

COMUNE DI TOCCO CAUDIO
PROVINCIA DI BENEVENTO



LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA DELLA DISCARICA COMUNALE
SITA ALLA LOCALITA' PAODONE P.O.R. CAMPANIA FERS 2007/2013
OBIETTIVO OPERATIVO 1.2 ATTIVITA' A) E B) - D.G.R.C. N. 175 DEL 03.06.2013

Progetto architettonico:

Architetti+Ingegneri Associati
ing. Giancarlo Campagna
ing. Epifanio Scravaglieri
arch. Giuseppe Scravaglieri

Elab. EA1

Relazione generale

Centuripe 12/05/2014 - 1° Emissione
Centuripe 29/10/2014 - Revisione
Centuripe 12/12/2014 - Revisione

INDICE

PREMESSA.....	Pag.1
STATO DI FATTO DELLA DISCARICA.....	Pag.1
VINCOLI.....	Pag.7
RISCHI.....	Pag.7
CAUSA E DATAZIONE DELLA FRANA.....	Pag.7
CAUSE DELL'INQUINAMENTO.....	Pag.13
CALCOLO VOLUME RIFIUTI ABBANCATI.....	Pag.15
CALCOLO PRODUZIONE BIOGAS.....	Pag.15
POZZI PER L'EVACUAZIONE DEL BIOGAS.....	Pag.17
PROGETTO PER LA BONIFICA E LA MESSA IN SICUREZZA.....	Pag.18
CANALI DI GRONDA.....	Pag.18
PARATIA DI PALI IN C.A.....	Pag.29
MURI DI CONTENIMENTO E DI SOSTEGNO IN TERRA ARMATA....	Pag.29
CANALETTA DI GRONDA E TRINCEA DRENANTE.....	Pag.36
CALCOLO DELLA PRODUZIONE DEL PERCOLATO.....	Pag.36
POZZI PER IL MONITORAGGIO DELLE ACQUE DI FALDA.....	Pag.42
COPERTURA FINALE DELLA DISCARICA.....	Pag.42
RETE DI PIEZOMETRI SUB-ORIZZONTALI.....	Pag.43
RECINZIONE E N. 2 CANCELLI.....	Pag.43
CAMPIONATURA DEL TERRENO.....	Pag.44
ELENCO ELABORATI.....	Pag.44

PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di illustrare tecnicamente il progetto esecutivo per la bonifica e la messa in sicurezza della discarica del Comune di Tocco Caudio sita in contrada Paodone,

Essa e' entrata in esercizio nel 1994 ed è stata chiusa nel 2002.

Il sito si trova all'interno della particella è iscritta al NTC del comune di Tocco Caudio al foglio 19 particella 155, superficie ha 0.76.59, bosco ceduo.

Ad essa si accede da una stradella in calcestruzzo che si diparte dalla SSP49, in diversi punti dissestata.

STATO DI FATTO DELLA DISCARICA

Nel 1996, per l'abbancamento dei rifiuti è stata realizzata una vasca di forma quasi regolare, a basi rettangolari, dimensioni max a quota zero ml. 50 x 65 circa, pari ad una superficie di m² 3.250 pari al 42,43% dell'intera particella, con una profondità di circa ml. 5,30, con una capienza di circa 15.467,77 m³.

Il sito risulta oggi in parte recintato lungo il confine della proprietà comunale, con un cancello di ingresso che attualmente si presenta abbattuto.

Prima dell'abbancamento dei rifiuti, la vasca è stata impermeabilizzata con un telo sia nel fondo sia nelle pareti.

E' stato realizzato il drenaggio nel fondo della vasca per la captazione del percolato e un pozzo realizzato con prefabbricati circolari, in calcestruzzo vibrato, di diametro ml 1,60, all'interno della medesima vasca. Dalla documentazione in possesso emerge che è stata realizzata una rete di drenaggio all'interno della vasca che confluisce all'esterno, tramite una tubazione in PVC, in una fossa biologica a tenuta stagna per il completo svuotamento della stessa. Il percolato viene monitorato e prelevato dal pozzo interno alla discarica.

La discarica non è dotata di pozzi per il recupero biogas.

I rifiuti risultano ricoperti con uno strato di terreno di spessore variabile.

Attualmente la discarica è in gran parte (98%) ricoperta da una foltissima ed alta vegetazione infestante quali **Rovi** (**Rubus** ulmifolius, pianta arbustiva perenne, sarmentosa con fusti aerei a sezione pentagonale lunghi fino a 6 metri ed anche più, provvisti di spine arcuate) e **Cannucce di palude** (**Phragmites** australis, specie erbacea perenne, rizomatosa, che può raggiungere anche i 4 metri di altezza). Sono presenti qualche cespuglio di **Inula viscosa** (**Inula** viscosa, pianta cespugliosa, generalmente sempreverde, della famiglia delle Asteraceae piuttosto comune nelle

regioni mediterranee) e **Rosa canina**, (**Rosa** canina, specie di rosa spontanea più comune in Italia, molto frequente nelle siepi e ai margini dei boschi, arbusto spinoso, alto 100 - 300 cm, con fusti legnosi glabri, spesso arcuati e pendenti, e radici profonde).



Foto n. 1

Nel **corso delle indagini eseguite** dalla ditta Trivel Depura s.a.s., sulla base della richiesta di indagine di tipo sismico dello scrivente studio di progettazione, **sono stati rinvenuti rifiuti oltre la vasca**, sopra citata, **su tutta l'intera superficie della particella comunale nonché su gran parte della sede della stradella di accesso e in due ben distinte aree oltre la stessa come evidenziato nella planimetria di fig. 1.**

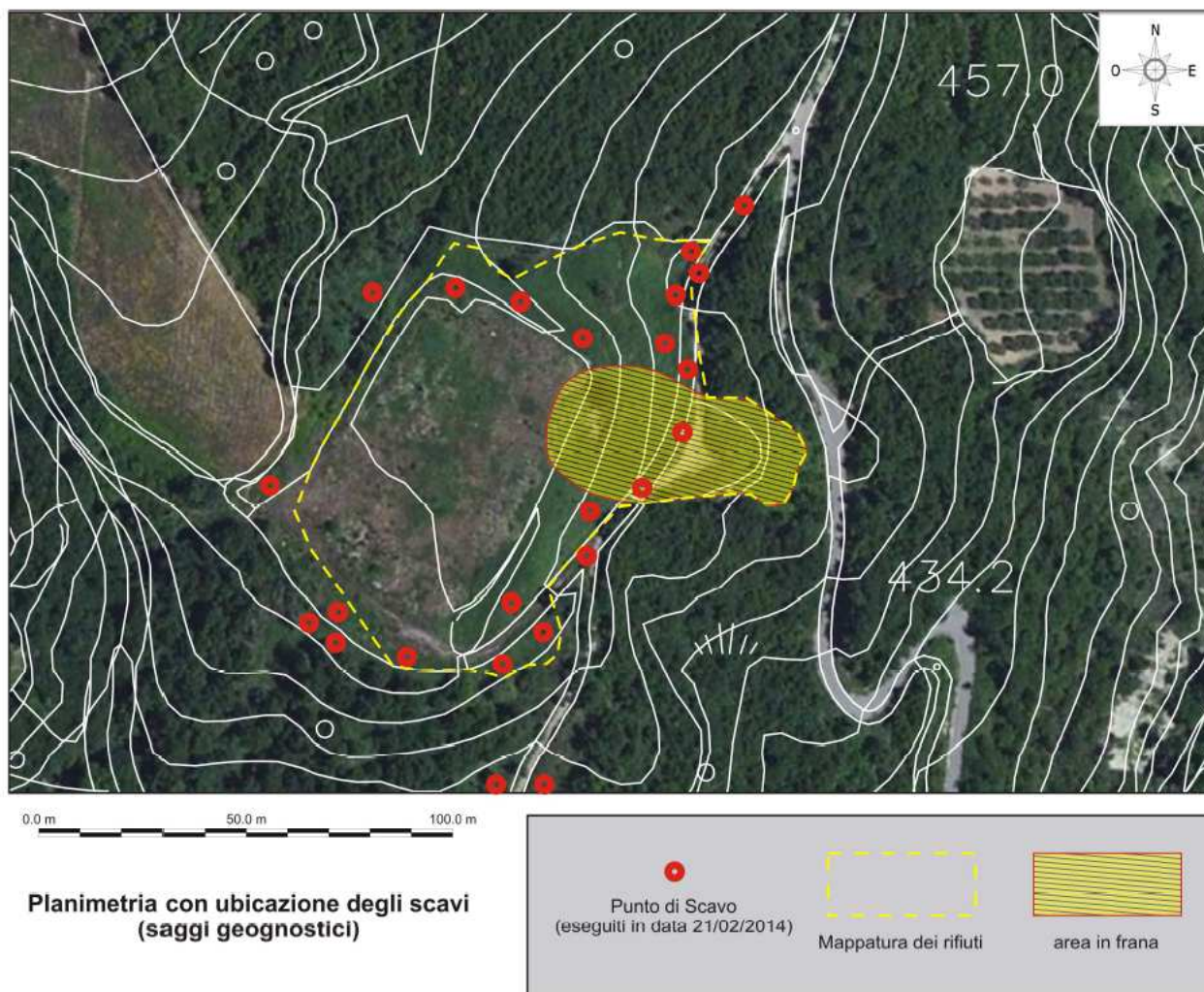


Fig. 1 – Indagini geologiche - Planimetria mappatura rifiuti (tratta dalla relazione geologica del dott. D’Agostino)

Nella medesima planimetria il geologo dott. Giuseppe D’Agostino evidenzia un’“area in frana”, definito anche “piccolo dissesto localizzato”, che ha interessato “volumi di rifiuti che sono stati stoccati al di fuori delle vasche originarie lungo il fianco nord-orientale del sito dove alloggiano le vasche stesse” originata dal “disordine idraulico in cui versa la porzione di versante e, di conseguenza, a fenomeni di erosione e scalzamento al piede delle vasche, operato dalle acque liberamente defluenti sul versante”.

Dai risultati degli esami di laboratorio dei campioni di terreno prelevati è emerso che in alcuni punti sono presenti elementi inquinanti quali **piombo** ed **idrocarburi**, in quantità tali da superare i limiti di legge, sia a livello del piano di campagna che in profondità. Confrontando ed incrociando i dati emersi dall’analisi di campioni di terreno prelevate in sito assieme ai dati ricavabili dal piano di caratterizzazione si determina la configurazione di un’area abbastanza inquinata non solo all’interno della vasca di abbancamento, ma anche al di fuori della particella comunale.

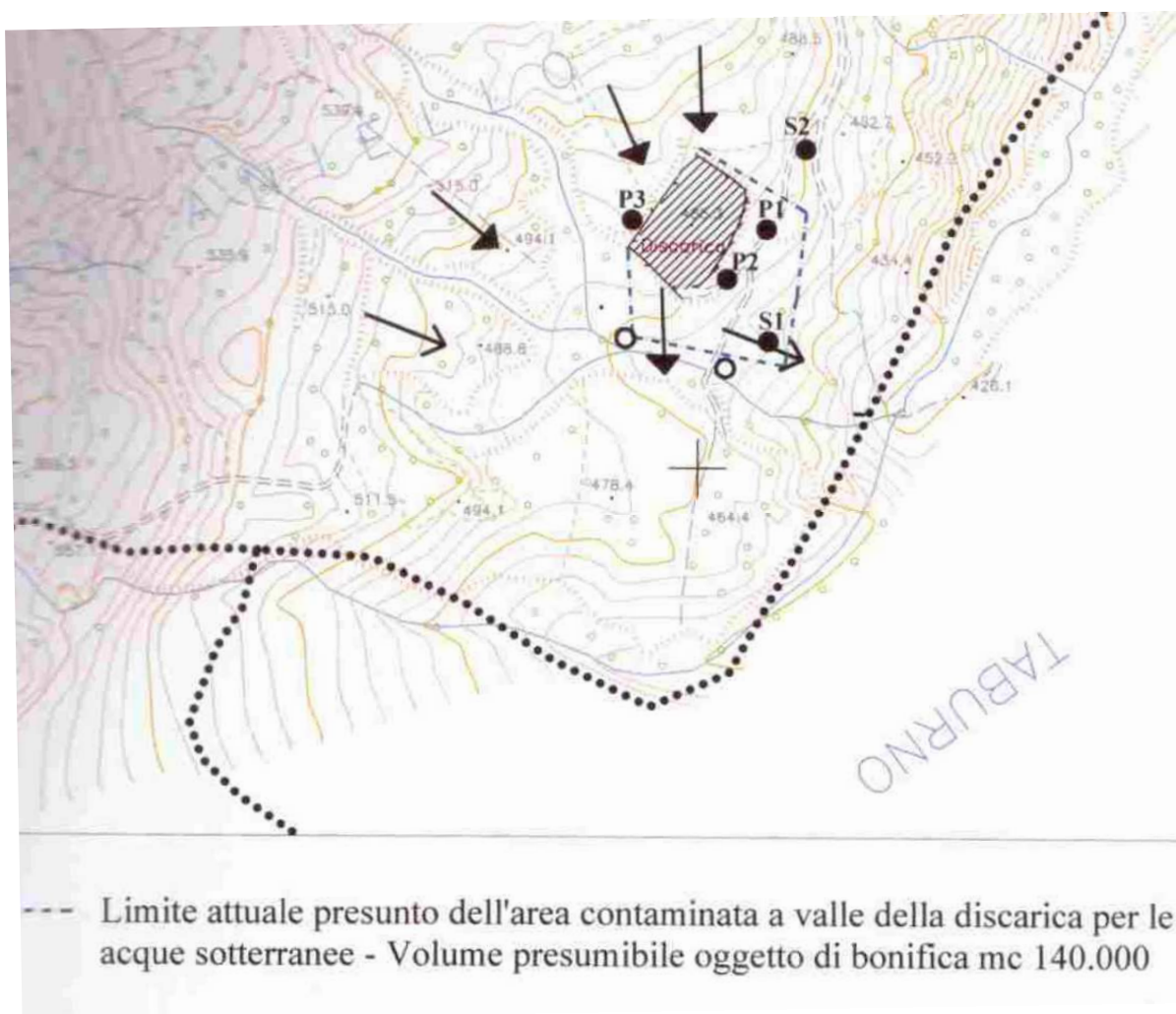


Fig. 2 – Mappa estrapolata dal piano di caratterizzazione

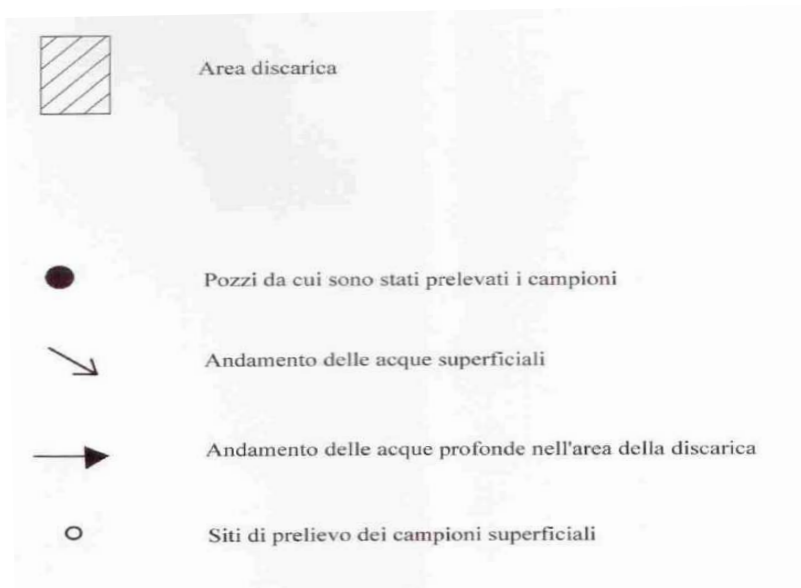


Fig. 3 – Legenda della mappa estrapolata dal piano di caratterizzazione



Fig. 4 – Indagini geologiche – posizionamento sondaggi eseguiti

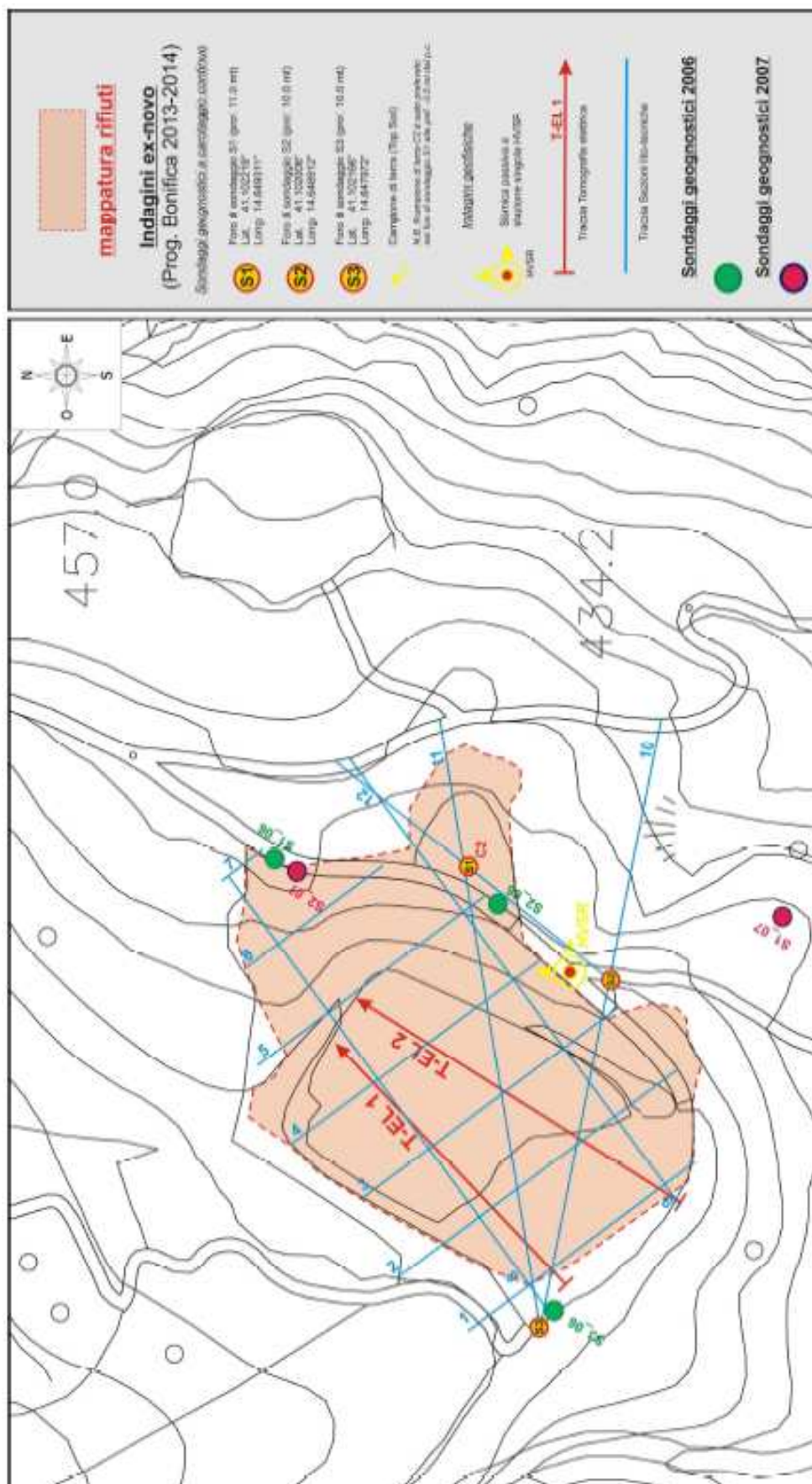


Fig. 5 – Indagini geologiche – mappatura dei rifiuti

COMUNE TOCCO CAUDIO							ARPAC		COMUNE T.C.	
Anno 2006			Anno 2007				Anno 2007	Anno 2008	Anno 2013	Anno 2013
acqua			terreno		acqua		terreno	acqua	terreno	terreno
P1	P2	P3	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME	CONFORME	CONFORME	NON CONFORME	CONFORME	CONFORME	CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME

Tab. 1 - Tabella riepilogativa dei risultati della analisi dei terreni e delle acque prelevati nel 2006-2006-2008-2013

Nota: Conforme o non conforme alle disposizioni previste dal DM 471/99 e dal D.Lgs. 152/2006

VINCOLI

Per la natura dei vincoli esistenti si rimanda alla relazione paesaggistica.

RISCHI

I rischi presenti nell'area di intervento sono costituiti da:

- Inquinamento del suolo e delle acque sotterranee, documentato dalle numerose analisi di laboratorio;
- Invasione dell'area da parte delle acque meteoriche provenienti dal bacino imbrifero, documentato dalle immagini di google earth del 2006;
- Dissesto del corpo dei rifiuti come definito dal geologo;
- Persistenza della produzione del percolato.

CAUSA E DATAZIONE DELLA FRANA

Cercare di risalire alla causa della "frana" o "piccolo dissesto localizzato" nel corpo dei rifiuti è estremamente importante ai fini di poter definire la proposta progettuale, in quanto si tratterebbe di prevenire eventuali interferenze esterne all'area.

Interferenze idrogeologiche che sono molto frequenti in funzione del sito in cui si trova, lungo una pendice del monte Taburno, e del bacino imbrifero da cui dipende, come si vede dalla fig. 6.

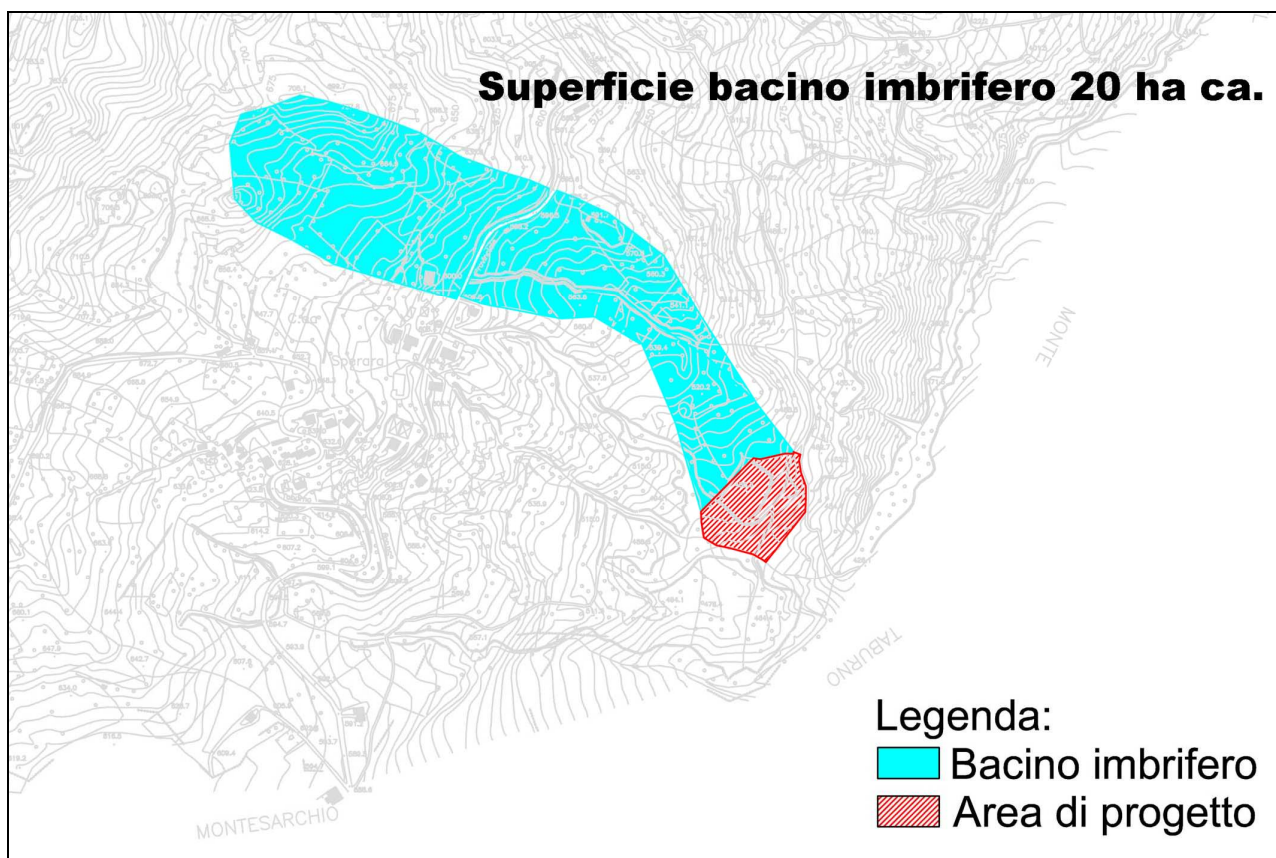


Fig. 6 – Planimetria con individuazione del bacino imbrifero dell'area in oggetto

A tal proposito il geologo, a pag. 46 della relazione geologica, afferma ”nel quadro delle criticità individuate in fase di studio, gli interventi di messa in sicurezza definitiva dovranno essere commisurati ed adeguati al livello di pericolosità idrogeologica dell'area e tali da non determinare alcun incremento del rischio...”

Oggi, fortunatamente, il progresso mette a disposizione di tutti, e quindi anche dei tecnici, una tecnologia che ha permesso di studiare con attenzione il sito mediante le immagini satellitari effettuando un'attenta analisi diacronica dei fenomeni nel corso degli anni.

Così si è potuto appurare, mediante le immagini (fig. 7 e 9) datate 31.10.2006, che in quell'anno (o in qualche d'uno precedente), l'area della discarica è stata investita da una consistente massa d'acqua di natura meteorica che l'ha attraversata proseguendo verso valle fino al torrente.



Fig. 7 – Immagine satellitare N°1

Legenda:

- Percorso acque superficiali
- Area in dissesto
- ↘ Infiltrazioni acque meteoriche



Fig. 8 – Immagine satellitare N°1_bis

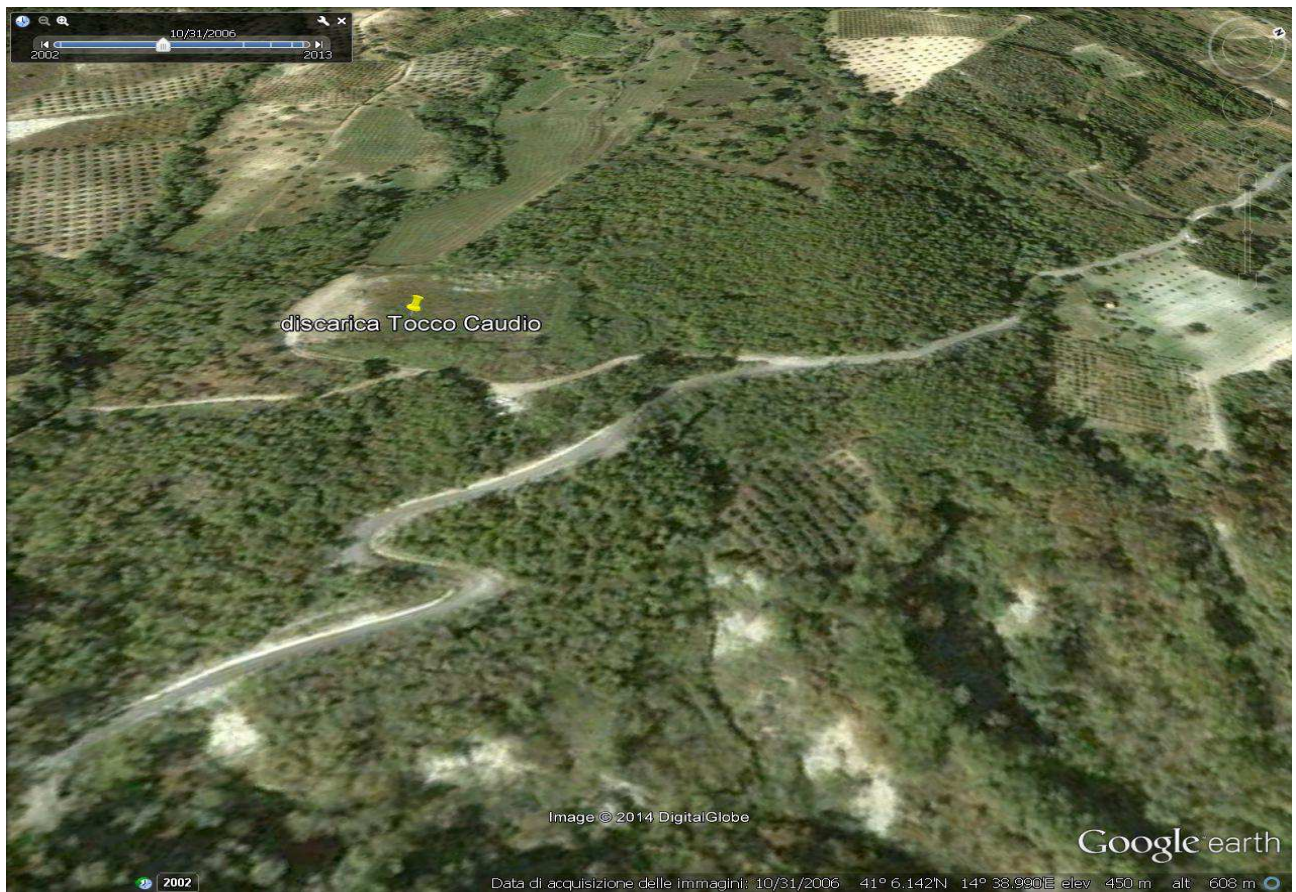


Fig. 9 – Immagine satellitare N°2

Legenda:

- Percorso acque superficiali
- Area in dissesto
- Infiltrazioni acque meteoriche



Fig. 10 – Immagine satellitare N°2_bis

Questo fenomeno ha creato una forte erosione che ha inciso fortemente il terreno lasciando una traccia abbastanza chiara in tutto il versante.

Con sufficiente attendibilità la causa del dissesto nei rifiuti si può far risalire a questi eventi di quegli anni che hanno provocato anche altre depressioni nel corpo dei rifiuti, oltre quella rinvenuta dal geologo, ben visibili nelle immagini satellitari, oggi non più riscontrabili a causa della molto fitta ed alta vegetazione esistente.

Secondo questa nostra tesi, avvalorata però dai fenomeni avvenuti nel corso degli anni (frana sul corpo dei rifiuti, dissesto idrogeologico, irrilevante quantità di percolato nel fondo del pozzo drenante presente nella vasca esistente) le acque meteoriche hanno indebolito la scarpata su cui poggiava l'angolo Nord-Ovest della vasca esistente, piena di rifiuti e di percolato, che ripiegandosi su se stessa ha causato lo sversamento del percolato e, di conseguenza, ha provocato la frana,

facendo riversare i rifiuti sulla stradella e sulla scarpata sottostante nonché l'inquinamento del terreno fino a livello di -3,50 dal piano di campagna.

CAUSE DELL'INQUINAMENTO

La causa dell'inquinamento delle acque e del terreno è, a nostro avviso, in forte correlazione con tre elementi che sono stati evidenziati in parte sopra:

1. l'abbancamento dei rifiuti fuori della vasca;
2. l'azione continua delle acque meteoriche
3. la pendenza del versante che si attesta intorno al 25%;
4. la pendenza delle scarpate dell'area dell'ex-discarda intorno al 35%;
5. la presenza di terreno sabbioso, che per sua natura è drenante.

I rifiuti al di fuori della vasca, in zone che rappresentano oltre il 50% dell'intera superficie della discarda dove non c'è presenza, alla base degli stessi, del manto impermeabile, attraversati dalle acque meteoriche, come è ben noto, producono **percolato** che, di fatto, è un liquido molto inquinante.

Da ciò si può far scaturire l'inquinamento da idrocarburi, da piombo, ecc. in profondità riscontrati sia con le indagini effettuate nel 2013-2014 sia in quelle precedenti 2006-2007-2008, che sono alla base del piano di caratterizzazione (vedasi fig.2).

Per quanto riguarda l'inquinamento da piombo in superficie, nel punto C1, non è stato possibile risalirne alla causa, con i dati a disposizione. Per tentare di capirne la causa e porre gli eventuali rimedi, si rimanda a successive indagini nel corso dei lavori di bonifica e messa in sicurezza.

Da quanto sopra, sulla base dei due elementi sopradescritti, acque meteoriche ed inquinamento, emerge l'esigenza di dotare la discarda di un'area più ampia in modo da:

- realizzare i canali di gronda ad una distanza di sicurezza dai rifiuti per intercettare le acque meteoriche e convogliarle verso il torrente senza che possano attraversare o interferire con i rifiuti;
- realizzare una paratia, tra i canali ed il corpo dei rifiuti, in modo da creare una barriera alle acque sotterranee;
- isolare l'area della discarda, inquinata, dalla restante parte di terreni per impedire l'accesso alle persone ed animali;

- dare il tempo alla natura di “recuperare” la propria integrità fisica a seguito degli interventi di bonifica che sono previsti nel presente progetto e che sono illustrati in seguito;
- monitorare negli anni l’evolversi dell’azione di recupero naturale del sito.

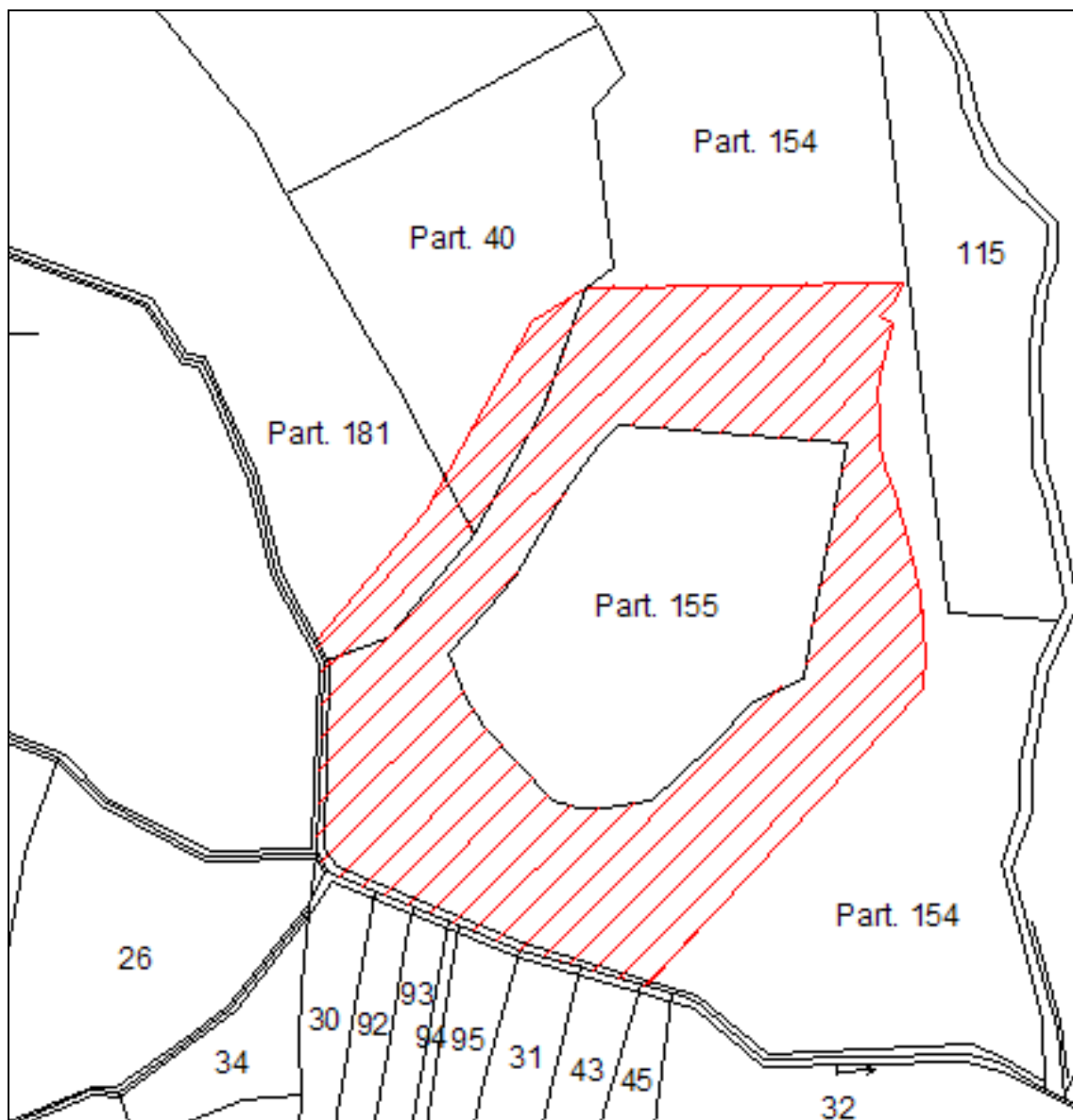


Fig. 11 – Planimetria catastale dell’area d’intervento

CALCOLO VOLUME RIFIUTI ABBANCATI

Dai grafici elaborati dal geologo si può, con sufficiente approssimazione ricavare il volume dei rifiuti abbancati che è pari a circa 22. 560,70 m³ che dato dalla somma dei rifiuti dentro la vasca (15.467,77) e quelli fuori vasca pari a 7.092,93 m³ (vedi tab. 2).

					Sezione
Ai	Af	RadQ (Ai-Af)	H	V	1_2
35,27	42,52	38,73	20,00	776,77	
Ai	Af	RadQ (Ai-Af)	H	V	2_3
42,52	42,19	42,35	20,00	847,10	
Ai	Af	RadQ (Ai-Af)	H	V	3_4
42,19	33,96	37,85	20,00	760,01	
Ai	Af	RadQ (Ai-Af)	H	V	4_5
33,96	159,93	73,70	20,00	1 783,91	
Ai	Af	RadQ (Ai-Af)	H	V	5_6
159,93	76,94	110,93	20,00	2 318,65	
Ai	Af	RadQ (Ai-Af)	H	V	6_7
76,94	1,91	12,12	20,00	606,48	

TOT. 7 092,93

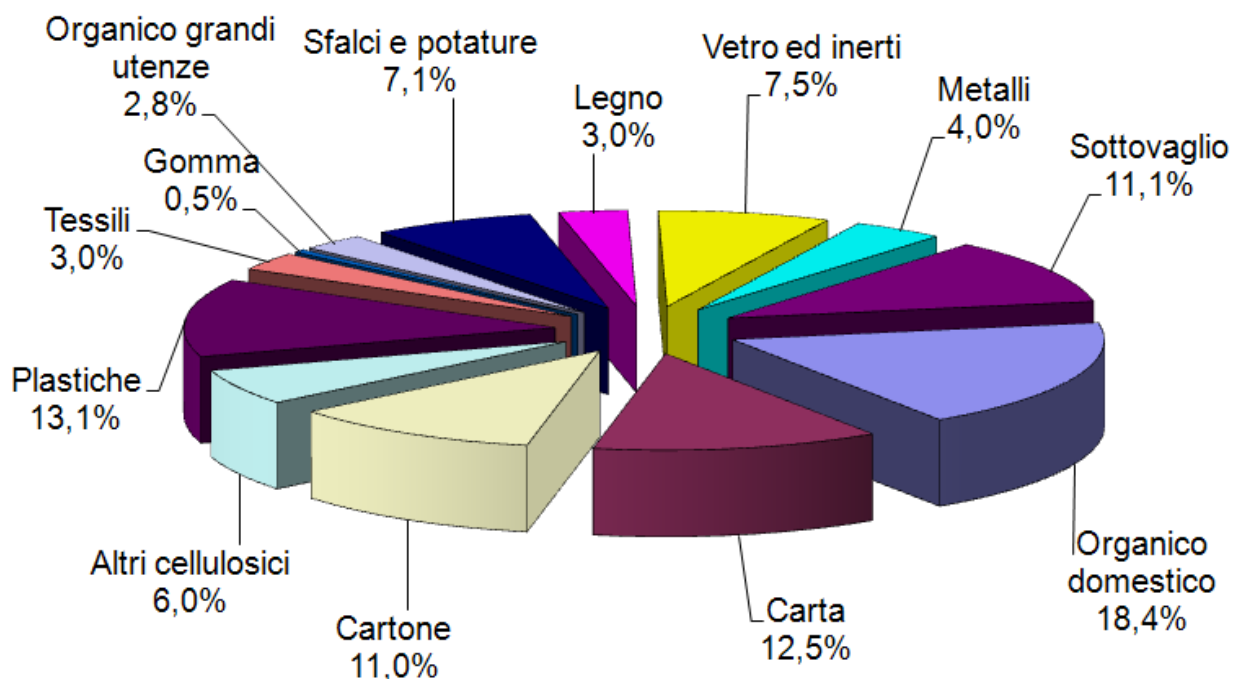
Tab. 2 – Calcolo volumi abbancati

CALCOLO PRODUZIONE BIOGAS

Per il calcolo della produzione del biogas si utilizza la relazione semplificata ideata da **G. Tchobanoglous** ed altri.

In considerazione del fatto che non si hanno dati sui rifiuti effettivamente abbancati, si è presa come riferimento la composizione merceologica dei rifiuti presente in

letteratura.



Tab. 3 – Composizione merceologica dei rifiuti di riferimento

Il periodo di abbancamento dei rifiuti inizia in data 05/03/94 con l'emissione del Decreto Commissariale prot. 1021 e termina in data 06/05/2002 come rilevato dall'ARPAC con il relativo verbale.

Come visto in precedenza il volume dei rifiuti abbancati, con buona approssimazione, è stato stimato in m³ 22.560,70.

Pertanto si è considerata una media di abbancamento annua di m³ 2.506.

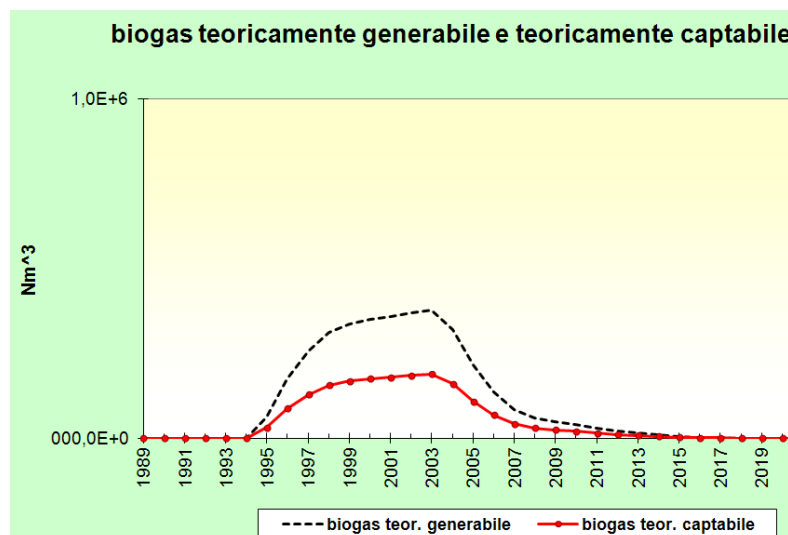


Diagramma 1 – Produzione del Biogas in funzione degli anni

Anno	Q.tà RS inserita (tonnellate)	biogas teor. generabile (Nm ³)	biogas teor. captabile (Nm ³)	Biogas captato (Nm ³)
1989	0	0	0	
1990	0	0	0	
1991	0	0	0	
1992	0	0	0	
1993	0	0	0	
1994	2 506	0	0	
1995	2 506	62 497	31 249	
1996	2 506	173 379	86 690	
1997	2 506	256 034	128 017	
1998	2 506	310 463	155 231	
1999	2 506	336 665	168 333	
2000	2 506	348 150	174 075	
2001	2 506	358 425	179 213	
2002	2 506	367 492	183 746	
2003	0	375 350	187 675	
2004	0	319 501	159 751	
2005	0	214 060	107 030	
2006	0	135 636	67 818	
2007	0	84 229	42 115	
2008	0	59 841	29 920	
2009	0	48 960	24 480	
2010	0	38 685	19 342	
2011	0	29 618	14 809	
2012	0	21 760	10 880	
2013	0	15 111	7 556	
2014	0	9 671	4 836	
2015	0	5 440	2 720	
2016	0	2 418	1 209	
2017	0	604	302	
2018	0	0	0	
2019	0	0	0	
2020	0	0	0	

Tab.4 – Produzione del Biogas in funzione degli anni

Da quanto sopra emerge che la produzione massima si è avuta nell'anno 2003 per poi decrescere repentinamente fino ad essere nulla nell'anno 2018.

Pozzi per l'evacuazione del biogas

Considerata l'esiguità della quantità di biogas ancora teoricamente producibile e captabile dai rifiuti, non risulta conveniente prevedere alcun impianto per la captazione del biogas.

Si prevede solamente la realizzazione di n. 6 pozzi di sfiato per far disperdere l'esiguo biogas rimanente nell'atmosfera.

PROGETTO PER LA BONIFICA E LA MESSA IN SICUREZZA

Il progetto prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- 1) due canali di gronda, uno sul lato destro ed uno su quello sinistro, per intercettare le acque meteoriche provenienti da monte, compreso un nuovo idoneo attraversamento della strada comunale;
- 2) una paratia di pali in c.a. con diametro pari a 0,50 ml e lunghezza variabile da 12,00 ml a 14,00 ml, per creare una barriera alle acque sotterranee e n. 2 dreni sub-orizzontali, di lunghezza pari rispettivamente a ml 111,16 e ml 118,00, per far evacuare le acque di falda;
- 3) una canaletta di gronda lungo il perimetro dei rifiuti per intercettare le acque superficiali provenienti dall'area della discarica e lungo la stradella;
- 4) una trincea drenante sotto il terreno vegetale in modo di captare le eventuali acque meteoriche in eccesso presenti nello strato del terreno vegetale, che comunque sono acque classificabili come non inquinate;
- 5) muri in terra armata lungo la stradella di accesso alla discarica e sul lato Est per realizzare una nuova vasca, contenere i rifiuti fuori della vasca esistente, captare il percolato e modellare il sito;
- 6) muri in terra armata a sostegno della sede della stradella;
- 7) la copertura finale della discarica ed il ripristino della copertura vegetale;
- 8) n. 3 pozzi per il monitoraggio delle acque di falda;
- 9) una rete costituita da n. 13 dreni sub-orizzontali per monitorare le acque sotterranee all'interno dell'area che è risultata inquinata sia a seguito degli esami effettuati per la redazione del piano di caratterizzazione sia a seguito degli esami effettuati dal Comune di Tocco Caudio nell'anno 2013-2014;
- 10) la recinzione e n. 2 cancelli;
- 11) campionatura del terreno sotto i rifiuti e nella zona in cui è stato trovato l'inquinamento di idrocarburi e piombo.

Canali di gronda

A monte della discarica è prevista la realizzazione di due canali di gronda, uno sul lato destro ed uno su quello sinistro, per la captazione delle acque meteoriche per diminuire l'afflusso di acqua all'interno del bacino della discarica al fine di diminuire la produzione di percolato.

Entrambi i canali hanno uguali caratteristiche: tratti con lieve pendenza (da 0 fino a 19%) e quelli con forte pendenza (da 20 fino a oltre il 50%).

Verifica dei due canali.

Per il calcolo delle portate di pioggia si utilizza il metodo semplificato degli “ingegneri tedeschi” che prevede la seguente formula:

$$Q = \frac{\phi \times \psi \times i \times A}{360}$$

dove:

Q = portata di pioggia in m³/s

I = intensità di pioggia in mm/h

A = area del bacino in ha

ϕ = coefficiente di impermeabilità

In funzione dell'esperienza consolidata del territorio si può considerare che l'intensità di pioggia sia pari a 60 mm/h ed il valore del coefficiente di impermeabilità sia pari a 0,8.

I canali avranno una sezione trapezoidale con inclinazione di ½.

Per la verifica del fosso si considera la formula di Chèzy:

$$Q = \Omega \chi \sqrt{R_i \times i}$$

dove:

Q = portata in m³/s

Ω = area della vena fluida in m²

$$\chi = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_i}}} \quad \text{coefficiente di Bazin in } \frac{\sqrt{m}}{s}$$

γ coefficiente di scabrezza di Bazin in $\sqrt{m} = 1,75$ (canale in terra in cattive condizioni)

$$R_i = \text{raggio idraulico} = \frac{\Omega}{C} \text{ in m}$$

C = contorno bagnato in m

Relazione generale

CANALE versante OVEST

area bacino imbrifero

ha

4

PORTATA BACINO IMBRIFERO

Q=

$$\frac{0,8 \quad 60 \quad 4 \quad 0,9}{360} = \frac{172,8}{360} = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

PORTATA DEFLUENTE CANALE

Area=

$$\frac{4 \quad 0,6}{2} = \frac{2,4}{2} = 1,2$$

Contorno bagnato

$$1 \quad 1,17 \quad 1,17 = 3,332381$$

Raggio idraulico

$$\frac{1,2}{3,332381} = 0,360103$$

coefficiente di scabrezza

1,3

lati inclinati del canale

$$0,36 + 1 = 1,36$$

radice quadra di 1,36

$$= 1,17$$

radice quadra del raggio idr

0,60

radice quadra del raggio idraulico x i

0,02

$$\frac{1,3}{0,60} = 2,166357$$

X

$$1 + 2,166357 = 3,166357$$

$$\frac{87}{3,166357} = 27,47637$$

Q= portata

$$1,2 \quad 27,47637 \quad 0,02 \quad 0,625682 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Verificata}$$

Tab.5 – Calcoli effettuati canale ad Ovest

TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI
DEL CALCOLO IDRAULICO

CANALE RIVESTITO IN BLOCKFLEX



CANALE DI SINISTRA

Località: Paodone Tocco Caudio

Pendenza alveo %	Q mc/sec	B m	H m	V m/sec.	Kb	Num. Froude	Tipo Bloc.	Fs
0,40	0,5	1	0,12	3,52	1		40	1,52
	0,5	1	0,12	3,52	1		60	1,80
	0,5	1	0,12	3,52	1		70	1,88
	0,5	1	0,12	3,52	1		85	2,13
0,50	0,5	1	0,12	3,53	1	3,61	40	1,35
	0,5	1	0,12	3,53	1		60	1,61
	0,5	1	0,12	3,53	1		70	1,70
	0,5	1	0,12	3,53	1		85	1,93
0,50 SI	0,5	1,5	0,09	3,43	1	3,91	40	1,58
							50	1,74
							60	1,85
							70	1,92

Tab.6 – Tabella riassuntiva dei risultati del calcolo idraulico canale ad Ovest

Relazione generale

CANALE versante EST
area bacino imbrifero
PORTATA BACINO IMBRIFERO
Q=

$$\frac{0,8 \quad 60 \quad 16 \quad 0,9}{360} = \frac{691,2}{360} = 1,92 \text{ m}^3/\text{s}$$

PORTATA DEFLUENTE CANALE
Area=

$$\frac{6 \quad 1}{2} = \frac{6}{2} = 3$$

Contorno bagnato

$$2 \quad 1,41 \quad 1,41 = 4,828427$$

Raggio idraulico

$$\frac{3}{4,828427} = 0,62132$$

coefficiente di scabrezza

$$1,3$$

lati inclinati del canale

$$1 + 1 = 2$$

radice quadra di 1,36

$$1,41$$

radice quadra del raggio idr

$$0,79$$

radice quadra del raggio idraulico x i

$$0,02$$

$$\frac{1,3}{0,79} = 1,649246$$

X

$$1 + 1,649246 = 2,649246$$

$$\frac{87}{2,649246} = 32,83953$$

Q= portata

$$3 \quad 32,83953 \quad 0,02 \quad 2,455703 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Verificata}$$

Tab.7 – Calcoli effettuati canale ad Est

TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI DEL CALCOLO IDRAULICO

CANALE RIVESTITO IN BLOCKFLEX



CANALE DI DESTRA

Località: Paodone Tocco Caudio



Pendenza alveo %	Q mc/sec	B m	H m	V m/sec.	Kb	Num. Froude	Tipo Bloc.	Fs
3	1,92	2	0,34	2,08	1	1,27	40	4,19
9	1,92	2	0,25	3,02	1	2,10	40	2,42
15	1,92	2	0,21	3,77	1	2,84	40	1,72
17	1,92	2	0,2	3,93	1	3,01	40	1,59
18	1,92	2	0,2	4,01	1	3,10	40	1,53
18,5	1,92	2	0,2	4,04	1	3,12	40	1,51
21	1,92	2	0,2	4,10	1	3,19	40	1,41
25	1,92	2	0,19	4,12	1	3,21	40	1,30
							60	1,61
							70	1,71
							85	1,95
25 SI	1,92	2,5	0,17	4,03	1	3,32	40	1,42
	1,92	3,0	0,15	3,95	1	3,43	40	1,52

Tab.8 – Tabella riassuntiva dei risultati del calcolo idraulico canale ad Est

Tali canali sono previsti in terra naturale, a sezione trapezia, protetti da un geotessile antierosivo, ancorato opportunamente al terreno, su cui verrà disteso un rivestimento antierosivo pesante (tipo blokflex) realizzato con materiale rigido che consente anche la parziale crescita di vegetazione mitigando l'impatto ambientale dei blocchi di calcestruzzo come fig. 12 e 13.

Fig. 12 – elemento di calcestruzzo

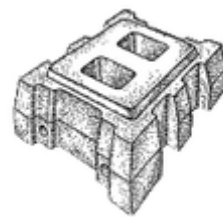


Fig. 13 – Canale di gronda rivestito in blocchi di calcestruzzo.

Questa tipologia di rivestimento permette scambi idrici tra il canale ed il terreno circostante e, viceversa; quindi permette di rifornire la falda idrica ed il sub-alveo nei periodi poco piovosi; consentono anche di far funzionare il canale come dreno dei terreni circostanti nei periodi molto piovosi migliorandone di conseguenza la stabilità.

Invece, un rivestimento impermeabile, non permettendo il drenaggio dei terreni circostanti, peggiora le condizioni di stabilità degli stessi soprattutto in corrispondenza delle scarpate del canale in cui si generano di conseguenza delle sottopressioni sul rivestimento.

Il rivestimento rigido non risulta la soluzione ideale nel caso in cui siano possibili dei cedimenti o assestamenti che provocherebbero delle lesioni nel rivestimento che consentirebbe alla corrente idrica di infiltrarsi sotto di essa e trascinare le lastre che tendono ad opporre una elevata resistenza alla corrente.

Il sistema di rivestimento pesante previsto, consente infatti di realizzare una superficie non erodibile avente peso elevato (oltre 135 kg/m^2) come i rivestimenti rigidi; mentre al pari dei rivestimenti leggeri permette di dar vita a rivestimenti flessibili, permeabili, rinverdibili con una resistenza che aumenta nel tempo per mezzo della crescita della vegetazione e non ultimo una posa veloce anche in presenza di acqua.

La flessibilità del rivestimento consente al materiale di adattarsi facilmente oltre che alle dimensioni del canale anche ad eventuali piccoli cambiamenti di forma dovuti ad assestamenti, cedimenti, mantenendo comunque una interfaccia non erodibile tra la sponda e la corrente idrica.

La presenza del geotessile, al di sotto del rivestimento, impedisce, nel caso si realizzi l'asportazione del materiale di riempimento presente nei fori dei blocchi, il sifonamento del terreno sottostante e quindi i conseguenti cedimenti del rivestimento.

Nella parte finale delle sponde del canale è prevista la messa in opera di un geocomposito antierosivo, opportunamente ammortato nel terreno, come in figura 14.

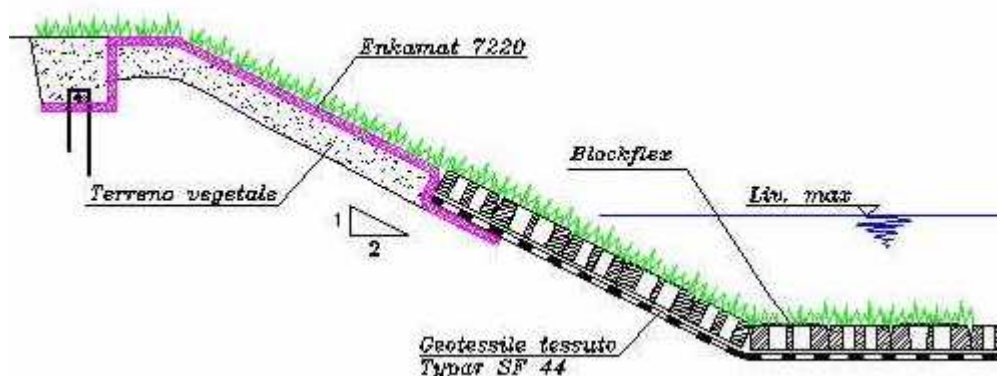


Fig. 14 – Particolare esecutivo del canale di gronda.

Nei tratti di canale in forte pendenza, anche per garantire che il coefficiente di sicurezza allo scorrimento F_s sia superiore a 1,5, il rivestimento, sopradescritto, è integrato da una rete elettrosaldata in acciaio inox opportunamente ancorata al terreno mediante delle ancore, anch'esse in acciaio inox, per evitare che la forte velocità dell'acqua, dovuta alla forte pendenza, scalzi i blocchi di calcestruzzo del rivestimento.

Inoltre, in tali tratti è prevista la realizzazione di briglie (o salti idraulici), realizzati con pietre, reperite in loco, opportunamente bloccate con la rete elettrosaldata in acciaio inox e le ancore ammortate nel terreno come illustrato nelle seguenti figure.



Fig. 15 – vista briglia con pietre e rete elettrosaldata

Il riempimento di acqua che si viene a formare dietro il paramento, nel caso di elevate portate, funge da vasca di calma per l'acqua in arrivo che in parte avanzerà attraverso le pietre ed in parte passerà al di sopra originando un tirante di minori dimensioni rispetto ad una briglia tradizionale che scorrerà su un paramento inclinato rispetto alla parete verticale.



Fig. 16 –

Particolare briglia

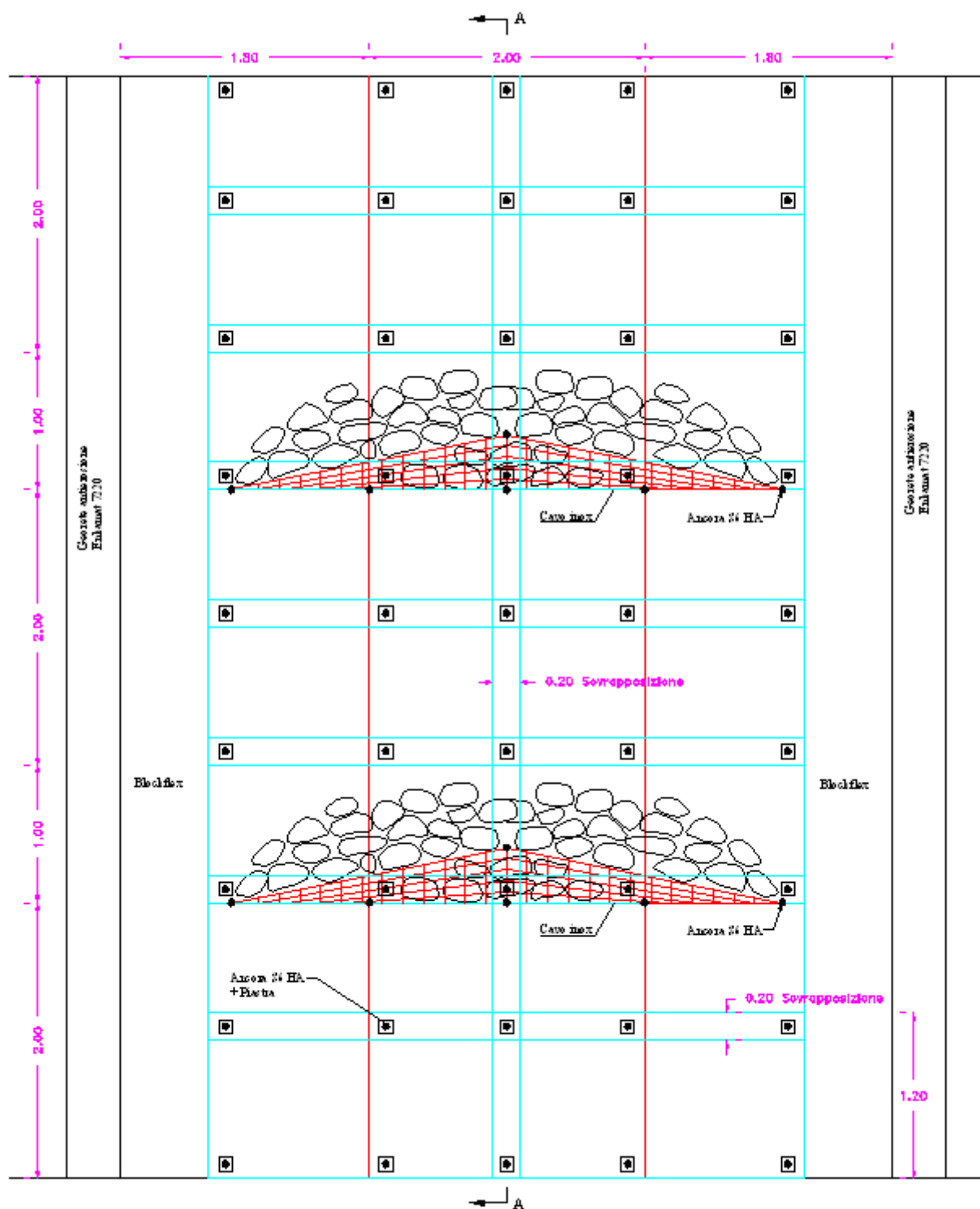


Fig. 17 – Pianta briglie con pietre e rete elettrosaldate

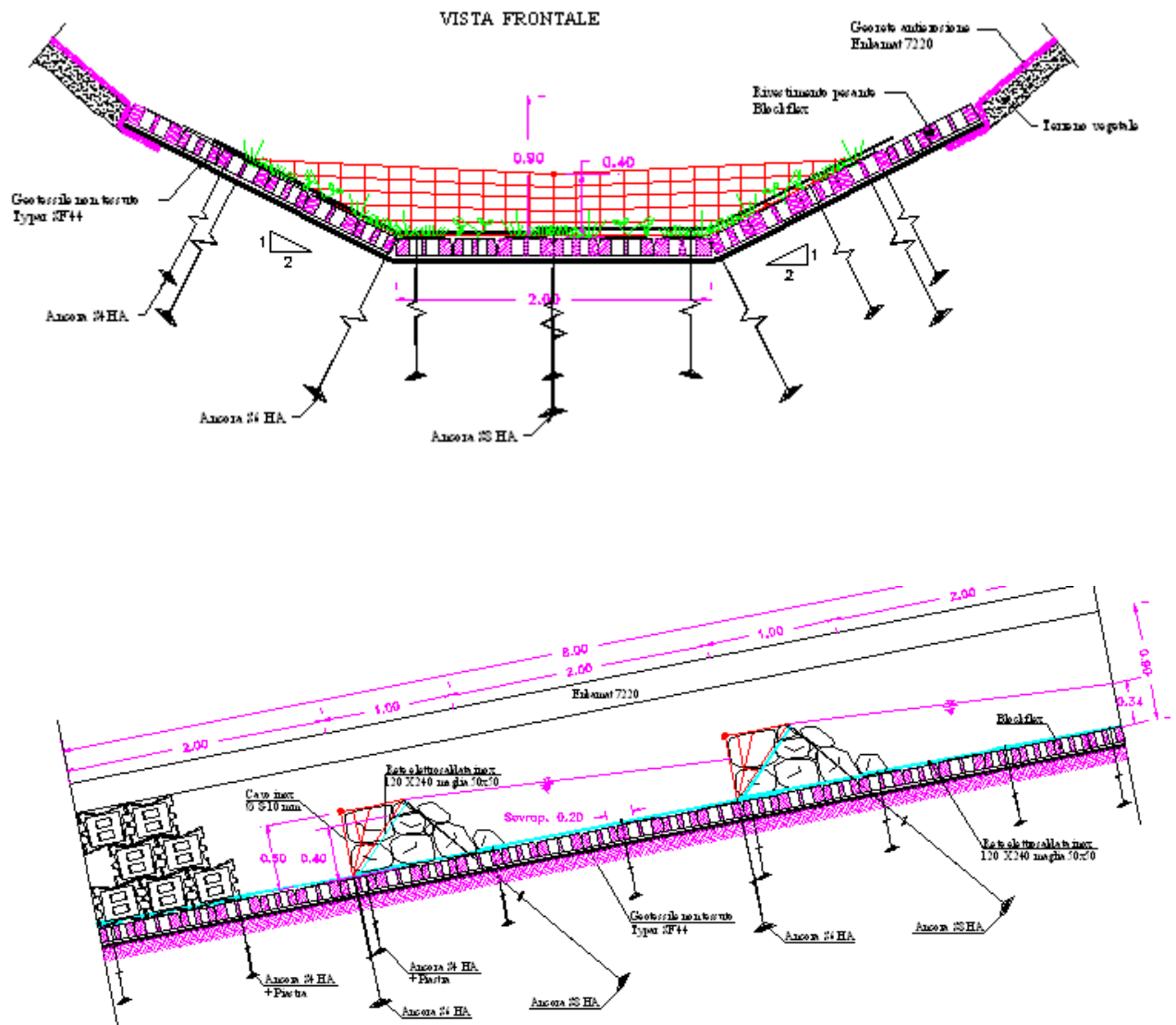


Fig. 18 – Sezione trasversale e longitudinale del canale di gronda

Il canale di sinistra convoglia le acque meteoriche fino al torrente Ierino mentre quello di destra è previsto fino alla strada, pavimentata in calcestruzzo.

Al fine di attraversare in modo idoneo la strada comunale è prevista la realizzazione di un manufatto in c.a., rivestito in pietra naturale, che, data la sua posizione, all’innesto della stradella di accesso alla discarica e la strada comunale, ha una forma trapezoidale con dimensioni in pianta lato maggiore ml 8,58, lato minore ml. 5,87 e altezza in pianta di ml 9,20.

Paratia di pali in c.a.

Tra il canale ed il corpo dei rifiuti sarà realizzata una paratia di lunghezza ml. 100 circa, di pali in c.a. diametro cm 50, e lunghezza variabile da ml. 12,00 a ml 14,00, collocati uno accanto all'altro, in modo da realizzare una barriera continua ed invalicabile per le acque sotterranee.

A poca distanza da essa, lato monte, saranno realizzati n. 2 dreni sub orizzontali, di lunghezza rispettivamente ml. 111,16 e 118,00 in modo tale da far defluire verso il canale e quindi verso il torrente Ierino, le acque che saranno bloccate dalla paratia di pali.

Con tale paratia continua ed impermeabile, realizzata con pali in conglomerato cementizio armato con aggiunta di additivo impermeabilizzante strutturale per cristallizzazione, per la protezione chimica e l'incremento consistente della vita utile del cls e del c.a., fino ad una profondità che varia da ml. 12 a ml. 14, non si permetterà più alle acque meteoriche di raggiungere la vasca dei rifiuti esistente il cui telo potrebbe anche essere danneggiato e così potrebbe continuare la produzione di percolato.

In questo modo si ottiene un'azione preventiva di bonifica delle acque sotterranee.

Il monitoraggio per trent'anni consentirà di verificare nel tempo il progressivo miglioramento dei valori della acque sotterranee.

Muri di contenimento e di sostegno in terra armata

Il sito della ex discarica, oggetto di intervento, presenta due zone forti connotazioni altimetriche: uno piuttosto pianeggiante (creato in occasione della realizzazione della vasca esistente) e l'altro molto acclive con forti pendenze.

In entrambe le aree, come documentato dalla planimetria di fig. 1, sono stati abbancati i rifiuti.

Le due aree sono costeggiate da una stradella a fondo naturale, che, a causa dello smottamento dei rifiuti, è stata invasa dagli stessi fino a raggiungere le scarpate sottostanti.

Per assicurare la percorribilità della stradella, è stato creato un varco sui rifiuti diventando di fatto rilevato stradale.



Foto 2 – Saggio effettuato lungo la strada che costeggia la discarica



Foto 3 – Saggio effettuato sulla strada che costeggia la discarica

Per bonificare e mettere in sicurezza tale condizione, peraltro in equilibrio precario, trovandosi il sito in una zona molto acclive, si prevede di realizzare dei muri in terra armata lungo la stradella di accesso alla discarica e lungo l'attuale confine della particella individuato con i punti 242 - 248, come indicato in planimetria, come elemento di “chiusura” della zona dei rifiuti, al fine di:

- creare una nuova modellazione dell'area della discarica, riducendo di molto le notevoli pendenze delle scarpate;
- consolidare la zona in frana, realizzando contemporaneamente una nuova vasca dove poter spostare i rifiuti fuori e sotto la sede della stradella;
- rimuovere i rifiuti abbancati fuori della discarica;
- rimuovere uno strato di terreno di spessore cm. 20 sotto i rifiuti che presumibilmente sarà inquinato;
- mettere in opera un manto impermeabile, accoppiato ad un geocomposito bentonitico, in modo tale che sia saldato alla vasca esistente e ricopra completamente tutti i rifiuti al fine di incapsularli ed isolarli totalmente dal terreno circostante;
- spostare tutti i rifiuti ed il terreno attualmente sotto i rifiuti dentro questa nuova vasca.

La terra rinforzata è una tecnica costruttiva ormai conosciuta e di comune utilizzo nella progettazione di opere di sostegno, in sostituzione di strutture tradizionali (muri, gabbionate, ecc).



Fig. 18 – Esempio di realizzazione di muri in terra armata

Le terre rinforzate trovano applicazione nella stabilizzazione dei pendii, nella costruzione di rilevati stradali ed in tutte quelle strutture di contenimento a cui si desidera associare un perfetto inserimento circostante oltre che una elevata vita utile.

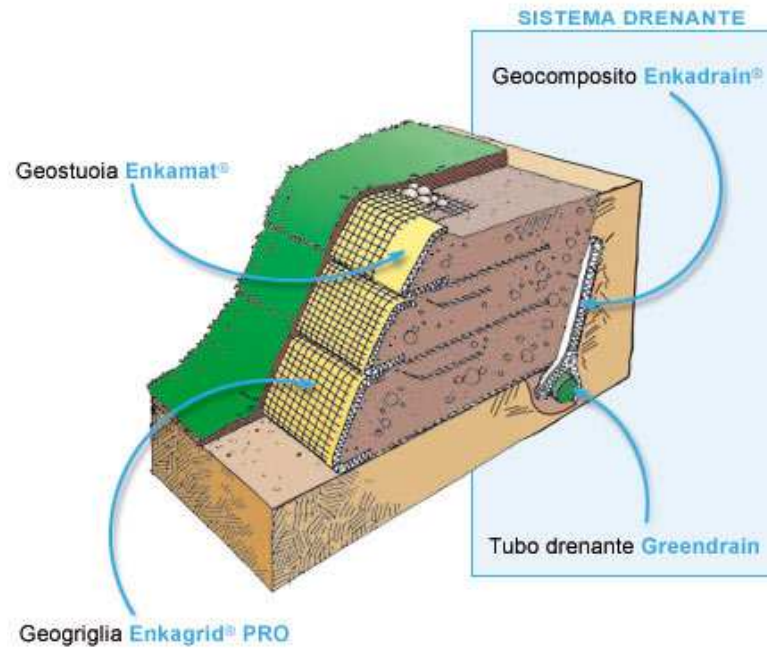


Fig. 19 – Spaccato assonometrico muro in terra armata

Il rinforzo del terreno, mediante geogriglie, permette di realizzare rilevati in terra con paramento fortemente inclinato, completamente rinverdibile, originando una struttura flessibile che ben si adatta a possibili movimenti del terreno.

Le strutture in terra rinforzata, oltre ad essere caratterizzate da una maggiore durabilità, da una migliore risposta della struttura ad eventuali cedimenti differenziali ed alle sollecitazioni sismiche, rispetto a strutture rigide in c.a., si inseriscono perfettamente nell'ambiente, dato che il fronte esterno può essere soggetto a semina e pertanto rinverdito totalmente.



Fig. 20 – Esempio realizzazione di un muro in terra armata dopo il rinverdimento

Come tutte le strutture di contenimento è di fondamentale importanza la realizzazione a tergo di un drenaggio che si prevede di realizzare tramite un geocomposito drenante accoppiato a dei tubi micro fessurati per favorire una rapida evacuazione dell'acqua captata.

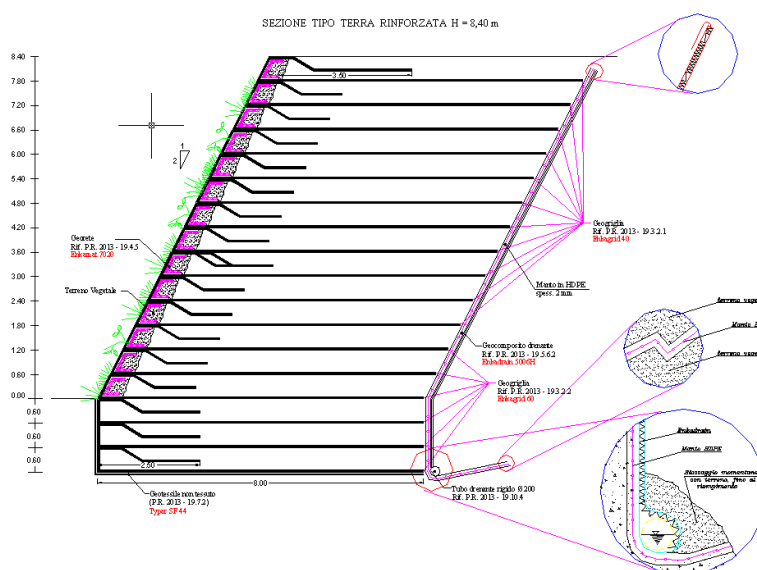


Fig. 21 – Particolare esecutivo muro in terra armata

Nei muri di contenimento dei rifiuti tra il geocomposito drenante ed il muro in terra armata è prevista la messa in opera di un manto impermeabile in HDPE di mm 2, accoppiato ad un geocomposito bentonitico, che sarà fatto proseguire sotto i rifiuti, saldato a quello esistente ed avvolgendo tutti i rifiuti in modo da incapsularli completamente.

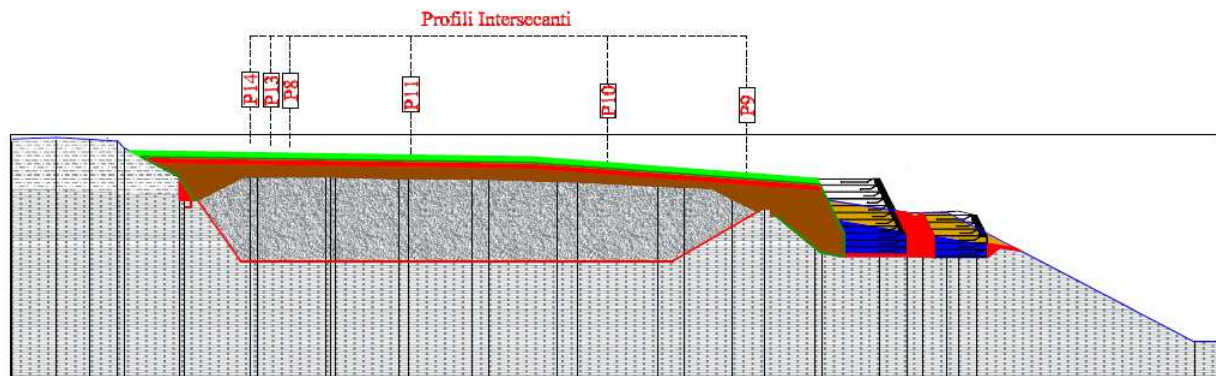
Nella parte più bassa della nuova vasca, a tergo dei muri, è prevista la messa in opera di un tubo micro fessurato per captare il percolato e convogliarlo verso l'esterno tramite un tubo in P.E. fino ad un'area di sosta, accanto alla stradella, dove sarà collocato un serbatoio mobile per il temporaneo accumulo del percolato fino al momento dello smaltimento.

Per la captazione del percolato che sarà prodotto dalla nuova vasca di abbancamento dei rifiuti, è stato previsto un sistema di drenaggio costituito dal geocomposito drenante distribuito su tutta la superficie della nuova vasca e da un tubo microfessurato di diametro mm 225 che sarà collocato nella parte più bassa della stessa mentre per l'allontanamento del percolato è previsto un tubo in polietilene ad alta densità a doppia parete, interna liscia ed esterna corrugata, che, allacciato a quello microfessurato, attraversato il muro in terra armata, convogli il percolato in ciascuno dei due serbatoi mobili in acciaio di capacità m³ 10/cad. All'uscita del muro in terra armata è prevista la messa in opera di una saracinesca in ghisa del medesimo diametro al fine di controllare il flusso del percolato nonché gestire situazioni di emergenza;

Per l'estrazione del percolato, che sarà prodotto nella vecchia vasca, si prevede di utilizzare pozzo drenante esistente realizzato con anelli di calcestruzzo di diametro ml. 1,50 dal quale aspirarlo tramite una pompa.

Inoltre si fa presente che, essendo la produzione di percolato annua prevista in 709,14, e, poiché la capacità dei due serbatoi previsti è di m³ 10/cad, i tempi di evacuazione del percolato sono in media di circa n. 6 serbatoi al mese.

Nei periodi invernali, ma soprattutto nei periodi di intensa pioggia, allorquando è prevedibile un aumento della produzione del percolato si potrà gestire l'emergenza sia intensificando l'allontanamento del percolato intensificando la frequenza dello smaltimento mediante l'autobotte, sia utilizzando il secondo serbatoio e sia, in casi del tutto eccezionali, chiudendo provvisoriamente la saracinesca.



Canaletta di gronda e trincea drenante per intercettare le acque provenienti dall'area della discarica

Alla sommità del muro in terra rinforzata che contiene i rifiuti sarà realizzato un sistema di canalizzazione delle acque meteoriche provenienti dall'area interna alla discarica che convoglierà le acque fino al canale di gronda. Prima dell'imbocco con il canale è prevista la realizzazione di un pozzetto per consentire il prelievo delle acque per effettuarne le analisi.

Analogo sistema è previsto per la trincea drenante, avente forma trapezoidale con la base minore di cm 30, la base maggiore di cm 90 e l'altezza di cm 30 e completamente riempita di materiale drenante con alla base un tubo microfessurato. Le acque captate potranno essere accompagnate fino al canale tramite un sistema di canalizzazione.

Si precisa che tali acque meteoriche, essendo al di sopra del sistema di impermeabilizzazione, non entrando mai in contatto con i rifiuti, saranno non inquinate e pertanto potranno essere convogliate direttamente nel canale.

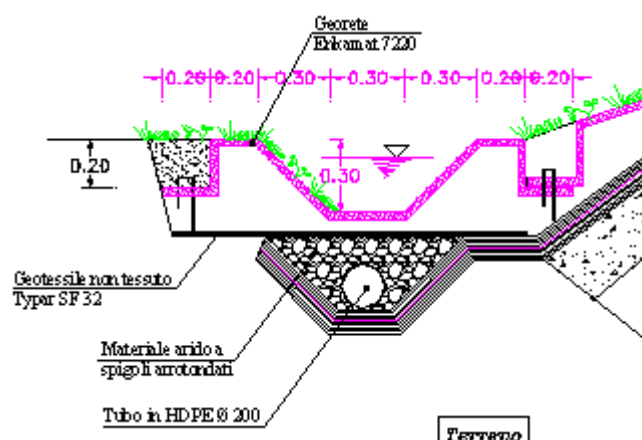


Fig. 22 – Particolare esecutivo della canaletta e della trincea drenante in sommità al muro in terra armata

Calcolo della produzione del percolato

Sulla base di quanto specificato a pag. 13 della presente relazione, il percolato giacente in discarica è molto prossimo allo zero in quanto quello che si produce dentro la vasca si riversa fuori, dall'angolo di Nord-Ovest, nella scarpata sottostante mentre quello che viene prodotto dai rifiuti fuori della vasca, non essendo presente alcuna impermeabilizzazione sotto i rifiuti, si disperde incontrollato nel terreno.

Di seguito si calcola, in base ai dati pluviometrici ed alla quantità di rifiuti presunti in discarica, la produzione di percolato annuale fino al completo incapsulamento dei rifiuti e quello che si continuerà a produrre dopo fino al completo esaurimento.

Partendo dai dati pluviometrici delle stazioni di Airola, Solopaca e Telese, è stata ricavata la media delle precipitazioni annue di cui vengono riportate le tabelle riepilogative:

STAZIONE DI AIROLA												
Mesi	anno											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Media	
Gennaio		57,0	112,8	133,4	52,0	119,2	425,6	236,8	68,6	49,0	139,4	
Febbraio		107	166	151,2	203,8	31,6	70,4	189,2	57,6	124,0	122,3	
Marzo		163,2	258,6	181,1	153,8	292,4	277,0	161,8	101,6	34,8	180,5	
Aprile	2	123	104	66,2	44,2	169,2	132,6	100,4	88,6	165,4	99,4	
Maggio	48,4	158,6	10,2	48,8	73	127,0	15,6	118,6	90,2	70,0	71,2	
Giugno	67,2	60,4	35,2	96,2	74	108,4	190,8	165,2	50,8	6,0	78,7	
Luglio	20	19,8	44,8	63	0	94,8	40,2	31,0	27,0	56,0	37,7	
Agosto	39,8	19,4	85,2	85,2	2,2	25,8	18,4	2,6	0,0	7,6	24,6	
Settembre	38,6	82,8	174	124,8	106,8	76,8	118,6	65,6	51,6	116,4	91,7	
Ottobre	211,6	147,6	139,2	16,8	80,2	101,6	139,2	151,4	60,2	170,0	100,6	
Novembre	106,8	201,2	284,4	106,4	82,4	243,4	111,6	234,0	90,6	173,6	152,8	
Dicembre	247,8	271,4	343,4	87,8	118,6	303,8	163,6	101,8	172,6	197,0	176,0	
	782,2	1 411,4	1 757,8	1 160,9	991,0	1 694,0	1 703,6	1 558,4	859,4	1 169,8	1274,8	

STAZIONE DI SOLOPACA													
Mesi	anno												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Media
Gennaio	75,8	57,8	297,4	122,6	69,0	78,3	39,4	n.p.	325,6	231,4	75,8	29,0	116,8
Febbraio	64,2	43,4	25,8	41,4	141,6	95,8	163,0	n.p.	49,6	139,4	64,2	167,9	83,0
Marzo	247,2	28,4	38,4	94,4	236,1	121,6	143,0	245,2	227,0	93,4	247,2	27,6	145,8
Aprile	45	97,8	63	90,0	89,0	51,5	35,2	115,0	128,0	104,0	45	144,0	84,0
Maggio	65,4	81,6	41,2	130,2	11,4	16,4	100,2	111,0	24,4	119,2	65,4	97,0	72,0
Giugno	88,2	58,4	40,4	79,8	13,4	97,0	54,8	77,8	135,4	111,8	88,2	24,0	72,4
Luglio	54,8	80,4	18,2	9,4	27,0	38,2	0,0	12,2	52,4	112,4	54,8	94,8	46,2
Agosto	6	85,0	38,2	15,6	78,2	113,2	0,0	9,8	55,0	0,0	6	80,4	40,6
Settembre	32,2	189,0	33,6	32,8	101,8	158,6	0,0	53,8	59,0	69,2	32,2	144,0	75,5
Ottobre	64,6	58,0	152,8	212,0	127,6	10,6	0,0	67,8	122,0	78,6	64,6	240,4	99,9
Novembre	63	86,4	94,2	159,8	224,2	57,8	0,0	194,2	139,3	440,7	63	137,4	138,3
Dicembre	211,2	122,4	40,2	292,1	236,4	70,0	0,0	210,6	98,6	128,0	211,2	205,8	152,2
	1017,6	988,6	883,4	1280,1	1355,7	909,0	535,6	1097,4	1416,3	1628,1	1017,6	1392,3	1126,8

Relazione generale

STAZIONE DI TELESE													
Mesi	anno												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Media
Gennaio	n.p.	45,4	177,6	89,6	60,6	75,1	0,0	n.p.	248,2	144,2	39,8	3,4	73,7
Febbraio	n.p.	52,4	29,2	91,0	121,8	54,4	0,0	1,6	40,4	129,6	25,4	75,0	51,7
Marzo	24,2	21,0	29,0	102,4	190,1	33,4	82,4	216,4	215,8	112,0	139,0	4,8	97,5
Aprile	49,8	75,0	48,0	138,8	63,4	22,2	31,0	96,6	109,2	69,8	40,6	32,0	64,7
Maggio	71,4	72,8	20,8	58,6	11,8	20,4	73,0	77,8	25,8	101,8	80,6	53,8	55,7
Giugno	12,2	63,0	17,6	25,2	18,6	56,6	16,0	77,6	115,6	87,6	48,4	19,2	46,5
Luglio	2,8	42,6	8,8	3,4	47,8	6,8	0,4	16,6	8,8	118,8	49,6	55,2	30,1
Agosto	10,0	32,0	18,0	8,4	65,6	23,8	1,0	0,0	52,0	0,0	0,0	1,2	17,7
Settembre	24,4	153,0	1,0	15,6	123,2	89,0	6,2	14,8	84,8	59,2	34,6	110,4	59,7
Ottobre	1,8	42,4	93,0	158,2	106,4	3,4	17,0	61,4	127,6	81,8	50,0	159,2	75,2
Novembre	146,6	79,2	51,6	157,6	170,8	16,4	77,2	146,8	148,2	236,6	52,8	89,0	114,4
Dicembre	63,6	102,0	48,6	215,8	159,4	0,0	42,6	179,2	108,2	94,0	86,0	129,2	102,4
	406,8	780,8	543,2	1064,6	1139,5	401,5	346,8	888,8	1284,6	1235,4	646,8	732,4	789,3

Tab. 9 – Dati pluviometrici delle stazioni di Airola, Solopaca e Telesse

Per maggiore cautela si sono considerati i valori della stazione di Airola.

Evapotraspirazione

Il calcolo dell'evapotraspirazione (E) è stato condotto secondo il metodo suggerito da R. Canziani e R. Cossu (1989), sulla base della formula di Thorntwaite:

$$PE_i = 16 \times \left(\frac{10T_i}{I_t} \right)^a \times C_i$$

dove:

PE_i = evapotraspirazione potenziale del mese i-esimo (mm/mese)

T_i = temperatura media mensile (C°)

$$a = 6,75 \times (10^{-7} \times I_t^3) + 7,71 \times (10^{-5} \times I_t^2) + 1,79 \times (10^{-2} \times I_t) + 0,49239$$

$$I_t = \text{indice termico annuale} = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1,514}$$

C_i = coefficiente di correlazione relativo al mese che tiene conto della variazione della lunghezza del periodo diurno in relazione alla latitudine.

Per cui si ha

STAZIONE DI AIROLA								
		DATI TEMPERATURA MEDIA MENSILE - CALCOLO INDICE TERMICO						
T.media °C								
Mese	2008	2009	2010	2011	2012	Somma	Media	Indice termico
gennaio	8,4	7,9	6,7	7,3	6,3	7,32	1,464	1,780858
Febbraio	7,8	6,4	7,9	8,0	5,5	7,12	1,424	1,707710
Marzo	10,3	9,7	9,7	9,5	11,9	10,22	2,044	2,951672
Aprile	13,5	13,6	13,8	13,8	13,5	13,64	2,728	4,569497
Maggio	18,5	18,8	15,0	17,2	16,4	17,18	3,436	6,480141
Giugno	21,2	20,7	20,3	21,4	22,9	21,3	4,26	8,972762
Luglio	23,5	23,8	24,0	22,9	24,8	23,8	4,76	10,614436
Agosto	23,7	24,7	23,6	24,1	25,2	24,26	4,852	10,926576
Settembre	19,1	20,8	19,3	21,8	20,1	20,22	4,044	8,293008
Ottobre	16,4	14,5	14,9	15,7	16,7	15,64	3,128	5,621262
Novembre	12,3	11,6	12,7	10,9	13,1	12,12	2,424	3,821047
Dicembre	8,0	9,7	8,0	8,7	7,2	8,32	1,664	2,161853
							Sommano	67.900821

Calcolo di a

$$\begin{aligned}
 6,75 \times (10^{-7} \times I_t^3) &= 6,75 \quad 0,0000001 \quad 313058,19 \quad 0,2113143 \\
 7,71 \times (10^{-5} \times I_t^2) &= 7,71 \quad 0,00001 \quad 4610,5215 \quad 0,3554712 \\
 1,79 \times (10^{-2} \times I_t) &= 1,79 \quad 0,01 \quad 67,900821 \quad 1,2154247 \\
 &0,49239 \\
 a &= \mathbf{2,274600}
 \end{aligned}$$

Tab. 10 – Calcolo di a

Per il fattore di correlazione Ci si sono considerati i valori relativi alle latitudini 40° e 45° e per interpolazione si sono ottenuti i valori relativi alla latitudine del sito della discarica 41°,6126

Coefficiente di correlazione Ci

Mesi	Latitudine		
	40°	45°	41°,6126
Gennaio	0,84	0,8	0,828
Febbraio	0,83	0,81	0,824
Marzo	1,03	1,02	1,027
Aprile	1,09	1,13	1,102
Maggio	1,24	1,28	1,252
Giugno	1,25	1,29	1,262
Luglio	1,27	1,31	1,282
Agosto	1,18	1,21	1,189
Settembre	1,04	1,04	1,040
Ottobre	0,96	0,94	0,954
Novembre	0,83	0,79	0,818
Dicembre	0,81	0,75	0,792

Tab. 11 – Calcolo del coefficiente di correlazione

Capacità di campo

La capacità di campo di una discarica consiste nel volume d'acqua che l'unità di massa dei rifiuti può assorbire nei pori e trattenere per capillarità prima che la produzione del percolato diventi evidente.

Questo elemento dipende sostanzialmente dal materiale stoccato nel corpo discarica ed in particolare dalla sua umidità iniziale, dalla quantità stoccata, dalle sue caratteristiche chimico - fisiche, dal suo grado di compattazione, ecc.

Per cui

- 1) all'inizio (in corso d'opera e fino a uno-due anni dalla fine dei lavori) la capacità campo è massima (ipotizziamola inizialmente al 100%) ed il ruscellamento superficiale è pari a zero

Acqua trattenuta dal rifiuto			
A	Peso specifico rifiuto	1000	kg/m ³
B	Contenuto d'acqua rifiuto in ingresso	10%	
C	=AxB	200	kg/m ³
D	Fattore di campo del rifiuto	30%	
E	=AxD	300	kg/m ³
F	Capacità di assorbimento (E-C)	1000	kg/m ³
G	Potenzialità annua discarica	2 506 000	kg
H	=G/A	2506	m ³
I	Fattore di campo discarica = FxH	2 506 000	kg anno di acqua
L	=I/A	2506	m ³ anno di acqua
M	Fattore mensile di campo = I/12	208833,3333	kg
N	=L/12	208,8333333	m ³

Tab. 12 – Calcolo del fattore di campo

	Piovosità		Evapotraspirazione		Fatt. di campo	bilancio idrico assoluto	produzione di percolato
Mesi	mm	m ³	mm	m ³	m ³	m ³	m ³
Gennaio	139,4	459,95	15,71	51,84	208,833	199,27	199,27
Febbraio	122,3	403,63	14,68	48,44	208,833	146,35	146,35
Marzo	180,5	595,58	41,65	137,45	208,833	249,30	249,30
Aprile	99,4	327,89	44,70	147,51	208,833	-28,46	-28,46
Maggio	71,2	234,96	50,78	167,57	208,833	-141,45	-141,45
Giugno	78,7	259,71	51,19	168,93	208,833	-118,05	-118,05
Luglio	37,7	124,28	52,00	171,60	208,833	-256,16	0,00
Agosto	24,6	81,31	48,23	159,16	208,833	-286,68	0,00
Settembre	91,7	302,74	42,18	139,19	208,833	-45,28	-45,28
Ottobre	100,6	332,05	38,68	127,64	208,833	-4,43	-4,43
Novembre	152,8	504,11	33,16	109,43	208,833	185,85	185,85
Dicembre	176,0	580,80	32,10	105,93	208,833	266,04	266,04
	1274,8	4 206,99	465,06	1 534,70	2505,996	166,30	709,14

Dalla tabella di cui sopra si ricava che fino al completo incapsulamento dei rifiuti si avrà una produzione di percolato pari a m³ 709,14

	Piovosità		Evapotraspirazione		Fatt. di campo	bilancio idrico assoluto	produzione di percolato
Mesi	mm	m ³	mm	m ³	m ³	m ³	m ³
Gennaio	139,4	459,95	15,71	51,84	208,833	199,27	0,00
Febbraio	122,3	403,63	14,68	48,44	208,833	146,35	0,00
Marzo	180,5	595,58	41,65	137,45	208,833	249,30	0,00
Aprile	99,4	327,89	44,70	147,51	208,833	-28,46	0,00
Maggio	71,2	234,96	50,78	167,57	208,833	-141,45	0,00
Giugno	78,7	259,71	51,19	168,93	208,833	-118,05	0,00
Luglio	37,7	124,28	52,00	171,60	208,833	-256,16	0,00
Agosto	24,6	81,31	48,23	159,16	208,833	-286,68	0,00
Settembre	91,7	302,74	42,18	139,19	208,833	-45,28	0,00
Ottobre	100,6	332,05	38,68	127,64	208,833	-4,43	0,00
Novembre	152,8	504,11	33,16	109,43	208,833	185,85	0,00
Dicembre	176,0	580,80	32,10	105,93	208,833	266,04	0,00
	1274,8	4 206,99	465,06	1 534,70	2505,996	166,30	0,00

Tab. 13 – Calcolo produzione di percolato

Dalla tabella di cui sopra si ricava che in tale ipotesi non si avrebbe più produzione di percolato, se non quello derivante dal fatto che i rifiuti, essendo stati all'aperto ed essendo stati attraversati dalle acque di infiltrazione, sono intrisi di acqua fino al completo drenaggio di tutta la parte umida.

Nel caso in cui però l'operazione di spostamento dei rifiuti all'interno del cantiere, necessario per realizzare la nuova vasca, avvenisse nel periodo primavera estate, potrebbe

anche provocare una completa asciugatura dei rifiuti e quindi la produzione di percolato si annullerebbe quasi completamente.

Pozzi per il monitoraggio delle acque di falda

Per il monitoraggio delle eventuali acque sotterranee è stata prevista la realizzazione di n. 3 pozzi, uno a monte e due a valle dell'ex discarica come indicati in planimetria, in aggiunta a quelli già realizzati nel 2013-2014. Tali pozzi saranno attrezzati con piezometri.

Copertura finale della discarica.

Il sistema di ricopertura finale della discarica sarà realizzato secondo i seguenti strati (dall'alto verso il basso) secondo la medesima stratigrafia prevista dal Decreto Legislativo n. 36/2003:

- 0,50 m minimo di terreno agrario che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali erbacee di copertura;
- geocomposito drenante per la filtrazione delle acque di superficie;
- un telo in HDPE spessore mm. 2 avente conducibilità idraulica $k \leq 10^{-8}$ m/s;
- geocomposito impermeabile rinforzato con uno strato di bentonite sodica 5 kg/m² con una permeabilità, pari a $5 \cdot 10^{-11}$ m/s;
- geocomposito drenante per consentire la canalizzazione dei residui biogas verso i pozzi di estrazione;
- uno spessore da 0,3÷0,5 di terreno di regolarizzazione sopra i rifiuti.

Nei tratti dove le pendenze sono maggiori, in particolare dove ci sono i salti dei muri, al fine di proteggere la canaletta di scolo delle acque superficiali dall'interramento, sarà collocata una georete tridimensionale in nylon per la protezione di scarpate dall'erosione dovuta all'acqua, nonché per realizzare l'armatura del manto erboso.

La soluzione adottata, incapsulamento dei rifiuti e terreno vegetale, che sarà inseminato con sementi tipiche del luogo, come sopra definita, risulta coerente sia con la tipologia di copertura dei rifiuti prevista dal Decreto Legislativo n. 36/2003 sia dall'Appendice 2 - Linee guida per le procedure tecniche degli interventi - del piano regionale di bonifica dei siti inquinati punto 7.1, pag. 33 di 46 nonché dalla medesima Appendice che a pag. 43 di 46 che così recita: *“Il Capping di una discarica può prevedere interventi che vanno dalla semplice copertura del corpo rifiuti con un layer di suolo a bassa permeabilità (generalmente consiste di argilla che viene compattata fino ad*

ottenere valori di conducibilità idraulica inferiore a 10-6 m/sec), a sistemi complessi multilayer con impiego di terreni e materiali geosintetici”.

Non essendo disponibile in sito il materiale argilloso, si è fatto ricorso all'uso del geocomposito bentonitico, accoppiato con un manto impermeabile in HDPE da mm. 2, per incapsulare i rifiuti.

Non è fuori luogo sottolineare che l'eventuale rispetto della tipologia di copertura dei rifiuti prevista dal Decreto Legislativo n. 36/2003, complessivamente di spessore ml. 2,50, comporterebbe la realizzazione di muri più alti di ml. 2,50 rispetto a quelli previsti, di per sé già abbastanza alti a causa delle eccessive pendenze del sito, che porterebbero i muri in terra armata dagli attuali ml. 8,40 a ml. 10,90 con aumenti spropositati dei costi del progetto.

Per quanto riguarda la sistemazione a verde, sopra i rifiuti, dato l'esiguo spessore del terreno vegetale cm. 50, si potrà effettuare solo una semina per ottenere un prato verde mediante un trattamento di rinaturalizzazione consistente nello spargimento omogeneo di una apposita miscela di sementi di specie erbacee perenni, di concimi e collanti naturali mentre nelle aree all'esterno della zona dei rifiuti, che non saranno occupate dalle opere di progetto, saranno impiantati alberi della stessa specie esistenti, *cercis siliquastrum*.

Rete di piezometri sub-orizzontali per il monitoraggio delle acque sotterranee

Sono previsti n° 13 dreni sub-orizzontali, con profondità e interasse variabili secondo la tavola EAsp15 in allegato, con un fronte interessato, sul lato valle, pari a 90.0 m.l. Essi saranno inclinati di 3° rispetto all'asse orizzontale e avranno un diametro pari a 150 mm ed eseguiti mediante la tecnica della rotazione a secco o roto-percussione.

Ciascun dreno sub-orizzontale sarà costituito da un tubo in PVC microfessurato, rivestito con geotessile; alla base di ciascun boccaforo sarà previsto un pozzetto ispettivo che consentirà il campionamento delle acque sotterranee; i pozzetti saranno collegati ad un tubo collettore che convoglierà le acque verso una vasca posizionata immediatamente a valle del fronte dei dreni.

La vasca, completamente interrata e resa impermeabile con la messa in opera di un telo impermeabile in HDPE, di capacità m³ 350 circa, sarà attrezzata con due collettori di scarico, muniti entrambi di saracinesca, per lo svuotamento della stessa o per l'immissione nell'alveo del Torrente Ierino, qualora, in fase di monitoraggio, non vengano accertati superamenti delle CSC non compatibili con lo sversamento o per l'allontanamento verso un centro di smaltimento acque inquinate nel caso contrario.

Recinzione e n. 2 cancelli

La recinzione dell'area della discarica, così come individuata dalla specifica planimetria di progetto, è prevista in due tipologie:

- una, lungo la strada comunale, con il muretto in muratura ed il grigliato
- l'altra, nella restante parte, con rete metallica e paletti in ferro, entrambi di colore verde.

Analogamente per i due cancelli, alle estremità dell'area, come riportato nella relativa tavola dei particolari costruttivi.

Campionatura del terreno sotto i rifiuti e nella zona in cui è stato trovato l'inquinamento di idrocarburi e piombo.

Sono stati previsti nel computo metrico n. 100 esami del terreno al fine di valutare l'esatta estensione sia in planimetria che in profondità degli elementi inquinanti.

Dopo l'esito di tali esami sarà possibile dettagliatamente stabilire le scelte gestionali di bonifica che saranno adottate.

Ora si possono solo ipotizzare due scenari:

- allontanamento in siti idonei attrezzati ed autorizzati;
- incapsulamento ed isolamento dai terreni circostanti.

ELENCO ELABORATI

RELAZIONI

- o Elab. **EA1** Relazione generale
- o Elab. **EA2** Relazione sui materiali
- o Elab. **EA3** Relazione paesaggistica
- o Elab. **EA4** Verifica di stabilità del pendio

STATO DI FATTO

- o Elab. **EAsf1** Inquadramento generale
- o Elab. **EAsf2** Planimetria generale - stato di fatto - rilievo quotato (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsf3** Planimetria generale - stato di fatto – abbancamento rifiuti (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsf4** Planimetria generale - stato di fatto - analisi del bacino imbrifero
- o Elab. **EAsf5** Planimetria generale - stato di fatto - indagini eseguite (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsf6** Profili - stato di fatto - n°1 / n°8 (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsf7** Profili - stato di fatto - n°9 / n°14 (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsf8** Profili - stato di fatto - recinzioni / canali / strada / 248-242 (rapp 1:500)

STATO DI PROGETTO

- o Elab. **EAFi1** Foto inserimento dell'intervento

PLANIMETRIE E PROFILI

- o Elab. **EAsp1** Planimetria generale - stralcio catastale e piano particellare di esproprio
- o Elab. **EAsp2** Planimetria generale - stato di progetto (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsp3** Planimetria generale quotata - stato di progetto (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsp4** Profili - stato di progetto - n°1 / n°8 – 1° fase dei lavori (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsp5** Profili - stato di progetto - n°9 / n°14 1° fase dei lavori (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsp6** Profili - stato di progetto - recinzioni / canali / strada / 248-242-1° fase dei lavori (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsp7** Profili - stato di progetto - n°1 / n°8 – 2° fase dei lavori (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsp8** Profili - stato di progetto - n°9 / n°14 2° fase dei lavori (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsp9** Profili - stato di progetto - recinzioni / canali / strada / 248-242-2° fase dei lavori (rapp 1:500)
- o Elab. **EAsp10** Particolari costruttivi – sezione n°2 pozzo di estrazione biogas (r. 1:25 - 1:50)

Relazione generale

- o Elab. **EAsp11** Particolari costruttivi canali di gronda di sinistra (rapp 1:50)
- o Elab. **EAsp12** Particolari costruttivi canali di gronda di destra (rapp 1:50)
- o Elab. **EAsp13** Particolari costruttivi – tipologie delle recinzioni (r. 1:25)
- o Elab. **EAsp14** Calcolo volumi di scavo e rinterro
- o Elab. **EAsp15** Particolari dreni

ATTRAVERSAMENTO STRADALE

- o Elab. **EAatr1** Attraversamento stradale – pianta e sezioni (rapp 1:100)

STRUTTURE

MURI IN TERRA ARMATA

- o Elab. **ESmr1** Muri in terra armata - relazione di calcolo
- o Elab. **ESmr2** Muri in terra armata – esecutivi H=3,60/5,40 m (rapp 1:50)
- o Elab. **ESmr3** Muri in terra armata – esecutivi H=6,00/8,40 m (rapp 1:50)
- o Elab. **ESmr4** Muri in terra armata – relazione geotecnica

ATTRAVERSAMENTO STRADALE

- o Elab. **ESatr1** Attraversamento stradale - relazione di calcolo
- o Elab. **ESatr2** Attraversamento stradale – esecutivi (rapp 1:50)
- o Elab. **ESatr3** Attraversamento stradale – esecutivi (rapp 1:50)
- o Elab. **ESatr4** Attraversamento stradale – esecutivi (rapp 1:50)
- o Elab. **ESatr5** Attraversamento stradale – esecutivi (rapp 1:50)
- o Elab. **ESatr6** Attraversamento stradale – esecutivi (rapp 1:20 - 1:50)
- o Elab. **ESatr7** Attraversamento stradale - relazione geotecnica

PARATIA DI PALI

- o Elab. **ESpp1** Paratia di pali - relazione di calcolo
- o Elab. **ESpp2** Paratia di pali - esecutivi (r. 1:25-1:50)

RELAZIONE DI VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

- o Elab. **ESrvcdc** Relazione di validazione del codice di calcolo

MANUTENZIONE

- o Elab. **EM1** Piano di manutenzione dell'opera: manuale d'uso
- o Elab. **EM2** Piano di manutenzione dell'opera: manuale di manutenzione
- o Elab. **EM3** Piano di manutenzione dell'opera: programma di manutenzione

SICUREZZA

- o Elab. **ECs1** Piano di sicurezza e di coordinamento
- o Elab. **ECs2** Lay-out di cantiere
- o Elab. **ECs3** Fascicolo dell'opera

SOLUZIONI A CONFRONTO

- o Elab. **CFR** Analisi di confronto

ELABORATI CONTABILI

- o Elab. **EV1** Computo metrico estimativo
- o Elab. **EV2** Elenco dei prezzi unitari
- o Elab. **EV3** Analisi prezzi
- o Elab. **EV4** Quadro di incidenza della manodopera
- o Elab. **EV5** Cronoprogramma
- o Elab. **EV6** Schema di contratto
- o Elab. **EV7** Capitolato speciale di appalto
- o Elab. **EV8** Quadro economico
- o Elab. **EV9** Calcolo competenze tecniche

PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

- o Elab. **EPMC** Piano di monitoraggio e controllo

COMUNE DI TOCCO CAUDIO											
PROVINCIA REGIONALE DI BENEVENTO											
Oggetto: PROGETTO ESECUTIVO PER "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA DELLA DISCARICA COMUNALE SITA ALLA LOCALITA' PAODONE P.O.R. CAMPANIA FERS 2007/2013 OBIETTIVO OPERATIVO 1,2 ATTIVITA' A) E B) - D.G.R.C. N. 175 DEL 03.06.2013"											
QUADRO ECONOMICO DEI LAVORI											
A	IMPORTO DEI LAVORI								€	2.975.452,74	
B	IMPORTO COMPLESSIVO DEI LAVORI (a corpo e a misura)										
	IMPORTO LAVORI A BASE D'ASTA (A - B1 - B2)								€	2.482.795,21	
B1	Oneri di sicurezza (non soggetti a ribasso)								€	45.282,94	
B2	Incidenza della manodopera (non soggetta a ribasso)								€	447.374,59	
	Sommano A+B								€	2.975.452,74	
C	SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE										
C1	I.V.A. 10% sui lavori							€	297.545,27		
C2	Imprevisti 5% sui lavori							€	148.856,10		
C3	I.V.A. 10% su C2							€	14.885,61		
C4	Spese generali (12% di A)							€	357.054,33		
C5	I.V.A. 22% su C4							€	78.551,95		
C6	Indennità di esproprio							€	64.654,00		
C7	Spese di pubblicità							€	5.000,00		
	Sommano C1-C7							€	966.547,26	€	966.547,26
IMPORTO COMPLESSIVO DEI LAVORI € 3.942.000,00											

Dott. Ing. Giancarlo Campagna