



ING. ENRICO ULISSE AVANZI

Galleria Bernardino da Feltre 8 - R O V I G O  
Tel. (0425 ) 422.499 - Telefax ( 0425 ) 699.098

[ingegneria.avanzi@libero.it](mailto:ingegneria.avanzi@libero.it)  
[stavanzi@tin.it](mailto:stavanzi@tin.it)



REGIONE CAMPANIA

PROVINCIA BENEVENTO

IMPIANTO DI DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI  
ex Legge n. 87 del 05.07.2007  
in località "LA NOCECCHIA" in Comune di  
SANT'ARCANGELO TRIMONTE (BN)



DANECO IMPIANTI SRL Socio Unico  
Sede legale e amministrativa:  
via G. Bensi 12/5 - 20152 Milano

**OPERE DI MESSA IN SICUREZZA DEL SITO DELLA DISCARICA**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA**

Progettista: Ing. Enrico Ulisse Avanzi

	6		
	5		
	4		
	3		
22 Novembre 2010	2	AGGIORNAMENTI VARI	Avanzi
Novembre 2010	1	EMISSIONE	Avanzi
DATA	REV.	STATO	REDATTO

Protocollo : <b>523-11/10</b>	ELABORATO N. :  <b>IP.4</b>	Redatto :
Data :            Novembre 2010		Verificato :
		Approvato:
Nome File : 523-1110-IP4.02.pdf		<b>COLLABORATORE :</b>



## INDICE

1.	Introduzione .....	1
2.	Inquadramento Piezometrico .....	1
3.	Dimensionamento idraulico Trincea drenante .....	2
4.	Assetto idrografico post operam e rete captazione raccolta acque meteoriche .....	8

## **1. INTRODUZIONE**

Il presente documento è stato redatto a complemento del Progetto Esecutivo relativo alla “ OPERE DI MESSA IN SICUREZZA DEL SITO DELLA DISCARICA” presso la discarica per rifiuti non pericolosi in località Nocecchia, nel Comune di Sant’Arcangelo Trimonte (BN).

Per la redazione del presente elaborato di si è preso come riferimento la Relazione Idraulica contenuta nel progetto definitivo “OPERE DI MESSA IN SCUREZZA DEL SITO DELLA DISCAIRCA” e lo Studio Idrogeologico del dott. DI Molfetta contenuta nel presente progetto ( Elaborato IP.3 “ Relazione Idrogeologica”).

## **2. INQUADRAMENTO PIEZOMETRICO**

Dal quadro idrogeologico descritto dagli studi di maggio 09 e marzo 2010 effettuati per conto della DANECO IMPIANTI Srl dal prof. Di Molfetta e dall’elaborato IP.3 “Relazione Idrogeologica” contenuto nelle presenti integrazioni del progetto esecutivo, si evidenzia la presenza di uno “pseudo-acquifero superficiale”, ossia di sacche di accumulo d’acqua distribuite in modo disomogeneo sull’intera area d’indagine. Questi settori di accumulo di acqua sotterranea sono fortemente condizionati dalle precipitazioni stagionali e localmente possono assumere anche una certa continuità. Tali sacche d’acqua, data la tipologia dei materiali riscontrati, possono essere legate alla presenza di locali intercalazioni di materiale più grossolano nella matrice argillosa del sito, oppure ad una rete di fratture e fessure presenti in corrispondenza dei depositi marnosi, argillosi e calcarei rinvenuti.

La relazione Geotecnica evidenzia che il processo di infiltrazione d’acqua attraverso fessure e/o discontinuità del terreno, sebbene non sia in grado di determinare una vera e propria circolazione di falda, può generare pressioni interstiziali che possono influenzare significativamente le condizioni di stabilità del pendio e devono quindi essere prese in considerazione nelle analisi di stabilità. Inoltre, l’acqua meteorica può ancora provocare incrementi significativi delle spinte destabilizzanti sul pendio nel momento in cui vada a riempire fessure verticali e subverticali presenti a monte del pendio stesso.

Infine, si evidenzia che alcuni campioni di terreno testati hanno mostrato una notevole tendenza al rigonfiamento; pertanto, nel caso in esame, l’acqua meteorica che si infiltra può anche modificare profondamente la struttura dei materiali sovraconsolidati in esame, portandoli verso condizioni critiche in termini di resistenza al taglio.

La stessa Commissione di Collaudo nel verbale di visita del 13 luglio 2009 suggeriva nella formulazione del progetto complessivo delle opere di stabilizzazione, la realizzazione di un setto drenante a monte della vasca est capace di intercettare le acque profonde e deviarle superficialmente all’esterno del sito all’interno del sito, riducendo di fatto le pressioni esercitate sulla vasca est.

Tali valutazioni sono state adeguatamente recepite dalla relazione geotecnica di ottobre 2009 e quindi dal presente progetto attraverso la realizzazione di una barriera drenante tra il lotto I e i lotti II-III-IV,

di profondità di 20 m da piano campagna che intercetterà le acque interstiziali sopra descritte convogliandole all'esterno del sito.

### **3. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO TRINCEA DRENANTE**

La trincea drenante progettata ha una larghezza di 80 cm e una profondità di 20,00 m e viene pensata come funzionante a gravità senza l'impiego di apparecchiature elettromeccaniche.

La tecnologia si basa sull'impiego di un geocomposito drenante tridimensionale atto a sopportare le pressioni di fondo scavo senza deformazioni significative mantenendo immutata la propria capacità drenante che risulta essere notevolmente superiore di quella del classico dreno in ghiaia.

In pratica eseguito lo scavo con una tradizionale benna da diaframmi dello spessore appunto di 80 cm e per moduli di 250 cm tramite l'ausilio di polimeri biodegradabili, si cala quindi, per tratti pari a 3/4 pannelli, il geodreno tridimensionale che porta nella sua parte inferiore un tubo dreno  $\varnothing$  200 mm che, con la giusta conformazione del fondo scavo, viene posato con una pendenza verso valle di almeno il 2%.

Lo scavo viene quindi riempito fino a quota -1,00 m dal p.c. con sabbia grossolana 3/6 mm e chiuso nella parte finale con 1,00 m di argilla che funge da tappo impermeabile.

Le parti finali della trincea di lunghezza pari a circa 800 m vengono collegate con un pozzetto a giorno tramite una tubazione  $\varnothing$  200 mm in HDPE non fessurato da cui si sviluppa il collegamento verso il recapito finale di fondo valle.

Il calcolo della portata idraulica viene qui di seguito riportato impiegando a titolo di esempio il geocomposito drenante Enkadrain con tubo finale micro fessurato tipo Greendrain GR.

Il valore stimato della pressione massima a cui è soggetto il geodreno è pari a 1,60 kg/cm<sup>2</sup> ampiamente ammissibile per il prodotto indicato che in tali condizioni ammette capacità drenante in verticale di circa 2,0 l/sxm.

Come si evince dal modello di calcolo più avanti la capacità drenante è pari a circa 5000 volte superiore a quella richiesta dal contesto di filtrazione in loco per la quale è stata stimata una permeabilità di progetto pari a  $10^{-6}$  cm/s.

La quantità di acqua da convogliare nel tubo sarà quindi pari a 0,32 l/s e la tubazione in oggetto con pendenza del 2% è pari a circa 38 l/s e quindi di assoluta sicurezza per l'insieme drenante.

Il manufatto di sbocco a giorno conterrà nella parte a monte una paratoia che permetterà di intercettare il sistema in caso di presenza di percolato che potrà essere invasato appunto nella trincea e smaltito, con sicurezza, nei classici modi.

### **Modello di calcolo**

Interasse : singola trincea

Profondità scavo trincea : 20 m

Altezza parete da drenare (H) : 20 m

Inclinazione asse fondo trincea : 2%

Peso di volume del terreno “ $\gamma$ ” : 19 kN/m

Angolo di attrito residuo “ $\phi$ ” : 24°

Coesione del terreno “c” : 0 kN/m

Lunghezza trincea (L) : 800 m

Permeabilità di progetto (q)<sub>1</sub> : 10<sup>-6</sup> cm/s

Quantità d’acqua da drenare per mq di parete della trincea (q) : 10<sup>-5</sup> l/m<sup>2</sup> x

Per la stima delle quantità d’acqua da drenare ci si è basati cautelativamente sul valore di permeabilità più elevato fornito per il terreno, corrispondente alla coltre alluvionale. Non si è considerato l’eventuale contributo delle acque piovane/superficiali.

### **Dimensionamento del geocomposito drenante**

Per il dimensionamento del geocomposito Enkadrain utilizzato come strato di drenaggio verticale si è calcolato innanzitutto la pressione teorica agente sul geocomposito in senso orizzontale alla massima profondità.

Utilizzando la nota formula di Rankine per il calcolo della pressione orizzontale dovuta alla spinta attiva di un terreno caratterizzato da un peso dell’unità di volume “ $\gamma$ ”, da attrito “ $\phi$ ” e coesione “c” nulla, si ottiene alla profondità h:

$$P_h = K_a \times \gamma \times h$$

dove:

$P_h$ : pressione orizzontale del terreno alla profondità h in condizioni di spinta attiva (kPa)

$K_a$  : coefficiente di spinta attiva di Rankine  $K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$

$\gamma$  : peso in volume del terreno (kN/m<sup>3</sup>)

h : profondità della trincea (m)

da cui:

$$P_h = 0.42 \times 19 \times 20.00 = 160 \text{ kPa}$$

Definita la massima pressione orizzontale agente sul geocomposito (corrispondente alla massima altezza della trincea), ed ipotizzando di utilizzare il geocomposito drenante Enkadrain 5006C/T110PP, è possibile, grazie alla documentazione tecnica in possesso riguardante prove di compressione tra piastre rigida/flessibile, determinare la trasmissività dell’Enkadrain per ml di trincea.

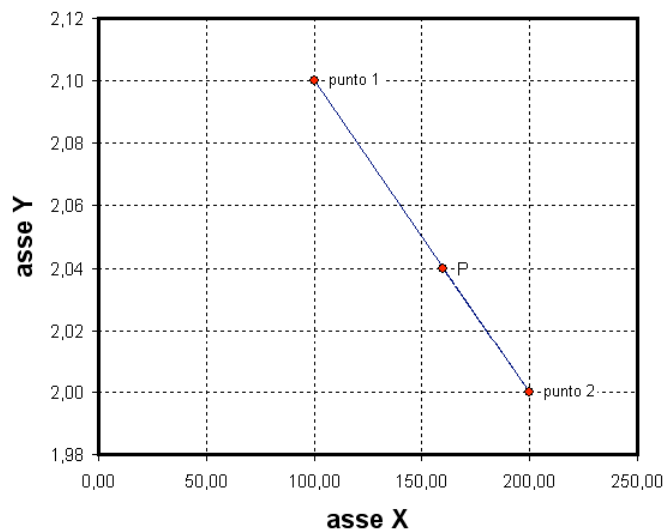
In base alla scheda tecnica dell’Enkadrain 5006 C, considerando i valori della pressione orizzontale di 100 e 200 kPa con gradiente idraulico unitario, è possibile determinare mediante interpolazione lineare la massima capacità drenante in verticale dell’Enkadrain 5006C corrispondente a 2.04 l/sxm.

### INTERPOLAZIONE LINEARE

	X	Y	
punto 1	100	2,1	↕
punto 2	200	2	↕

Equazione della retta passante per i 2 punti	$Y = mX + q$
$m = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1) = -0,00100$	
$q = (X_2 Y_1 - X_1 Y_2) / (X_2 - X_1) = 2,20000$	

	X	Y
punto P ( X, Y )	160	2,040



Ipotizzando un apporto d'acqua di  $10^{-5}$  l/s x mq per un'altezza pari a 20.00 m moltiplicato per le due pareti della trincea, la quantità d'acqua totale che si dovrà drenare per ml d'opera sarà pari a  $4 \times 10^{-4}$  l/s x m. In base a tali ipotesi l'Enkadrain 5006C/T110PP offrirà una capacità drenante 5000 volte superiore alle condizioni richieste.

### Valutazione del comportamento a lungo termine del geocomposito drenante

Poiché l'intervento di drenaggio prevede una durata a lungo termine del sistema drenante, è necessario verificare che i materiali utilizzati siano stati testati al fine di consentire una stima della capacità drenante a medio-lungo termine. In tal senso l' **Enkadrain 5006 C** è stato testato al fine di verificare la variazione di trasmissività dopo 1000 mesi (83 anni); i dati ottenuti hanno dimostrato che la riduzione per un carico di 50 kPa è pari al 22 % circa. Estrapolando tale dato sulla trasmissività calcolata la sua diminuzione (1.59 l/s x m) risulta del tutto influente sulla trasmissività di progetto richiesta.

### Confronto sul principio dell'equivalenza tra geocomposito Enkadrain 5006C e materiali naturali

Nel presente paragrafo viene svolto un confronto tra la trasmissività del geocomposito Enkadrain 5006C ed uno strato di 80 cm di ghiaia sabbiosa "gs" con permeabilità media  $k = 10^{-1}$  cm/s .

$T_{gs} = k \times b = 8 \text{ cm}^2/\text{s} = 0.8 \text{ l/s} \cdot \text{m}$
$T_{5006C} = 1.59 \text{ l/s} \cdot \text{m}$
$T_{5006C} > T_{gs}$ verificato

### Dimensionamento tubo microfessurato Greendrain GR

Definito il massimo apporto d'acqua che verrà convogliato al tubo collettore ogni ml, è possibile dimensionare quest'ultimo in base alla lunghezza ed alla pendenza del fondo della base parete; pertanto, considerando la quantità d'acqua da drenare per metro lineare di trincea ed una lunghezza di 800 m, la massima quantità d'acqua "Q" da convogliare mediante tubo sarà:

$$Q = q \times L = 4 \times 10^{-4} \text{ l/s} \times 800 = 0.32 \text{ l/s}$$

In base alla tabella sotto riportata, un tubo Greendrain GR200 ( $\phi$  200 mm), ipotizzando una pendenza del 20‰ sarà in grado di evacuare 37.48 l/s » 0.32 l/s.



Portata e velocità dell'acqua in rapporto alla pendenza										
Ø [mm]	110		125		140		160		200	
I [‰]	v [m/s]	Q [l/s]	v [m/s]	Q [l/s]	v [m/s]	Q [l/s]	v [m/s]	Q [l/s]	v [m/s]	Q [l/s]
4.00	-	-	0.50	4.37	0.54	6.23	0.60	9.19	0.69	16.66
5.00	0.51	3.36	0.56	4.91	0.61	6.99	0.67	10.31	0.78	18.67
6.00	0.55	3.69	0.61	5.39	0.67	7.67	0.74	1.32	0.85	20.49
7.00	0.60	3.99	0.66	5.83	0.72	8.30	0.80	12.25	0.92	22.17
8.00	0.64	4.28	0.71	6.25	0.77	8.89	0.85	13.11	0.99	23.73
9.00	0.68	4.54	0.75	6.63	0.82	9.44	0.90	13.93	1.05	25.20
10.00	0.72	4.80	0.79	7.00	0.87	9.96	0.95	14.69	1.11	26.58
11.00	0.76	5.04	0.83	7.35	0.91	10.46	1.00	15.42	1.16	27.90
12.00	0.79	5.26	0.87	7.68	0.95	10.94	1.05	16.12	1.21	29.16
13.00	0.82	5.48	0.91	8.00	0.99	11.39	1.09	16.79	1.26	30.37
14.00	0.86	5.70	0.94	8.31	1.03	11.83	1.13	17.44	1.31	31.53
15.00	0.89	5.90	0.98	8.61	1.07	12.25	1.17	18.06	1.36	32.66
16.00	0.92	6.10	1.01	8.90	1.10	12.66	1.21	18.66	1.40	33.74
17.00	0.95	6.29	1.04	9.18	1.14	13.06	1.25	19.24	1.45	34.79
18.00	0.97	6.47	1.07	9.45	1.17	13.44	1.29	19.81	1.49	35.82
19.00	1.00	6.66	1.10	9.71	1.20	13.81	1.32	20.36	1.53	36.81
20.00	1.03	6.83	1.13	9.97	1.23	14.18	1.36	20.90	1.57	37.78
21.00	1.05	7.00	1.16	10.22	1.26	14.53	1.39	21.42	1.61	38.72
22.00	1.08	7.17	1.19	10.46	1.29	14.88	1.42	21.93	1.65	39.64
23.00	1.10	7.33	1.21	10.70	1.32	15.22	1.46	22.43	1.69	40.55
24.00	1.13	7.49	1.24	10.93	1.35	15.55	1.49	22.92	1.72	41.43
25.00	1.15	7.65	1.26	11.16	1.38	15.88	1.52	23.40	1.76	42.29
26.00	1.17	7.81	1.29	11.39	1.41	16.20	1.55	23.87	1.79	43.14
27.00	1.20	7.96	1.32	11.61	1.44	16.51	1.58	24.33	1.83	43.97
28.00	1.22	8.11	1.34	11.82	1.46	16.82	1.61	24.78	1.86	44.78
29.00	1.24	8.25	1.36	12.04	1.49	17.12	1.64	25.22	1.90	45.58
30.00	1.26	8.39	1.39	12.24	1.51	17.41	1.67	25.66	1.93	46.37
32.00	1.30	8.67	1.43	12.65	1.56	17.99	1.72	26.51	1.99	47.91
34.00	1.35	8.94	1.48	13.05	1.61	18.55	1.78	27.33	2.05	49.40
36.00	1.38	9.21	1.52	13.43	1.66	19.10	1.83	28.13	2.11	50.84
38.00	1.42	9.46	1.56	13.80	1.71	19.63	1.88	28.91	2.17	52.25
40.00	1.46	9.71	1.61	14.16	1.75	20.14	1.93	29.67	2.23	53.62
42.00	1.50	9.95	1.65	14.52	1.80	20.64	1.98	30.41	2.28	54.95
44.00	1.53	10.19	1.68	14.86	1.84	21.13	2.02	31.13	2.34	56.26
46.00	1.57	10.42	1.72	15.20	1.88	21.61	2.07	31.84	2.39	57.53
48.00	1.60	10.65	1.76	15.53	1.92	22.08	2.11	32.53	2.44	58.78
50.00	1.64	10.87	1.80	15.86	1.96	22.54	2.16	33.21	2.49	60.00
52.00	1.67	11.09	1.83	16.17	2.00	23.00	2.20	33.87	2.54	61.20
56.00	1.73	11.51	1.90	16.79	2.08	23.87	2.28	35.16	-	-
58.00	1.76	11.72	1.94	17.09	2.11	24.30	2.32	35.79	-	-
60.00	1.79	11.92	1.97	17.38	2.15	24.72	2.37	36.41	-	-
65.00	1.87	12.41	2.05	18.10	2.24	25.74	2.46	37.91	-	-
70.00	1.94	12.89	2.13	18.79	2.32	26.72	2.56	39.35	-	-
80.00	2.07	13.79	1.28	20.10	2.49	28.58	-	-	-	-

90.00	2.20	14.63	2.42	21.33	2.64	30.32	-	-	-	-
100.00	2.32	15.43	2.55	22.49	-	-	-	-	-	-

### **Specifiche Tecniche materiali previsti**

In base a quanto emerso dalle analisi effettuate nei capitoli precedenti, il materiale da utilizzarsi dovrà soddisfare le seguenti caratteristiche tecniche minime:

#### **Geocomposito drenante**

Il geocomposito, tipo Enkadrain 5006C/5-2s/T110PP, avente funzione di drenaggio, filtrazione delle acque, dovrà essere costituito da un nucleo drenante tridimensionale lavorato termicamente in modo da conferirgli una configurazione a v, particolarmente adatta a resistere alle pressioni di confinamento esercitate dal terreno di rinterro e da due non-tessuti filtranti termosaldati.

Il geocomposito dovrà avere un valore della trasmissività in verticale (gradiente idraulico  $i = 1$ ) a 50 kPa non inferiore a 2,3 l/sm (pari a 8280 l/hm) (norma EN ISO 12958 opzione R/F) e dopo 100 anni di esercizio dovrà fornire un valore della trasmissività in verticale a 50 kPa, stabilita secondo norma EN ISO 12958 opzione R/F, long term creep test, non inferiore a 1,80l/sm (pari a 6480 l/hm) con pressione applicata mediante macchinario avente una membrana rigida e una flessibile per meglio simularne le condizioni reali di esercizio.

I due non-tessuti filtranti di tipo termosaldato dovranno avere un valore del peso unitario non superiore ai 110 g/m<sup>2</sup> (norma EN 965), una resistenza a trazione longitudinale e trasversale non inferiore a 7.3 kN/m (norma EN 10319), una resistenza al punzonamento statico non inferiore a 1,1 KN (norma EN 12236), un diametro di filtrazione O90 non superiore a 140 micron (norma EN ISO 12956).

Il materiale dovrà essere prodotto e distribuito da aziende operanti secondo gli standard della certificazione ISO 9001; tale certificato dovrà essere sottoposto alla D.L. preventivamente alla fornitura.

#### **Tubo microfessurato**

Tubo microfessurato per drenaggio corrugato esternamente e liscio internamente, con fessure sulla circonferenza aventi larghezza di 2 mm e lunghezza variabile in relazione al diametro nominale. Il tubo microfessurato è realizzato in HDPE colorato stabilizzato ai raggi U.V., da utilizzarsi in installazioni sotterranee ove viene posato per captare l'acqua proveniente dal geocomposito drenante tipo Enkadrain. Il tubo microfessurato dovrà avere una resistenza allo schiacciamento non inferiore a 300 N con deformazione del diametro interno pari al 5% (campioni da 200 mm), con riferimento alla norma EN 50086-2-4 ed. 01/95, var. A1 ed. 08/01.

#### **4. ASSETTO IDROGRAFICO POST OPERAM E RETE CAPTAZIONE RACCOLTA ACQUE METEORICHE**

La realizzazione delle opere previste in questa sede non modificherà in maniera sostanziale l'assetto idrografico del sito rispetto a quello oggi presente per la presenza della stessa discarica e delle opere di stabilizzazioni già realizzate e in quanto i lavori interessano prevalentemente gli strati più profondi del suolo.

Si ritiene dunque sufficiente e idonea la rete di captazione e di raccolta delle acque meteoriche già esistente nella discarica che recapita i deflussi verso il ricettore finale ( Torrente Pazzano) attraverso il pozzetto di scarico posto a valle del Lotto 2.

Relativamente alla trincea drenante, durante l'esecuzione dei lavori è comunque prevista la realizzazione di scoline provvisorie per il corretto deflusso delle acque meteoriche verso il ricettore finale o la rete di raccolta già esistente.