appartengano ad una zona unica, al primo livello, entro la quale si possono ritenere costanti i valori teorici dei parametri  $\Theta^*$  e  $\Lambda^*$ . La stima, ottenuta utilizzando la procedura iterativa standard (Claps et al 1994), ha fornito i seguenti risultati:

$$\Theta^* = 2.121$$

$$\Lambda^* = 0.351$$

Anche nella procedura operata al 2° livello di regionalizzazione, la verifica dell'ipotesi di unica zona omogenea ha condotto ad un risultato positivo con valore costante di  $\Lambda_1$ .

Di seguito, in Tabella 1, sono riepilogati i risultati ottenuti in tutta la regione.

Zona	$\Lambda^*$	$\Theta^*$	$\Lambda_1$
Puglia Settentrionale	0.772	2.351	44.63
Puglia Centro-meridionale	0.353	2.121	17.55

Tabella 1a. Parametri regionali TCEV di 1 e 2 livello.

<b>Zona</b>	<b>Ca</b>	<b><math>\sigma^2</math> (Ca)</b>	<b>Cv</b>	<b><math>\sigma^2</math> (Cv)</b>
Puglia Settentrionale	1.66	0.52	1.31	0.554
Puglia Centro-meridionale	1.31	0.50	0.45	0.007

**Tabella 1b. Asimmetria (Ca) e coefficiente di variazione (Cv) osservati.**

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV (CV e G), è utile rappresentare la legge  $F(X_t)$  della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata  $X_t$  come prodotto tra il suo valore medio  $\mu(X_t)$  ed una quantità  $K_{T,t}$ , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno  $T$  e della durata  $t$ , definito dal rapporto  $\mu$ :

$$K_{t,T} = X_{t,T}/\mu(X_t) \quad (1)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (1) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV.

La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile; infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria,  $Ca$ , e dei coefficienti di variazione,  $Cv$ , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. L'indipendenza dalla durata di  $K_{t,T}$  (nel seguito indicato con  $KT$ ), autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

In base ai valori regionali dei parametri  $\Theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda 1$ , si ottiene la curva di crescita per la zona della Puglia centro – meridionale riportata in Figura 10.

Il valore di  $K_T$  può essere calcolato in funzione di  $T$  attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita (Rossi e Villani, 1995):

$$K_T = a + b \ln T \quad (2)$$

in cui :

$$a = (\Theta^* \ln \Lambda^* + \ln \Lambda 1) / \eta; \quad b = \Theta^* / \eta$$

$$\eta = \ln \Lambda 1 + C - T_0$$

$C = 0.5772$  (costante di Eulero).

$$T_0 = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^i \cdot \lambda^i}{i!} \cdot \Gamma\left(\frac{i}{\theta_*}\right)$$

Nella Tabella 2 seguente sono riportati i valori dei parametri  $a$  e  $b$ , e i relativi valori  $\eta$  e  $T_0$ , che consentono di determinare nella forma (2) le leggi di crescita relative all'area in esame:

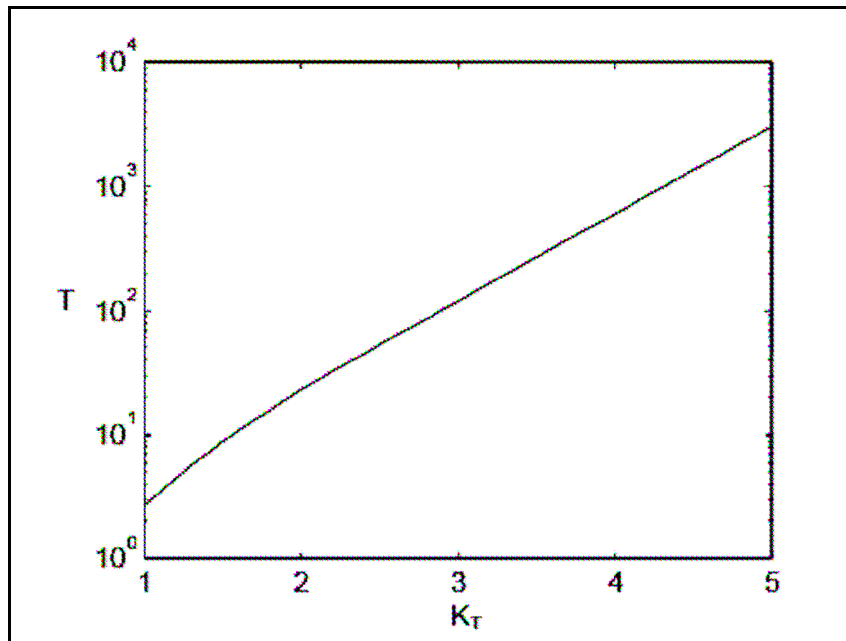


Figura 1. Curva di crescita per la Puglia centro – meridionale.

Zona omogenea	a	b	To	$\eta$
Puglia centro-meridionale	<b>0.1599</b>	<b>0.5166</b>	<b>0.6631</b>	<b>4.1053</b>

Tabella 2. Parametri dell'espressione asintotica (2).

Va tuttavia osservato che l'uso di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per  $T < 50$  anni e superiori al 5% per  $T < 100$  anni.

Per semplificare la valutazione del fattore di crescita, nella Tabella 3 sono riportati, i valori di  $KT$  relativi ai valori del periodo di ritorno più comunemente adottati nella pratica progettuale.

<b>T (anni)</b>	5	10	20	30	40	50	100	200	500	1000
<b>KT</b>	<b>1,26</b>	<b>1,53</b>	<b>1,82</b>	<b>2,00</b>	<b>2,13</b>	<b>2,23</b>	<b>2,57</b>	<b>2,90</b>	<b>3,38</b>	<b>3,73</b>

Tabella 3. Valori del coefficiente di crescita  $KT$  per la Puglia Centro-Meridionale.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio  $\mu(X_t)$  dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$  alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_t) = a t^n \quad (3)$$

essendo **a** ed **n** due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera  $\mu(Xg)$  e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori  $\mu(Xg)$  e le quote sul mare **h**:

$$\mu(Xg) = C h + D \quad (4)$$

in cui **C** e **D** sono parametri che dipendono dall'area omogenea.

Lo studio condotto nell'area centro-meridionale della Puglia, ha condotto alla individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota s.l.m. per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione. Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese-Murgia centrale, e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale.

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, viene generalizzata nella forma:

$$\mu(Xt) = at(C h + D + \log \alpha - \log a) / \log 24$$

in cui **a** è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di  $\mu(X1)$  relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea;  $\alpha = xg/x24$  è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche di pari 6 numerosità. Per la Puglia il valore del coefficiente  $\alpha$  è praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; **C** e **D** sono i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare.

Per le due zone individuate i valori dei parametri sono riportati in Tabella 4.

Zona	$\alpha$	a	C	D	N
5	0.89	28.2	0.0002	4.0837	-
6	0.89	33.7	0.0022	4.1223	

Tabella 4. Parametri delle curve di 3° livello.

Nelle Figure 3 e 4 sono rappresentate le curve di possibilità climatica, nelle due zone

omogenee (5 e 6) individuate dallo studio nell'area centro meridionale della regione (Figura 2).



Figura 2. Zone omogenee, 3° livello.

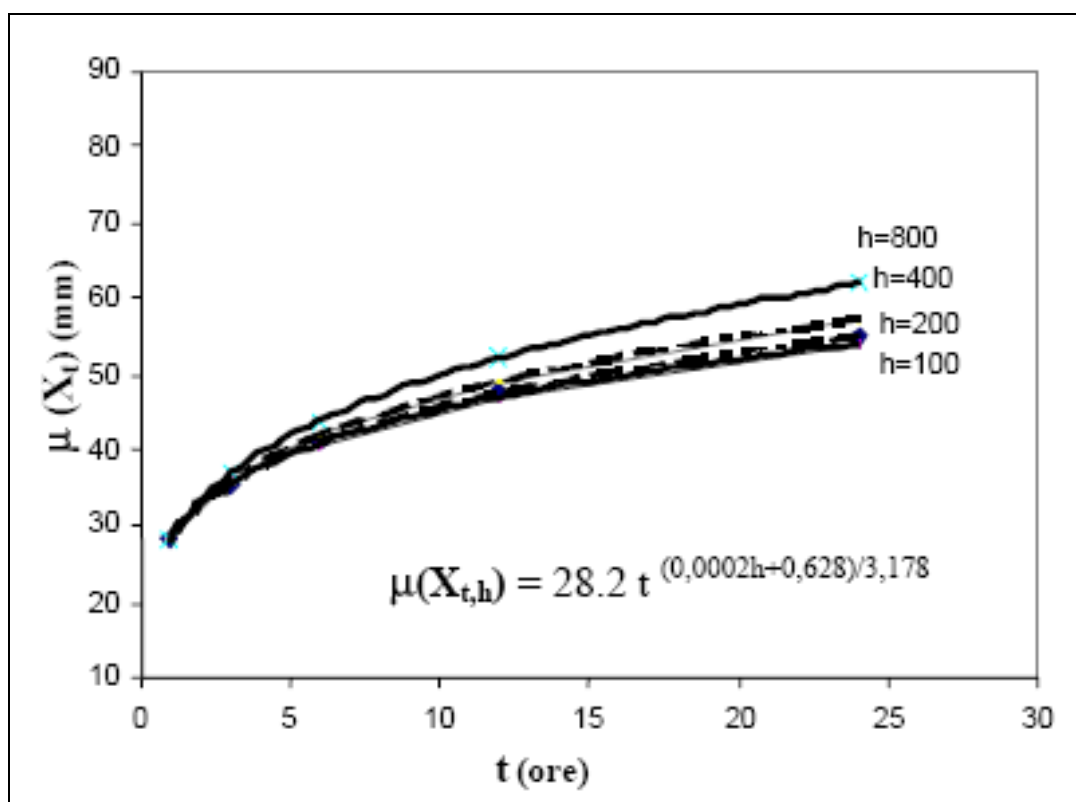


Figura 3. Curva di probabilità pluviometrica, Zona 6 (area centro meridionale).



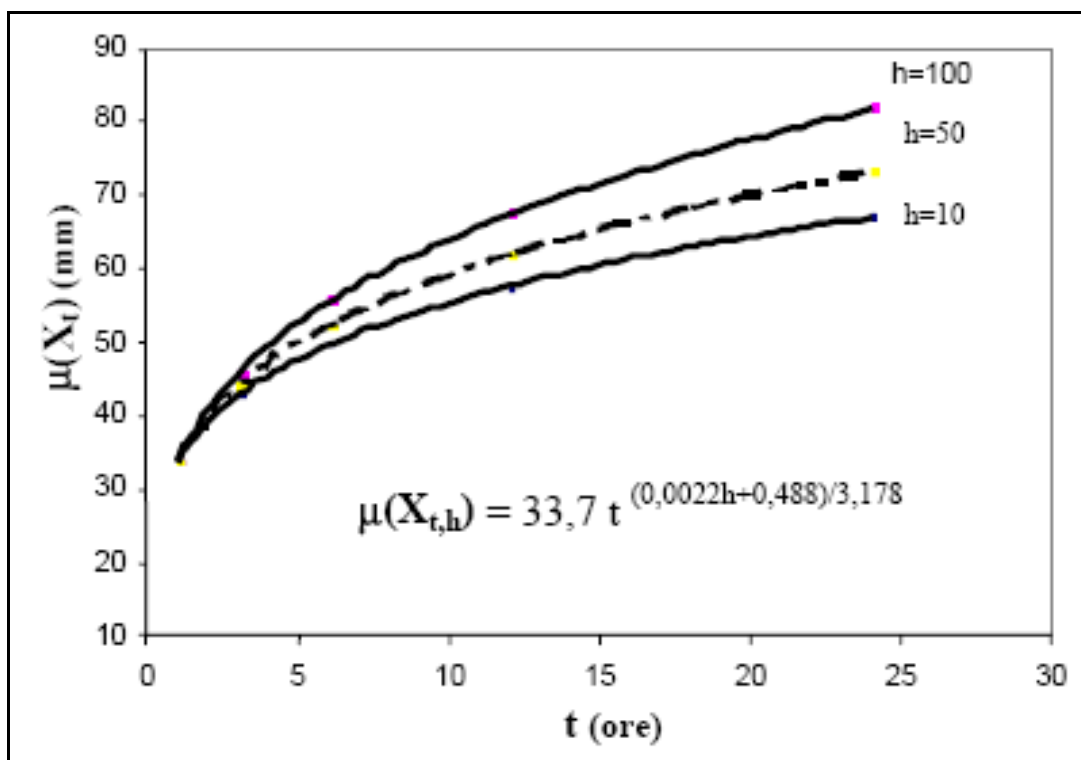


Figura 4. Curva di probabilità pluviometrica, Zona 6 (Penisola salentina).

In aderenza a tale metodologia sono state pertanto determinate le altezze di pioggia attese con diversi tempi di ritorno, nello specifico 10, 30, 50, 100 e 200 anni. La zona climatica in cui è compresa l'area di studio è quella "cinque". Per lo sviluppo del calcolo, è stata considerata una altitudine media del bacino idrografico di riferimento pari a 60 metri s.l.m, mentre i coefficienti di crescita sono stati considerati pari a 1,35 ( $Tr = 10$  anni), 2 ( $Tr = 30$  anni), 2,18 ( $Tr = 50$  anni), 2,53 ( $Tr = 100$  anni), 2,9 ( $Tr = 200$  anni).

I valori delle altezze di pioggia in millimetri per le diverse durate di tempo, di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, sono riportati nella Tabella 4 ed esplicitati nel grafico di Figura 5.

durata di pioggia "t" (h)	altezza di pioggia "h" (mm)	$K_{t(5 \text{ anni})}$	$K_{t(30 \text{ anni})}$	$K_{t(200 \text{ anni})}$	$K_{t(500 \text{ anni})}$	$h_5$ (mm)	$h_{30}$ (mm)
1	33,70	1,26	2	2,9	3,38	42,46	67,40
2	37,52	1,26	2	2,9	3,38	47,28	75,04
5	43,24	1,26	2	2,9	3,38	54,49	86,49
10	48,15	1,26	2	2,9	3,38	60,67	96,29

Tabella 4. Valori delle altezza di pioggia, per definita durata, in funzione del tempo di ritorno ( $Tr$ ) dell'evento.

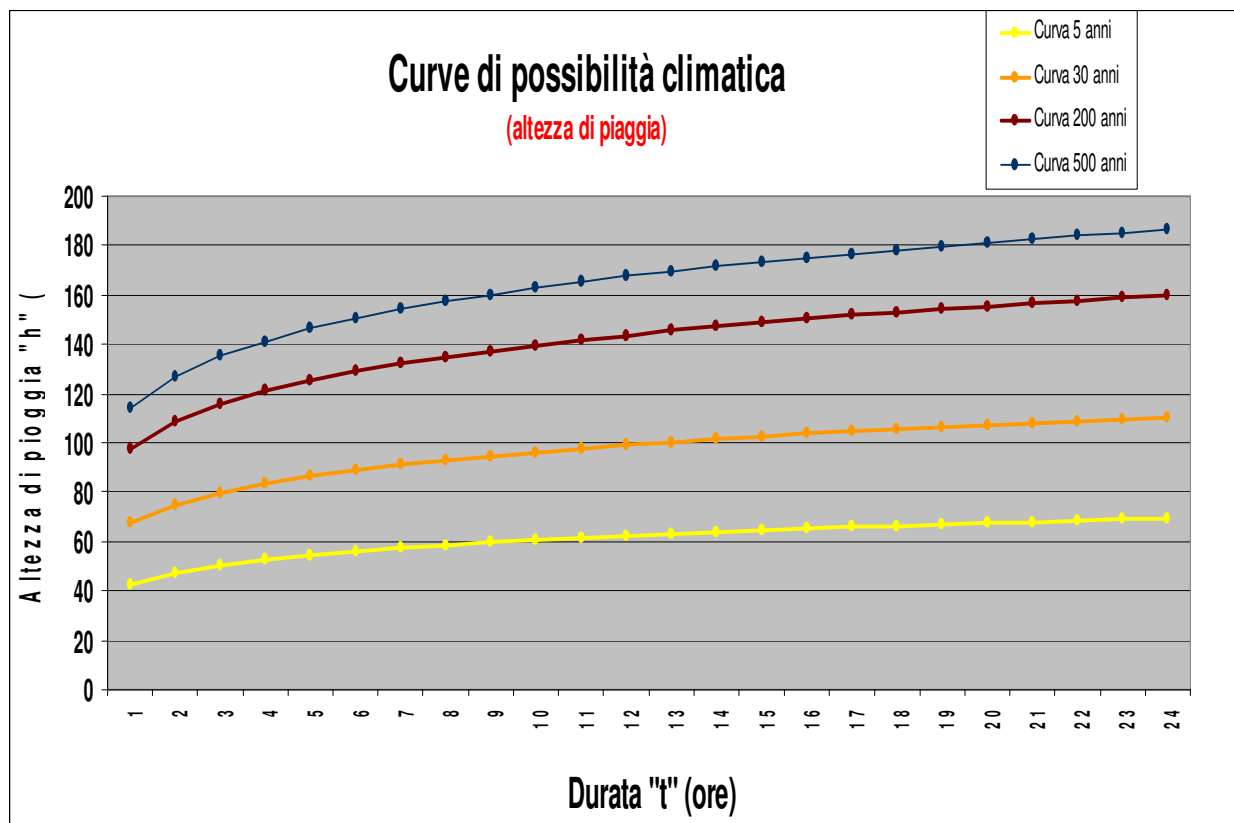


Figura 5. Curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno ( $T_r$ ) dell'evento (10, 30, 50, 100, 200 anni).

### 3 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

Il calcolo della portata massima di acqua meteoriche che potrebbe affluire verso l'impianto di trattamento adottato a seguito di particolari eventi piovosi, è stato sviluppato considerando l'altezza critica di pioggia misurata nell'arco temporale di un'ora e considerando valori superiori a quelli determinati dal tempo di ritorno di 5 anni (previsto dalla norma) che nella fattispecie è pari a circa 42,46 mm di pioggia.

Per quanto sopra la portata massima sarà calcolata come di seguito:

$$Q = \psi \cdot \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{3600} \quad [1]$$

dove:

Q = portata defluente in mc/s

I = intensità di pioggia in mc/h

$\varphi$  = coefficiente di assorbimento o di corrivazione (nella fattispecie 0,70 essendo il capping, dopo l'abbuffatura del terreno impermeabile).

A = Area del bacino in mc/h

$\Psi$  = il coefficiente di ritardo (nella fattispecie 0,40)

#### 3.1 Impianto smaltimento

Applicando la formula [1] per il calcolo della portata massima affluente agli impianti di trattamento e smaltimento finale, si adotta il valore di 42,46 mm di acqua/h/mq determinato al paragrafo 2, si ottiene:

$$Q_{\max} = 0,40 (0,70 \times 0,04246 \text{ mm di acqua/h/mq} \times 10.170 \text{ mq})/3600 = 0,0336 \text{ mc/s} =$$

$$120,96 = \text{mc/h} = 2,02 \text{ mc/min} = \mathbf{33,67 \text{ l/s}}$$

### 3.2 Dimensionamento delle trincee drenanti

Le portate orarie da smaltire tramite bacino drenante, calcolate al punto 3.1 per le singole superfici sono pari a:

$$Q_{\max} = 120,96 \text{ mc/h}$$

Tenendo conto che i terreni interessati, costituiti da calcareniti, hanno un coefficiente di permeabilità pari a  $8 \times 10^{-4}$  m/s tipico delle miscele di sabbie calcaree poco cementate, si ottiene che il coefficiente di permeabilità  $K_s$  è pari a 0,0008 m/s ovvero pari a

$$0,0008 \text{ m/s} \times 3600 \text{ s} = 2,88 \text{ mc/h.}$$

Ipotizzando di utilizzare delle trincee drenanti realizzate come rappresentate di seguito:

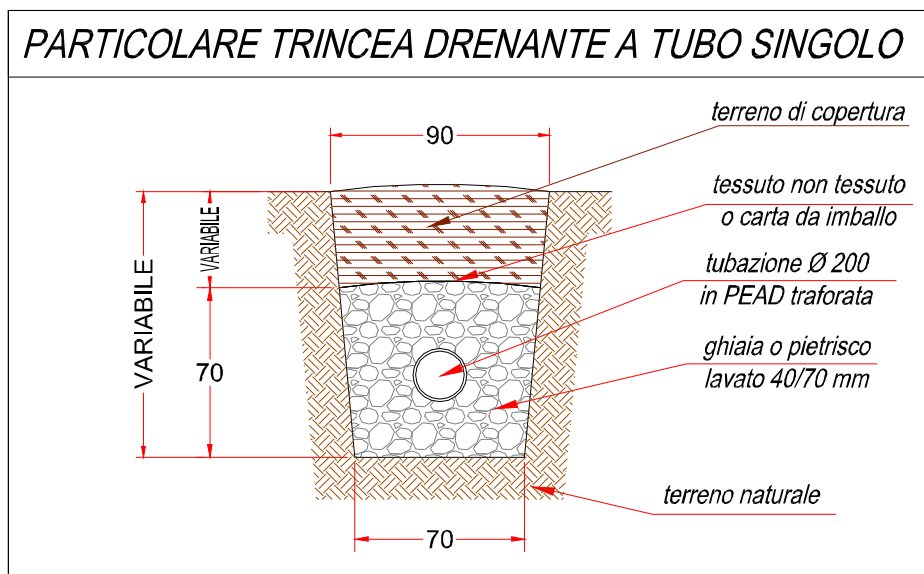


Figura 6. Particolare trincea drenante a tubo singolo.

si ottiene che per poter smaltire l'intera portata d'acqua, necessita una superficie disperdente (Sd) pari a:

$$Sd = Q_{\max}/k_s = 120.96 \text{ mc/h} / 2,88 \text{ mc/h} = \mathbf{42,00 \text{ mq}}$$

Dove Sd è la superficie drenante espressa in mq.

Considerando che ogni trincea drenante ha una superficie disperdente di 2,1 mq per metro lineare, come si evince dalla fig. 6, sono richieste in totale 20 m lineari di trincee drenanti.

Considerato che, sulla base del presente progetto di realizzazione del capping, si evince che l'80% delle acque meteoriche ricade verso la parte interna del bacino della discarica, ne deriva che la trincea drenante inferiore dovrà svilupparsi per almeno 16, dei 20 m lineari sopra determinati.

Nel caso in specie, al fine di garantire sia un'elevata efficienza nel tempo (eventuali intasamenti) del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sia per fare fronte anche in caso di eventi meteorici eccezionali, quanto sopra determinato è stato cautelativamente sovradimensionato come di seguito:

trincea drenante inferiore (piano cava): 40 m lineari (rispetto ai 16 calcolati);

trincea drenante superiore (piano campagna): 10 m lineari (rispetto ai 4 calcolati).

#### **4      DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO E DI SMALTIMENTO**

L'impianto di trattamento (grigliatura, dissabbiatura e disoleatura statica) è stato dimensionato tenendo conto della portata d'acqua e del tempo di detenzione necessario per consentire una idonea dissabbiatura (decantazione).

Detto impianto, sarà costituito da moduli prefabbricati, come meglio rappresentato in fig.7.

Il dimensionamento è stato eseguito sulla base dei valori di portata prima calcolate e delle considerazioni espresse di seguito:

Come già determinato in precedenza, la portata di acque di dilavamento da trattare in continuo, secondo la formula [1], è pari a:

$$Q_{\max} = 0,40 (0,70 \times 0,04246 \text{ mm di acqua/h/mq} \times 10.170 \text{ mq}) / 3600 = 0,0336 \text{ mc/s} =$$

$$120,96 = \text{mc/h} = 2,02 \text{ mc/min} = \mathbf{33,67 \text{ l/s}}$$

Considerato che, sulla base delle considerazioni già espresse nel precedente paragrafo, l'80% delle acque meteoriche ricade verso la parte interna (piano cava) del bacino della discarica ed il restante 20% verso la parte esterna (piano campagna), il dimensionamento di ciascun impianto sarà cautelativamente effettuato in base alla maggiore portata di acqua da trattare.

Pertanto, ipotizzando che l'impianto di trattamento tipo abbia un volume complessivo utile di 20 mc, ne consegue che un tempo di detenzione superiore a 12 min. Detto periodo risulta ampiamente sufficiente a garantire una adeguata sedimentazione, atteso che le acque da trattare contengono solo polveri di natura solida, non gelatinosa e comunque non di natura micellare (colloidale).

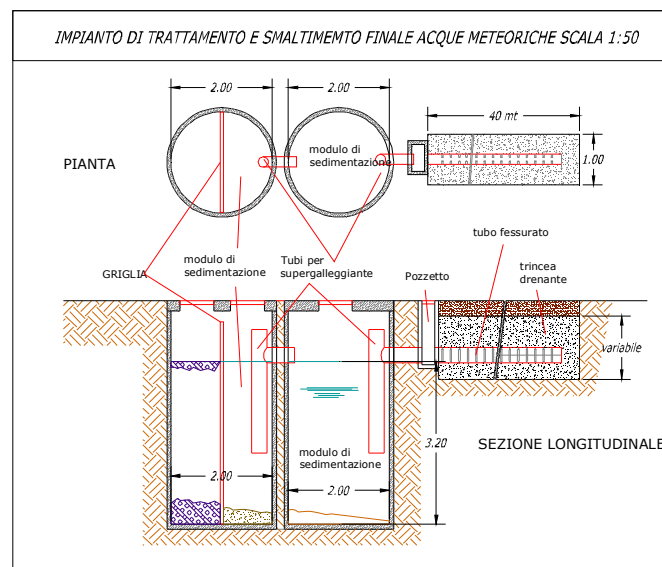


Figura 7. Impianto di trattamento e smaltimento finale acque meteoriche.

Le specie colloidali nelle acque possono essere di origine argillosa, silicati, ferro, metalli pesanti e solidi organici.

La seguente tabella 5 riporta i tempi di decantazione delle particelle (in acqua in quiete) in funzione delle dimensioni: (tabella disponibile all'indirizzo: <http://utenti.multimania.it/cheeng/cf.htm>).

tipo	Diametro [mm]	Tempo di decantazione [1 m di percorso]	Note
Ghiaia	10	1 s	decantabile
Sabbia grossa	1	10 s	decantabile
Sabbia fine	0.1	125 s	determina la torbidità
Limo / fango	0.01	108 min	determina la torbidità
Batteri	0.001	180 h	considerati colloidali, visibili al microscopio
Particelle colloidali	0.0001	755 gg	considerati colloidali, visibili al microscopio

Tabella 5. Tempi di decantazione in funzione dei diametri delle particelle.

E' evidente quindi che, per la natura dei materiali inerti presenti sul capping, non vi è presenza di colloidali; detti materiali, le cui dimensioni medie sono di diametro medio pari a circa 0,1- 0,2 mm e pertanto ne deriva che la velocità di sedimentazione è pari a circa 80 m/s, che comporta un tempo di sedimentazione pari a circa 256 secondi(4 minuti e 16 secondi) se si considera che dal punto di immissione dell'acqua al fondo della vasca c'è una distanza di 3,2 m.