



# **RIPROFILATURA DELLA DISCARICA E LAVORI DI ADEGUAMENTO SECONDO LA NUOVA CONFIGURAZIONE SOTTOPOSTA A VERIFICA PRELIMINARE DI CUI ALL'ART. 6 COMMA 9 D.LGS. N. 152/06**

**- PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA -**

VISTI :

ELAB.	C	<b>RELAZIONE TECNICA IDROLOGICA</b>			
SCALA :	-	REV. : 0	DATA : NOVEMBRE 2023	AGG.:	- PROG. N.: 2022-18



COLLABORATORI : ING. SALVATORE CUGUSI  
P.E. ALESSANDRA SARIGU



**IL PROGETTISTA**  
(Ing. Nello M. Corrao)



## Sommario

1) Premesse .....	3
2) Oggetto dell'intervento .....	5
2.1) Bilancio idrologico .....	5
2.2) Evaporazione .....	6
2.3) Le precipitazioni.....	7
2.3.1 La normativa sulla gestione degli scolli .....	7
2.3.2 Aspetti quantitativi .....	7
2.3.3 Apporti meteorologici .....	8
3) Lavori previsti .....	9
3.1) L'impermeabilizzazione .....	9
3.2) Regimentazione degli scolli .....	9
3.3) Risultati attesi .....	12
4) Calcolo della portata di piena interessante le canalette di smaltimento.....	13
4.1) Metodo delle Possibilità pluviometriche.....	13
5) Portata di piena e calcoli idraulici.....	17
5.1) Portata di una condotta a pelo libero .....	17

## 1) Premesse

Il Consorzio Industriale di Villacidro intende attivare quanto necessario per cercare di contenere i costi di gestione della discarica.

Attualmente il primo modulo è colmo ed è stato ricoperto in maniera definitiva secondo le prescrizioni del D.lgs. 36/03 pertanto non è fonte di produzione di percolato.

Per quanto riguarda il secondo modulo, il presente intervento progettuale prevede una ridistribuzione dei rifiuti ed una rimodulazione delle volumetrie, adottando per il momento una semplice copertura con uno strato di terreno naturale dello spessore di pochi centimetri avente come unico fine quello di isolare i rifiuti ed impedire la loro dispersione nell'ambiente.

Questo strato di ricoprimento non ha caratteristiche impermeabili e pertanto tutta l'acqua piovana gravitante sul bacino è libera di permeare attraverso lo strato di copertura in terra, attraversare lo strato di rifiuti accumulati, ed essere quindi raccolta nel fondo impermeabile del bacino andando ad incrementare il quantitativo di percolato.

Solamente a fine riempimento della discarica è previsto che venga realizzato il capping finale, che nella sua stratigrafia prevede anche uno strato di argilla, in grado quindi di impermeabilizzare lo strato dei rifiuti impedendo all'acqua piovana di infiltrarsi.

A tal fine è stato deciso di inserire nel presente progetto un intervento di copertura del modulo 2 con un manto impermeabilizzante provvisorio, così da ridurre l'infiltrazione di acque meteoriche e poter contenere i costi di smaltimento del percolato, particolarmente onerosi anche per via delle attuali criticità dell'impianto di trattamento reflui.

Il suddetto manto impermeabilizzante provvisorio sarà costituito da un telo in polietilene a bassa densità (LDPE), avente spessore di 0,4-0,5 mm.

Tale copertura sarà posata sullo strato di terreno che ricoprirà i rifiuti e sarà opportunamente zavorrato, sia sull'intera superficie ma soprattutto sui bordi, con dei sacchi riempiti di terra, così da evitare che il vento possa spostarlo.

Verranno inoltre creati dei canali mediante impiego di tubazioni in HDPE per regimentare le acque piovane e allontanarle in maniera controllata onde evitare erosioni nella copertura.

Tali acque piovane verranno convogliate verso i canali di guardia esistenti ai due lati della discarica e da qui al corpo ricettore naturale.

Con la presente relazione si intende valutare i bilanci idrologici e idrici che interessano l'intero bacino della discarica al fine di dimensionare gli interventi da adottare, ormai improcrastinabili.

## 2) Oggetto dell'intervento

### 2.1) Bilancio idrologico

La valutazione quantitativa dei parametri che compongono il bilancio idrologico è necessaria per la determinazione delle quantità di percolato prodotte nella presente discarica controllata.

Per quanto riguarda la valutazione delle precipitazioni atmosferiche prenderemo in considerazione un congruo periodo di tempo, nel nostro caso si assumerà pari all'anno, e le considerazioni verranno estese all'intero ciclo di vita della discarica.

Il bilancio, inteso come bilanci di materia, è definito dalla seguente espressione:

$$L = P + R' - R - E - T + S + G + dUs + dUw + b \quad (1)$$

dove:

$L$	percolato: in mm/anno
$P$	precipitazione meteorica
$R$	ruscellamento verso l'esterno
$R'$	ruscellamento dall'esterno
$E$	evaporazione
$T$	traspirazione
$S$	infiltrazioni superficiali
$G$	infiltrazioni sotterranee
$dUs$	variazione del contenuto del suolo di coltivo
$dUw$	variazione del contenuto dei rifiuti
$b$	consumi di acqua per attività biologiche

Prendendo in considerazione esclusivamente i parametri significativi, tipici di una discarica perfettamente impermeabilizzata, con ruscellamenti impediti e considerando di ordine inferiore o/e parzialmente auto bilanciata la variazione di contenuto di umidità delle terre di coltivo e dei rifiuti, oltre che quella delle attività biologiche endemiche, prevalgono gli apporti macroscopici, pertanto la (1) diventa:

$$L = P - E \quad (2)$$

## 2.2) Evaporazione

L'evapotraspirazione mensile è data, secondo Blaney e Criddle, dalla seguente equazione:

$$ET = K \times C \times (0,46 \times T + 8) \times e \quad (\text{mm/mese}) \quad (3)$$

con:

$K$  coefficiente colturale variabile tra 0,5 e 1,2

$C$  coefficiente climatico variabile tra 1,4 e 0,7

$T$  temperatura mensile

$e$  percentuale delle ore diurne/anno

I dati mensili calcolati utilizzando i valori minimi delle costanti, sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella n. 3**

	T (°C)	e (% ore/anno)	E (mm)
Gennaio	9,8	6.76	63,7
Febbraio	10,1	6.73	59,3
Marzo	12,5	8.33	58,7
Aprile	15,0	8.95	81,7
Maggio	19,4	10.02	37,3
Giugno	23,9	10.08	19,0
Luglio	26,7	10.22	5,1
Agosto	27.3	9.54	10,7
Settembre	23,0	8.38	43,7
Ottobre	19,3	7.75	66,3
Novembre	14,4	6.72	93,6
Dicembre	10.9	6.52	110,3
<b>ANNO</b>	<b>17.7</b>		<b>649.4</b>

## **2.3) Le precipitazioni**

### **2.3.1 La normativa sulla gestione degli scoli**

In osservanza alla normativa italiana e alle disposizioni del D.lgs. 36/03, in relazione alle caratteristiche della discarica e alle condizioni meteorologiche, devono essere adottate misure adeguate a:

- Limitare la quantità delle acque che penetrano nella discarica;
- Impedire che le acque superficiali penetrino nella discarica;
- Raccogliere i percolati;
- Trattare le acque e i percolati affinché rispettino le caratteristiche previste per il loro scarico.

In merito ai primi tre punti si ritiene che vi siano adeguate garanzie con i presidi esistenti.

In merito all'ultimo punto di cui sopra, i liquami prelevati dalla rete di captazione appositamente costruita vengono avviati ad apposito impianto di smaltimento di acque reflue.

### **2.3.2 Aspetti quantitativi**

In una discarica in esercizio la produzione del percolato è attribuibile per la sua totalità alle seguenti fonti:

- a) Precipitazioni meteoriche;
- b) Aspersione di acqua per l'abbattimento delle polveri;
- c) Lavaggio mezzi in uscita dalla discarica.

La quantificazione dei singoli apporti è alquanto aleatoria in considerazione del fatto che essi sono considerevolmente influenzati da condizioni climatiche e metereologiche alquanto fluttuanti nell'arco dell'anno e fra un anno e l'altro.

Tuttavia nel nostro caso esiste solo l'apporto per precipitazioni meteoriche.

### **2.3.3 Apporti meteorologici**

Si prendono in esame i valori mensili, stagionali e annuali delle precipitazioni consolidati nel territorio nell'intervallo di osservazione è compreso tra il 1922 e il 1992.

Il periodo di riferimento è da ritenersi cautelativo tenendo conto che i valori storici osservati sono sicuramente superiori a quelli dell'ultimo decennio, particolarmente siccitoso.

I dati più significativi che vengono estrapolati sono i seguenti:

- Precipitazione media annua: 649,4 mm;
- Massima precipitazione media mensile (dicembre): 110,3 mm;

Considerato il minimo accumulo previsto nel serbatoio esterno, si ritiene indispensabile apportare una modifica non significativa al progetto definitivo, dotando il modulo 2 di una copertura impermeabilizzante provvisoria.

Dai rilievi effettuati di recente e dalle misurazioni accurate effettuate è stato possibile determinare che la superficie complessiva di raccolta delle acque meteoriche dei tre moduli della discarica, considerando per cautela la condizione peggiore di captazione, risulta pari a 177.700 mq, valore leggermente superiore ai 166.060 mq valutati ai fini delle considerazioni sul percolato nel progetto del modulo 3 a suo tempo presentato.

Di conseguenza, sulla base dei valori di precipitazione media sopra indicata, si avranno le seguenti captazioni:

- Portata media annuale =  $177.700 \text{ mq} \cdot 0,6494 \text{ m} = 115.398,38 \text{ mc}$ ;
- Si ipotizza che le precipitazioni utili siano pari all'80% del totale per cui il valore netto delle precipitazioni sarà pari a  $115.398,38 \cdot 0,8 = 92.318,70 \text{ mc/anno}$ .

Sulla base di questi aspetti dimensionali complessivi si rende necessario attuare una strategia di impermeabilizzazione per minimizzare la formazione del percolato.

Poiché sul modulo n. 1 è stato già realizzato capping e il modulo 3 è in fase di coltivazione, la soluzione ottimale risulta quella di impermeabilizzare in maniera provvisoria la porzione del modulo 2, una volta completata la ridistribuzione dei rifiuti.



### 3) Lavori previsti

#### 3.1) L'impermeabilizzazione

Con il presente intervento si provvedere alla impermeabilizzazione della parte superficiale della discarica non più interessata dalla coltivazione, la sommità del modulo 2, e all'allontanamento delle acque bianche intercettate, all'esterno verso il corpo ricettore finale.

Per l'impermeabilizzazione si opta per uno strato di HDPE dello spessore di 0,4-0,5 mm o di altro telo simile, da porre al di sopra del terreno di copertura finale.

Il manto sarà steso anche al di sopra dello stradello di coronamento della discarica e sarà opportunamente ancorato per resistere al vento, così da evitare un suo possibile danneggiamento

Si chiarisce che il tipo di ancoraggio da adottare sarà definito in fase esecutiva, concordandolo preventivamente con la Ditta fornitrice del telo, in quanto strettamente legato proprio alle caratteristiche del manto.

L'acqua che insisterà sul telo, scorrerà, senza inquinarsi, verso l'esterno del bacino da qui scorrerà lungo le scarpate e sarà raccolto nelle canalette destinate alla raccolta e allo smaltimento delle acque piovane all'esterno.

Il progetto complessivo a suo tempo approvato, dove veniva previsto la regimentazione delle acque di scolo una volta esaurita la coltivazione della discarica (TAV. 10 del novembre 2013), prevedeva la rete di raccolta e smaltimento.

Nel presente intervento, per soddisfare l'assetto futuro già definito, si rispetta la rete di raccolta nella parte interessata dalla impermeabilizzazione del modulo 2.

#### 3.2) Regimentazione degli scoli

Con la copertura temporanea della discarica occorrerà prevedere un attento sistema di regimentazione delle acque meteoriche catturate.

La raccolta delle acque meteoriche della parte superiore della discarica verrà garantita da una canaletta prefabbricata in acciaio ondulato, tipo Culvert e sarà collegata mediante

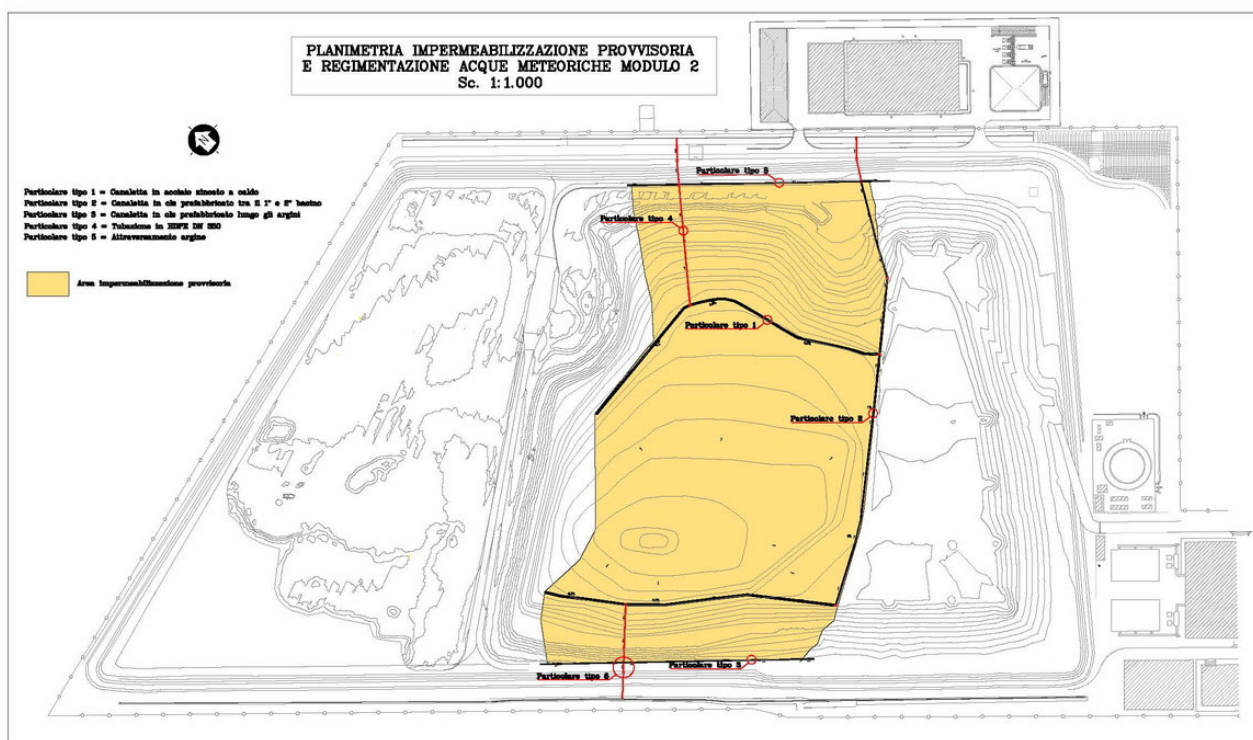


tubazioni alla canaletta posta alla base della scarica prima di essere convogliate al corpo ricettore finale.

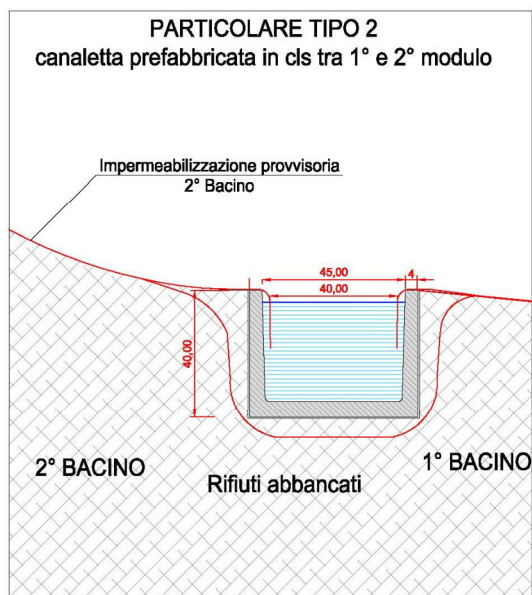
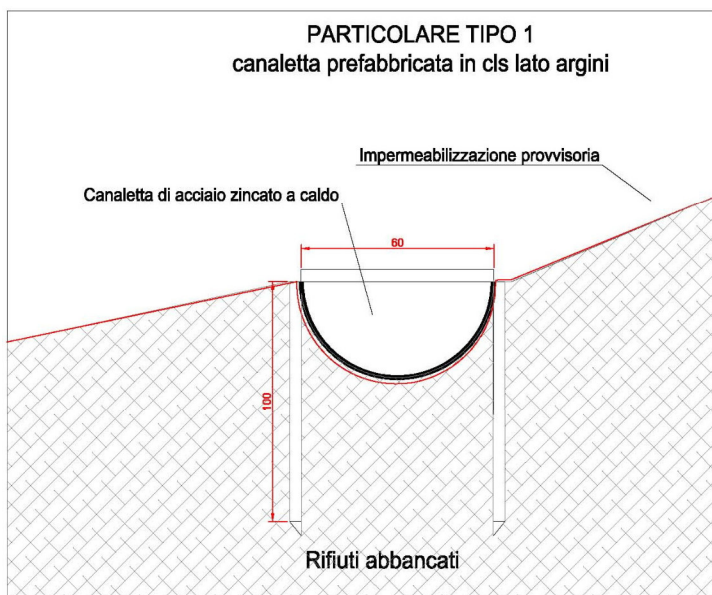
La canaletta posta alla base della scarica sarà dello stesso tipo di quella prevista per il progetto generale e rispetterà la stessa regimentazione verso i canali di scolo posti ai due lati della scarica.

Nella scarpata lo strato impermeabile consentirà il deflusso dell'acqua superficiale insistenti sulla scarpata verso la canaletta alla base.

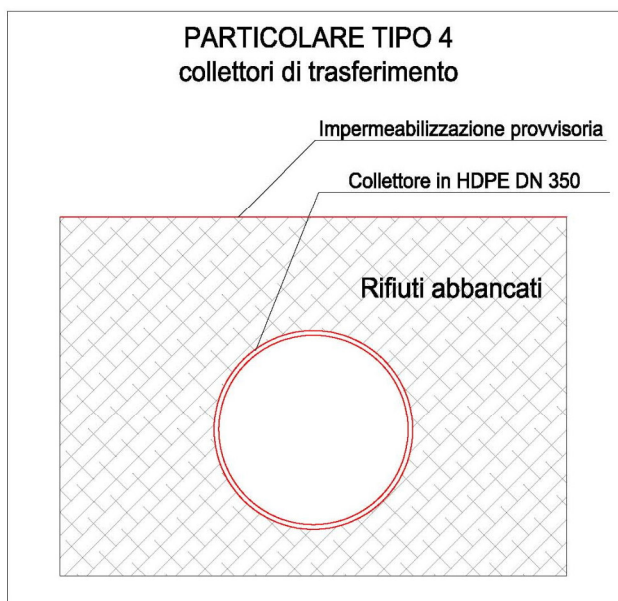
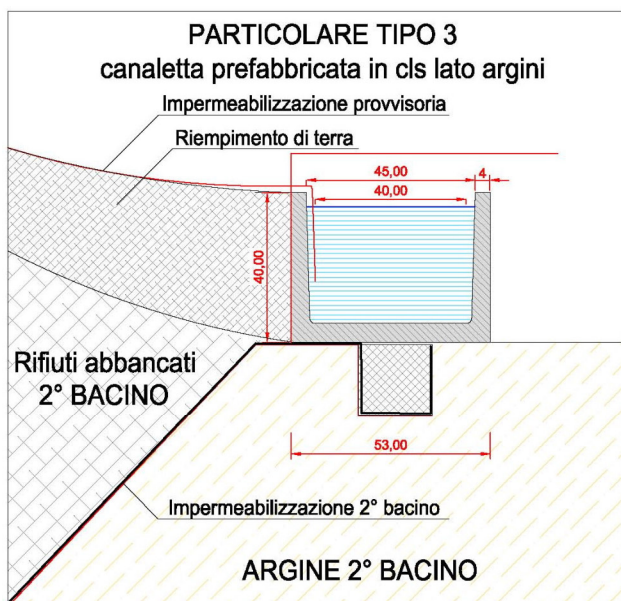
Nelle tavole allegate al progetto sono evidenziate le canalette lungo tutto il perimetro dell'abbancamento ed il sistema di regimentazione regolato dalle diverse pendenze dei bacini.



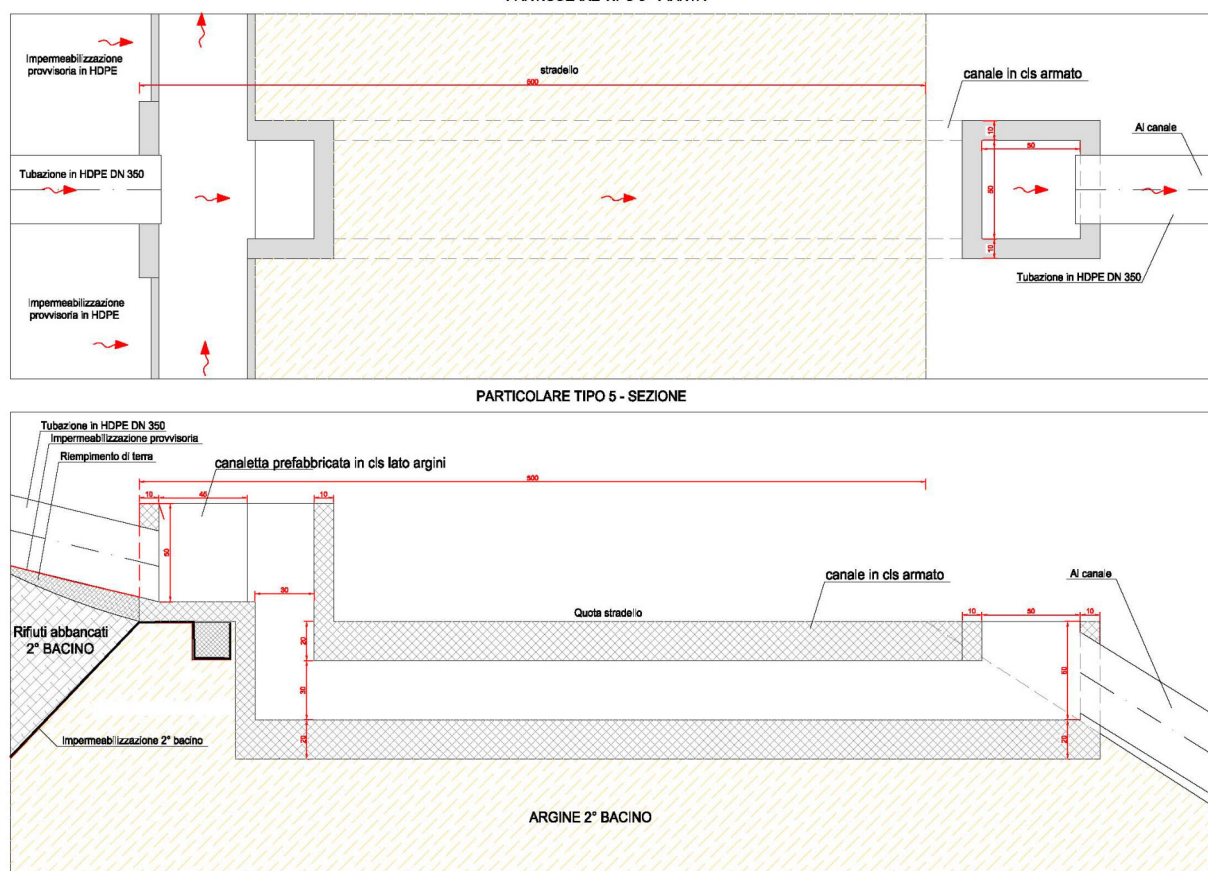
**STRALCIO TAVOLA N. 13 CON LO STRATO DI IMPERMEABILIZZAZIONE PROVVISORIA PREVISTO**



**STRALCIO TAVOLA N. 13 CON I DETTAGLI DI ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE**



**STRALCIO TAVOLA N. 13 CON I DETTAGLI DI ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE**



### STRALCIO TAVOLA N. 13 CON I DETTAGLI ATTRAVERSAMENTO ARGINE DELLE ACQUE METEORICHE VERSO CANALE DI SCOLO

#### 3.3) Risultati attesi

Allo stato attuale la Società Villaservice S.p.A. gestisce direttamente la discarica e provvede direttamente allo smaltimento del percolato presso l'adiacente impianto di depurazione consortile.

Com'è ben comprensibile, i quantitativi complessivi di produzione annua di percolato sono fortemente influenzati dalle specifiche condizioni stagionali.

Di conseguenza i periodi con produzione di percolato esuberanti rispetto alla capacità di trattamento disponibile dovranno essere gestiti usufruendo di un eventuale servizio esterno, provvedendo quindi allo smaltimento in altri centri autorizzati.



#### 4) Calcolo della portata di piena interessante le canalette di smaltimento

Il calcolo della portata di piena si basa secondo il metodo delle curve di possibilità pluviometrica.

È stato individuato il bacino complessivo che corrisponde all'intera superficie captante la pioggia critica.

##### 4.1) Metodo delle Possibilità pluviometriche.

Per la determinazione della portata di piena è stato adottato il Metodo Cinematico (o Razionale) con le piogge secondo curve di possibilità pluviometrica di Cao-Puddu-Pazzaglia.

Tale metodo risulta essere particolarmente adatto al caso di bacini di piccole dimensioni (fino a 100 Km<sup>2</sup>) quali quelli in esame e pertanto è stato utilizzato per la stima della portata di piena dei rii.

Si ricorda che le ipotesi di base del metodo sono:

- la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

Il metodo fornisce, pertanto la portata di massima piena (in m<sup>3</sup>/s) attraverso la seguente relazione:

$$Q = \frac{\Phi \cdot A \cdot h_{tc}}{3,6 \cdot t_c}$$

nella quale:

**Q** portata di piena espressa in m<sup>3</sup>/s;

**Φ** coefficiente di deflusso;

**A** area del bacino idrografico in km<sup>2</sup>;

**t<sub>c</sub>** tempo di corrivazione del bacino in ore;

**h<sub>tc</sub>** pioggia critica della durata t<sub>c</sub> espressa in mm.

Il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, mentre per bacini di maggiori dimensioni fornisce risultati che in genere risultano sovrastimati.

Il valore adottato del coefficiente di deflusso è pari a 1 che corrisponde a superfici totalmente impermeabili.

Il cosiddetto “coefficiente di deflusso” assume il significato di unico parametro atto a rendere conto della trasformazione degli afflussi di pioggia ragguagliati sul bacino in esame in deflusso idrico di massima piena alla sezione di controllo. In altri termini, “ingloba” tutte le incognite relative al comportamento del bacino, ovvero la sua maggiore/minore permeabilità, la presenza o meno di effetti di invaso delle acque superficiali, l’effetto di smoothing della pioggia, etc, nel nostro caso è stato assunto un valore pari a 1.

Il tempo di ritorno adottato è stato di 10 anni.

Il tempo di corrivazione viene valutato, di norma, mediante formule empiriche di diversi autori italiani stante la difficoltà di procedere a valutazioni e misure dirette. Si è ricorso alla valutazione del valore più attendibile con la:

Formula del Ventura

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i}} \quad [\text{ore}]$$

nella quale "A" rappresenta la superficie del bacino espressa in km<sup>2</sup> e "i" rappresenta la pendenza media dell’asta principale del bacino che può essere calcolata con la formula:

$$\sqrt{i} = \frac{L}{\sum_k \frac{L_k}{\sqrt{i_k}}}$$

dove i valori di  $i_k$  ed  $L_k$  rappresentano rispettivamente la pendenza e la lunghezza dei tratti nei quali la pendenza dell'alveo può considerarsi uniforme;  $L$  rappresenta la lunghezza complessiva dell'asta principale del bacino, in Km, ed è uguale alla sommatoria delle  $L_k$ .

La valutazione della precipitazione critica si può ottenere mediante l'uso delle formule ricavate da Cao, Pazzaglia e Puddu † e riviste poi da Puddu † (Università di Cagliari) e da Liguori e Piga, ottenute mediante l'elaborazione statistica di tutti i dati delle precipitazioni intense di durata compresa fra 5 minuti primi e un giorno, registrate dalla rete pluviometrica regionale. Vengono suddivise le stazioni pluviometriche della Sardegna in 4 gruppi a ciascuno dei quali corrispondono differenti curve segnalatrici.

L'espressione matematica di tali curve di possibilità pluviometrica è la seguente:

$$h_{tc} = h_1 \cdot t_c^{(a+b \cdot u)} \quad [mm]$$

$$\text{dove} \quad \log(h_1) = c + d \cdot u$$

Nelle precedenti espressioni  $h_1$  rappresenta la pioggia critica di durata oraria, espressa in mm/ora,  $h_{tc}$  rappresenta la pioggia critica di durata  $t_c$  ore, espressa in mm, mentre  $u$  rappresenta il frattile della distribuzione normale standardizzata. Poiché il valore di  $u$  è funzione della probabilità  $o$ , che è lo stesso, del periodo di ritorno, le espressioni precedenti consentono di ricavare l'altezza di precipitazione critica relativa ad un evento avente un prefissato periodo di ritorno.

I valori dei parametri “a”, “b”, “c” e “d” delle curve di possibilità pluviometrica, rideterminati da Liguori e Piga nello studio “Il Regime delle piogge intense in Sardegna. Raccolta di dati”. (in Atti della Facoltà di Ingegneria Vol. 27 anno XIII n°1 ottobre 1985) sono i seguenti:

**Tabella 3 - Valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica per la Sardegna**

Parametri → Gruppo Pluviometrico ↓	a	b	c	d
I° gruppo	0,305041	-0,017147	1,273178	0,179732
II° gruppo	0,359696	-0,017941	1,296212	0,167488
III° gruppo	0,418212	0,009093	1,379048	0,164598
IV° gruppo	0,497207	0,041251	1,460774	0,191832

L'applicazione del metodo, considerando che il sito in esame ricade nel gruppo III°, applicata ad una superficie impermeabilizzata scoperte di circa 178.000 mq, fornisce una portata di piena complessiva con un tempo di ritorno di 10 anni pari a 3,6 mc/s, portata che dovrà essere inviata al recapito finale.



## 5) Portata di piena e calcoli idraulici

Sulla base delle portate calcolate al paragrafo recedente, sono state predimensionate le condotte di captazione della pioggia in relazione alle superfici interessate, come riportato nei paragrafi successivi.

### 5.1) Portata di una condotta a pelo libero

La rete fognaria di raccolta e captazione dell'acqua meteorica viene calcolata secondo il procedimento menzionato.

#### Canalette tipo finsider

La dimensione delle condotte poste in sommità più sollecitata che intercetta per 15.000 mq scoperti una portata di 0,30 mc/s:

$D_e = 60 \text{ mm}$ ;

La verifica della portata di una condotta a pelo libero acqua di secondo la Formula di Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler porta ai seguenti risultati:

- $D_i = 60 \text{ mm}$
- pendenza = 0.85%;
- H riempimento = 90%
- $Q \text{ portata} = 0.310 \text{ mc/s}$
- La portata circolante verifica le condizioni.

#### Canalette prefabbricata a sezione rettangolare

La dimensione delle canalette poste alla base delle scarpate della discarica, destinata a raccogliere esclusivamente l'acqua catturata dalle scarpate, la più sollecitata che intercetta per 5.000 mq scoperti una portata di 0,10 mc/s:

La verifica della portata di una condotta a pelo libero acqua di secondo la Formula di Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler porta ai seguenti risultati:

- $b_m = 40 \text{ cm}$ ;  $b_M = 45 \text{ cm}$ ;  $h = 40 \text{ cm}$

- pendenza = 0.5%;
- H riempimento = 95%
- Q portata = 0.280 mc/s

La portata circolante verifica le condizioni.

### Tubazione circolare

La dimensione delle tubazioni destinate a raccogliere l'acqua catturata dalla intera superficie impermeabilizzata viene calcolata per scaricare, la più sollecitata che intercetta per 23.000 mq scoperti una portata di 0,47 mc/s:

La verifica della portata di una condotta a pelo libero acqua di secondo la Formula di Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler porta ai seguenti risultati:

- DE: 500 mm; 355
- DI: 440,6 mm 312,8
- pendenza = 5%;
- H riempimento = 70% 90
- Q portata = 0.49 mc/s

La portata circolante verifica le condizioni.