**COMUNE DI SAN BARTOLOMEO AL MARE**
**Prov. Imperia**

**Ampliamento discarica in località Casa Scofferi**

**Proprietà ECODODICI s.r.l.**

# RELAZIONE IDRAULICA

Diano Marina, 26.02.2013

**Dott. Ing. G. Saguato**

**Sommario**

1) Premesse pag. 3

2) Stato di fatto pag. 5

3) Rio San Bartolomeo pag. 6

3.1) Modellazione in moto permanente e procedura di calcolo pag. 7

3.2) Descrizione del modello idraulico pag. 11

4) Regimazione delle acque di scorrimento superficiale pag. 12

5) Canali di gronda pag. 14

6) Vasche di decantazione pag. 15

7) Conclusioni pag. 16

Allegati: elaborati HEC-RAS

## 1- Premesse

La discarica in oggetto è situata nel bacino del rio S. Bartolomeo in Comune di S. Bartolomeo al Mare (IM).

Essa è già stata oggetto di autorizzazione da parte degli Enti Interessati per l'allocazione di materiale inerte su una superficie di circa 100.000 $m^2$ corrispondenti ad una potenzialità di abbancamento prossima a 625.000 $m^3$.

In questa sede la ECODODICI s.r.l., titolare della concessione, attese e valutate le necessità proprie degli operatori nell' area di influenza della discarica stessa, ha ritenuto opportuno avanzare una richiesta di ampliamento sino alla concorrenze di circa 1200 $m^3$, volume previsto dal piano delle discariche provinciale nella zona in questione.

Sotto il profilo idraulico per buona parte si fa riferimento alla Relazione integrativa redatta a seguito delle osservazioni del Comitato Idraulico Provinciale Prot. 45800 del 02.12.99 e facente parte del progetto approvato con Provvedimento Dirigenziale n° 59 del 26.02.01 di cui, in linea di massima, se ne riconfermano le conclusioni.

Tuttavia, durante la redazione del progetto di ampliamento in questione, si è posta particolare attenzione alla raccolta e allo smaltimento differenziato dell'acqua meteorica superficiale proveniente da bacini imbriferi naturali da quella che viene necessariamente a contatto con la superficie del materiale abbancato; in entrambi i casi l'acqua viene restituita al corso d'acqua naturale con la differenza che nel primo caso essa viene recapitata in esso direttamente mentre, nel secondo caso, viene conferita, insieme all'acqua freatica, in vasche (n. 2) di decantazione e, solo dopo la sua chiarificazione ed eventuali esami tendenti a ricercare la presenza di possibili sostanze inquinanti, viene rilasciata nel corso d'acqua naturale (ri S. Bartolomeo).

Sotto il profilo della sistemazione superficiale finale l'ampliamento della discarica segue a grandi linee la morfologia imposto nel progetto originale ma con maggior attenzione e cura circa il drenaggio dell'acqua meteorica di superficie dividendo quest'ultima in acqua proveniente dai

versanti naturali o acqua di possibile contaminazione con il materiale abbancato.

Evidentemente tale scelta ha condizionato l'assetto finale della superficie della discarica che si è dovuta confermare secondo le esigenze idrauliche al fine di rendere fattibile la raccolta differenziata come indicato in precedenza.

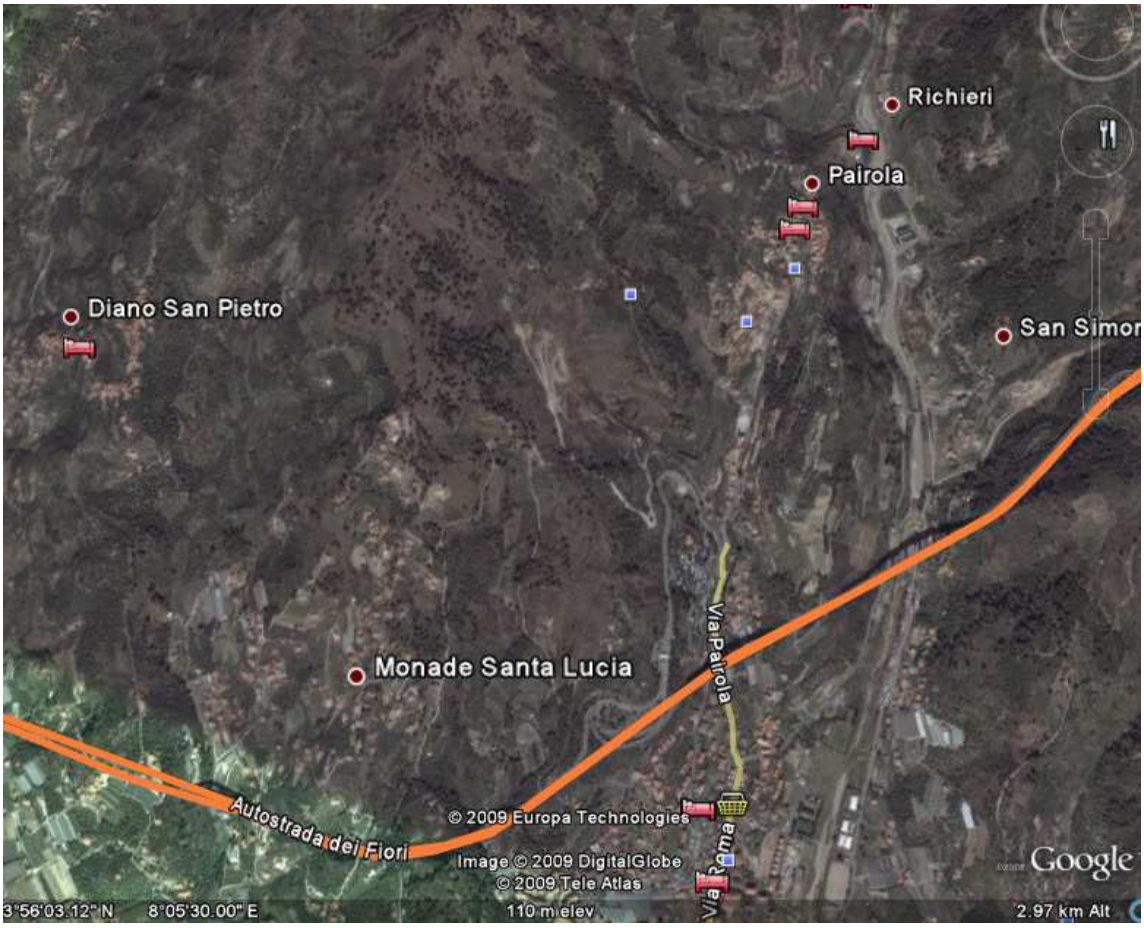



**Figura 1** Foto aerea

Proprio per le ragioni sopra riportate nel progetto di ampliamento sono state inserite, a valle del rilevato artificiale e in prossimità del rio S. Bartolomeo, due vasche interrate di recapito e sedimentazione in c.a. per la raccolta delle acque superficiali provenienti dalla superficie della discarica e del percolato.

Ciò permetterà un costante ed agevole monitoraggio delle acque che sono entrate in contatto con il rilevato della discarica in modo da raccogliere

tempestivamente tutte le informazioni necessarie per decidere circa la necessità o meno di evitare lo sversamento di queste in un corpo idrico naturale.

## 2- Stato di fatto

All'atto della presentazione della presente variante in sito risultano allocati circa $m^3$ 500.000 di materiale inerte, così come risulta dall'ultimo rilievo periodico eseguito dal geom. Emilio Rinaldi per conto della Ecododici s.r.l..

Per quanto attiene le opere di presidio idraulico la tombinatura principale del rio S. Bartolomeo è stata realizzata per uno sviluppo complessivo di circa m. 230 ed una sezione libera di m. 3.00x3.50.

Detto manufatto, realizzato in c.a. gettato in opera, si presenta come uno scatolare con pareti di spessore costante pari a cm 90 e, a partire dal suo collaudo, pur non essendo ancora completata la vasca sghiaiatrice a monte non ha mai avuto problemi né di tipo idraulico né di tipo statico.

Nel progetto iniziale era stato pure previsto l'esecuzione di una vasca dissipatrice posta subito a valle dell'uscita della tombinatura ma, vista la previsione del nuovo sviluppo della discarica ed i vincoli imposti nel frattempo dalla L.R. del 14.07.2011 n. 3, questa non verrà realizzata ma sarà sostituita con un canale a cielo aperto delimitato con gabbionate metalliche di adeguate dimensioni.

Allo stato attuale, tuttavia, il presidio idraulico esistente e consistente nella citata tombinatura e in taluni di fossi di guardia ricavati direttamente sulla superficie della discarica, è per ora sufficiente ad evitare possibili dissesti superficiali e a raccogliere l'eventuale portata formatasi nel bacino imbrifero del rio S. Bartolomeo in questione, durante gli eventi di pioggia.

E' evidente che, a fronte di una maggiore copertura ed un abbancamento superiore a quello previsto nella concessione in atto, è necessario rivedere le opere previste in progetto e verificarne nelle nuove condizioni la capacità di assolvere opportunamente e

compiutamente al regolare drenaggio delle acque superficiali, per le quantità e con le modalità previste dal piano di bacino in vigore.

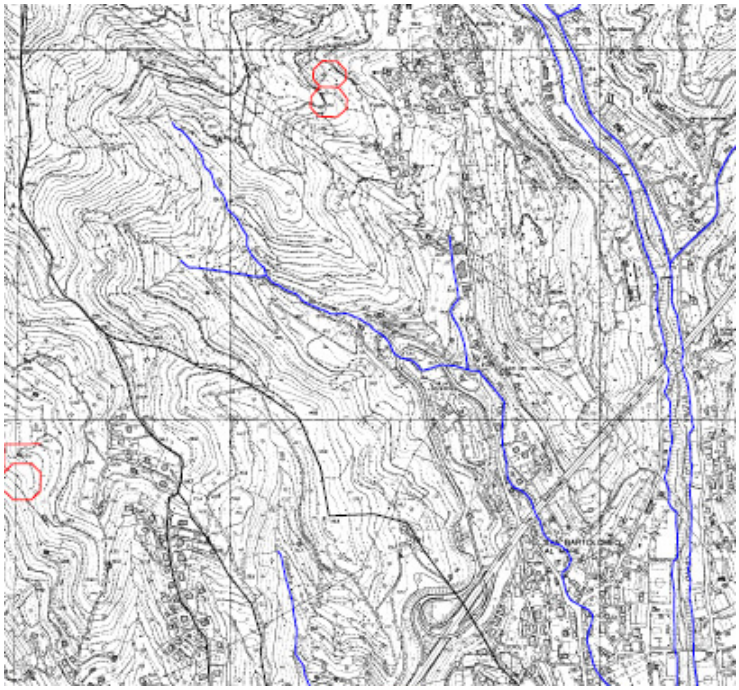


**Figura 2** Reticolo idrografico

### 3- Rio San Bartolomeo

Come è ben noto il Rio San Bartolomeo è uno dei tributari di destra del corso d'acqua principale della valle Steria rappresentato dal Torrente Cervo (Steria), il cui bacino imbrifero, sotteso dalla sezione di chiusura della discarica in oggetto, misura una superficie di 0.7 $Km^2$.

Naturalmente la portata teorica di progetto relativa ad un tempo di ritorno di 200 anni, giusta la scelta del coefficiente udometrico fissato dal Piano di Bacino in vigore per bacini inferiori al $km^2$ pari a 40 $m^3/s.km^2$, si ottiene moltiplicando la superficie con il precedente coefficiente udometrico per cui si ha una portata massima di 28 $m^3/s$, uguale a quella prevista nel precedente e per la quale era già stata verificata la tombinatura nel suo assetto finale.

Nelle verifiche di progetto, in verità, la stessa tombinatura è stata dichiarata idonea per una portata di 32 $m^3/s$. con i franchi previsti dal Piano di Bacino per cui, rimanendo invariata sia in lunghezza che nelle

dimensioni trasversali come nel caso di specie, anche a seguito del proposto ampliamento si dispone ancora di un buon margine di sicurezza.

In effetti l'ampliamento della discarica in oggetto avrebbe comportato la necessità di prolungare a valle detta tombinatura in modo da poter recuperare, in prossimità dei confini di valle, spazio sufficiente per aumentare il volume di abbancamento; tuttavia ai sensi dell'art. 8 del regolamento Regionale n° 3 del 14.07.2011, tale ipo tesi è stata del tutto abbandonata.

In tal senso si è preso atto dell'esistenza della tombinatura e delle sue caratteristiche idrauliche ed è stata predisposta, a valle di questa, una vasca di dissipazione ed un canale fugatore con argini in gabbionate che accompagnano l'alveo del corso d'acqua sino ai confini di proprietà, delimitando pure i confini demaniali.

In questa nuova situazione, gli abbancamenti verranno iniziati alla distanza di 10 metri dalla linea del confine demaniale, così nel rispetto della normativa in vigore.

Ciò detto si ripropone di seguito la verifica di tutto il tratto interessato del Rio San Bartolomeo (tombinato e non) al fine di verificare il suo comportamento durante piene eccezionali con portate aventi tempo di ritorno massimo di 200 anni.

## 3.1 Modellazione idraulica in moto permanente e procedura di calcolo

La determinazione del profilo in moto permanente del corpo idrico in esame è stata condotta mediante l'uso dello specifico codice di calcolo HEC–RAS (U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, versione 3.0.1 – Marzo 2001).

La procedura utilizzata dal codice citato è basata sulla risoluzione dell'equazione del moto delle correnti a pelo libero nella schematizzazione monodimensionale. Il calcolo delle perdite di carico è effettuato mediante l'equazione di Manning. Nella letteratura

anglosassone la procedura in questione è indicata come Standard Step Method.

Le equazioni fondamentali su cui essa si basa sono le seguenti:

$$Y_2 + Z_2 + a_2 V_2^2/2g = Y_1 + Z_1 + a_1 V_1^2 /2g + h_e$$

$$h_e = LS_f + C \left| a_2 V_2^2 / 2g - a_1 V_1^2 /2g \right|$$

dove:

$Y_I$, $Y_2$ = profondità della corrente nelle sezioni agli estremi del tratto;

$Z_1$, $Z_2$ quote del punto più basso del fondo alveo nelle sezioni agli estremi del tratto;

$V_1$, $V_2$ = velocità medie (rapporto portata/sezione bagnata);

$a_1$, $a_2$ = coefficienti di ragguaglio dell'energia cinetica

g = accelerazione di gravità

$h_e$ = perdita di carico

L = lunghezza del tratto (corretta secondo la distribuzione delle portate)

$S_c$ = cadente del carico totale

C = coefficiente di perdita per contrazione – espansione.

Nei casi in cui il profilo libero dell'acqua passa attraverso la profondità critica, l'equazione dell'energia non è più applicabile.

L'equazione dell'energia può essere infatti applicata solo in condizioni di moto gradualmente variato, mentre il passaggio da regime supercritico a subcritico, o viceversa, rappresentano condizioni di moto rapidamente variato.

Tale passaggio può essere causato da vari fattori, come un cambio significativo della pendenza del fondo, brusche variazioni di sezione o restringimenti determinati ad esempio dalla presenza di ponti con pile in alveo, confluenze, ecc.

In alcuni di questi casi è possibile fare uso di equazioni empiriche, in altri è necessario applicare l'equazione del Momento per ottenere una soluzione attendibile.

L'espressione per la variazione del Momento nell'unità di tempo può essere scritta come:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x$$

dove:

- P = pressione idrostatica nelle due sezioni consecutive del corso d'acqua;
- W = forza peso dell'acqua nella direzione x (direzione del moto);
- Ff = forza d'attrito;
- Q = portata del corso d'acqua;
- $\rho$ = densità dell'acqua;
- $\Delta$Vx = variazione della velocità tra le due sezioni consecutive.

Le sezioni sono riportate nel modello del programma di calcolo con una numerazione crescente dalla foce verso monte.

Il calcolo è eseguito iterativamente a partire da una condizione al contorno (all'estremo di monte e/o di valle del tronco fluviale); la soluzione si propaga alla sezione successiva dopo aver bilanciato il carico fra due sezioni contigue con uno scarto assegnato, che nel caso in esame si è posto inferiore a 1 centimetro.

Per i dettagli computazionali si rimanda alla documentazione del codice di calcolo (U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center: HEC – RAS River Analylis System, HYDRAULIC REFERENCE MANUAL, Davis, 1997).

L'applicazione della procedura per la determinazione del profilo di moto permanente associato alla porta di progetto richiede di disporre dei seguenti dati fondamentali:

- descrizione geometrica completa del tronco fluviale: deve essere costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni trasversali e dal loro posizionamento plani – altimetrico;
- definizione del tipo di corrente (lenta, veloce o mista) nel tronco;
- condizioni al contorno di valle o di monte, rispettivamente per correnti lente o veloci;
- caratterizzazione della resistenza dell'alveo mediante la definizione del coefficiente di scabrezza n (secondo Manning) e dei coefficienti di contrazione $C_c$ e di espansione $C_e$;
- definizione geometrica ed idraulica d'eventuali singolarità presenti in alveo (ponti, confluenze, etc.)

Per quanto riguarda il tipo di corrente, si è proceduto ipotizzando nei tronchi la presenza di una corrente mista, con passaggi da corrente veloce a corrente lenta.

Per la caratterizzazione della resistenza degli alvei, da esprimere in termini del coefficiente n di Manning (in $m^{-1/3}$ s), si è ritenuto opportuno adottare un valore del coefficiente di resistenza pari a 0.033. Per quanto riguarda invece i coefficienti d'espansione e contrazione, il loro valore è stato attribuito caso per caso in funzione delle caratteristiche della coppia di sezioni contigue, rispettivamente nel campo 0.1/0.6 per $C_c$ e 0.3/0.8 per $C_e$, con valori tanto più elevati dei coefficienti quanto più brusche sono le variazioni di forma e dimensioni delle sezioni.

La presenza di strutture in alveo impone l'introduzione di due coppie di sezioni da porre a monte e a valle del manufatto. In particolare, le sezioni immediatamente a monte e a valle devono essere posizionate sufficientemente vicine alle sezioni di ingresso e di uscita in modo da rappresentare l'alveo in adiacenza dell'opera. Le sezioni estreme devono essere posizionate, invece, laddove il flusso non è influenzato dagli effetti dovuti alla contrazione e all'espansione della corrente.

### 3.2 Descrizione del modello idraulico

Una efficace modellazione del sistema idraulico reale, più o meno complicato, risulta fondamentale per ottenere risultati sufficientemente attendibili circa il comportamento della vena fluida che percorre il canale e la tombinatura in moto permanente.

Nel caso in esame detto modello è particolarmente semplice così come si evince dallo schema riportato in calce.

Per il modello addottato si è assunto un coefficiente di scabrezza pari a 0.018 $m^{-1/3}$ s, secondo le indicazioni fornite da HEC- RAS per le tombinature cementate e confermate pure dall'Autorità del Piano di Bacino.

Le condizioni al contorno impiegate durante la verifica dell'asta in esame del corso d'acqua sono le seguenti:

- all'estremo di monte (sez. 14) si è stabilita la condizione di corrente critica;
- a valle (sez. 1) si è nuovamente impostata la condizione di corrente critica;

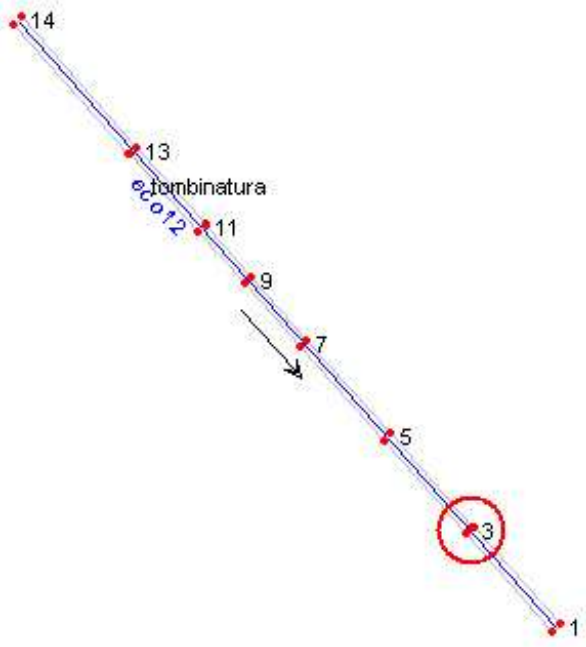



**Figura 3** Schema dell'andamento planimetrico della tombinatura in esame

## 4- Regimazione delle acque di scorrimento superficiale

L'area della discarica, di circa 1.2 $Km^2$ , è stata suddivisa per una migliore regimazione delle acque di scorrimento superficiale in 6 zone, come si vede dall'immagine seguente.

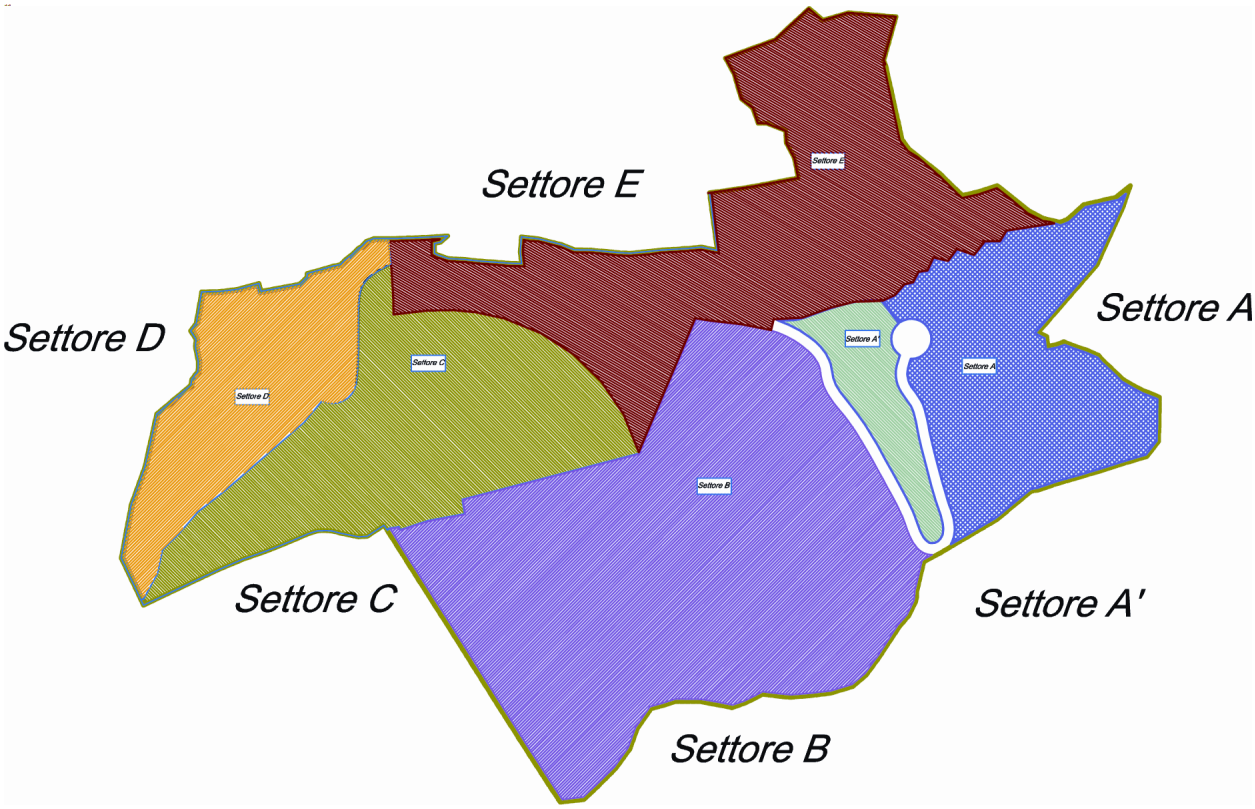



**Figura 4** Schema

Per ciascuna di queste si è provveduto al dimensionamento delle canalette di gronda che raccolgono l'acqua proveniente dalle canalette delle singole bancate divisa dall'acqua di versante il cui recapito è direttamente intercettato dal corso d'acqua naturale.

Di seguito si riporta la tabella con le indicazioni specifiche circa le portate previste in caso di eventi di pioggia eccezionali competenti per zona e le dimensioni geometriche delle sezioni correnti

Le canalette di che trattasi vengono realizzate a sezione trapezia in parte con scavo nel terreno con pendenza costante del 5% e rivestite con pietrame così come indicato nello schema tipo seguente mentre

quelle realizzate sulle scarpate vengono conformate con embrici in calcestruzzo di tipo autostradale..

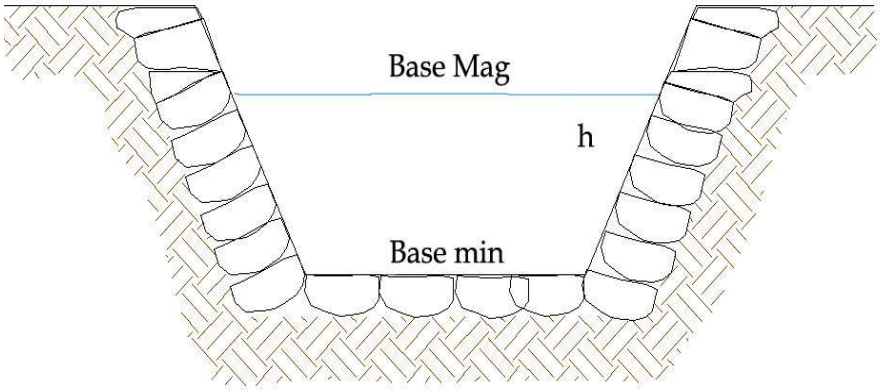



**Figura 5 -** Canaletta di gronda

Le verifiche idrauliche delle singole sezioni sono state condotte ipotizzando una corrente in moto uniforme da cui è stata ricavata la tabella seguente.

| zona | area ( $km^2$) | Q ( $m^3/s$) | Base min | Base mag | h $H_2O$ | lung. (m) | i % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | 0.0147 | 0.62 | 0.50 | 1.30 | 0.30 | 260 | 5 |
| **A1** | 0.0037 | 0.22 | 0.50 | 0.95 | 0.30 | 135 | 5 |
| **B** | 0.0408 | 1.75 | 0.60 | 1.90 | 0.45 | 270 | 5 |
| **C'** | 0.020 | 0.80 | 1.00 | 1.80 | 0.55 | 174 | 5 |
| **D** | 0.010 | 0.41 | 0.50 | 1.15 | 0.25 | 100 | 5 |
| **E** | 0.026 | 1.05 | 0.60 | 1.70 | 0.40 | 535 | 5 |

Le bancate frontali della discarica presentano una pendenza di circa l'1% verso monte in modo che l'acqua corrivi naturalmente nella canaletta trapezoidale in terra posta all'intersezione tra ciascuna scarpata e la relativa bancata.

Tale scelta permette di limitare entro termini accettabili l'erosione superficiale legata, come ben noto, alla velocità di scorrimento dell'acqua ed alle portate in gioco.

Lungo le scarpate vengono posati degli embrici in calcestruzzo di tipo autostradale posizionati in modo da convogliare una portata massima di 80 l/s pari ad una superficie di circa 2000 $m^2$ e, quindi, con un passo dell'ordine compreso tra i 200/300 m. cadauno.

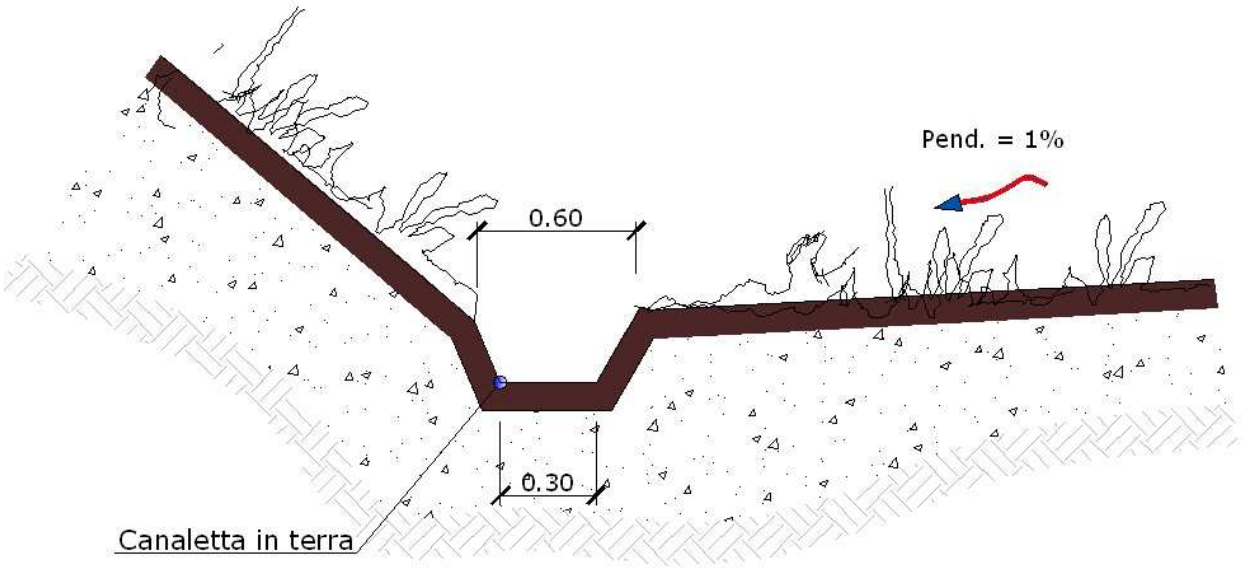



**Figura 6-** Canaletta in terra

Le acque immesse in queste cabalette, provenienti dalla corrivazione delle acque meteoriche superficiali e da quelle freatiche presenti nel substrato, vengono raccolte ed immesse in una vasca di decantazione posta al limite inferiore della discarica in destra e in sinistra rispetto al rio S. Bartolomeo.

## 5 Canali di gronda

Il perimetro della discarica è presidiato da canali di gronda aventi il compito di recapitare direttamente le acque raccolte dai versanti nel corso d'acqua naturale con il duplice scopo di evitare eccessive sollecitazioni al materiale nel frattempo abbancato ed evitare promiscuità

tra le acque venute a contatto con lo stesso materiale della discarica e quelle fluenti naturalmente dal versante.

Anche in questo caso i canali vengono realizzati mediante lo scavo di una sezione trapezia ed il loro perimetro protetto da un rivestimento in pietrame.

In pratica dette canalette hanno dimensioni di m.2.60/0.80x1.20, una pendenza del 5% ed uno sviluppo complessivo di circa m. 607 per la raccolta dell'acqua inerente al bacino n. 1 mentre, per il bacino tributario n. 2 la sezione della canaletta è di m. 3.00/0.90x1.80 ed uno sviluppo complessivo di circa m. 1000.

Per quanto attiene al settore A1 l'acqua viene raccolta da una canaletta stradale e successivamente immessa in una tubazione interrata del diametro di m. 1.00 che ha il compito di raccogliere la portata dell'impluvio naturale posto tra il settore A ed E.

Tale tubazione attraversa il corpo della discarica per immettersi direttamente in testa alla tombinatura principale.

## 6- Vasche di decantazione

Come già riferito è stata prevista la costruzione di n. 2 vasche di decantazione a valle della tombinatura su entrambe le sponde del Rio S. Bartolomeo.

Detti recapiti presentano una doppia funzionalità in quanto permettono la decantazione in vasca del trasporto solido in occasione di eventi metereologici particolarmente intensi o, in situazione di normalità atmosferica, di prelevare facilmente campioni di acqua proveniente dal corpo della discarica ed analizzarla per individuare la presenza di eventuali elementi inquinanti.

Qualora ciò avvenisse è possibile impedire lo sversamento nel corpo idrico naturale e prelevare dette acque per il relativo trattamento di disinquinamento.

In verità, vista la tipologia del materiale abbancabile in discarica, l'evenienza sopra accennata risulta molto improbabile ma trattasi, in definitiva, di un controllo di routine e di prevenzione ampiamente giustificato.

Naturalmente dette vasche sono divise in due settori separati da uno stramazzo; nel primo viene ricevuta l'acqua che arriva con moti turbolenti e, una volta raggiunta la calma, essa è in grado di depositare il materiale in sospensione per gravità.

Chiarificata l'acqua essa viene restituita al corpo ricettore naturale consistente nel rio S. Bartolomeo mentre, se risulta inquinata, essa verrà prelevata per essere trattata altrove..

## 7- Conclusioni

Dalla presente relazione è emerso, come peraltro già precedentemente indicato, che la presenza della tombinatura non crea alcun problema in quanto, data la portata duecentennale, le sue dimensioni sono tali da garantire comunque il franco richiesto di m. 1.50.

Altrettanto non si può dire per il franco cinetico che, all'epoca, era stato volutamente trascurato per contenere in termini accettabili le dimensioni del manufatto in c.a. privilegiando la realizzazione di una vasca sghiatrice alla partenza della tombinatura per evitare la possibilità di avere la presenza, nella sezione corrente di deflusso, di materiale litoide grossolano o, peggio ancora, di materiale flottante.

Infatti, così come indicato nella relazione tecnica della presente perizia, la vasca a monte viene dotata di una rastrelliera in profilati di acciaio tale da bloccare il materiale flottante prima che esso possa entrare nel manufatto con pericolo, anche se alquanto remoto, della presenza di rigurgiti improvvisi a monte con relativa formazione di corrente in pressione.

Le calcolazioni eseguite nella relazione idraulica richiamata in premessa per una portata di 32 $m^3$/s risultano ampiamente verificate se si tiene conto del fatto che nella nuova situazione diminuisce, seppur di poco, l'estensione del bacino imbrifero e la portata per cui, la portata relativa con tempo di ritorno duecentennale, viene anch'essa ridotta a 28 $m^3$/s.

Circa il drenaggio superficiale è stata suddivisa la superficie della discarica in parti all'incirca equivalenti in modo da contenere le portate massime superficiali nell'ordine inferiore ad un $m^3$/s sia per limitare, per

quanto possibile, le dimensioni delle canalette superficiali che per evitare l'instaurarsi di velocità pericolose per detti manufatti ma, ancor più, per la stabilità superficiale degli abbancamenti specialmente nel 1° periodo di gestione, ovvero fintanto che non abbia ben radicato la vegetazione impiantata artificialmente insieme a quella spontanea sulla superficie di scorrimento dell'acqua..

Nel caso di specie le canalette superficiali, realizzate a sezione trapezia con rivestimento in pietrame ed una profondità netta massima di m. 0.50, presentano dimensioni di m. 0.80 alla base minore per m. 1.60 alla base maggiore e sono deputate a raccogliere sia il percolato che le acque superficiali inerenti la superficie della discarica per trasferirli nelle vasche di decantazione prima di essere immessi nel corso d'acqua naturale.

Dimensioni maggiori hanno i canali di gronda deputati a raccogliere le acque superficiali provenienti dai versanti naturali; queste, peraltro, confluiscono, dopo aver percorso il perimetro della discarica stessa, direttamente nel corso d'acqua naturale.

*Ing. Giacomo Saguato*

Diano Marina, 25.02.2013

Allegati: Elaborati HEC-RAS