

REGIONE ABRUZZO

PROVINCIA di CHIETI

COMUNE DI COLLEDIMACINE

**MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-
DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI
BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA**

EX DISCARICA – LOCALITA’ “FONTICELLE”

Foglio n. 14 p.lla n. 64

PROGETTO DEFINITIVO RIMODULATO
RELAZIONE TECNICA

IL COMMITTENTE:

✉ SPETT.LE:

COMUNE DI COLLEDIMACINE

Via Orientale, 29 - 66010 COLLEDIMACINE (CH)
Codice Fiscale e Partita Iva: 00268080694

IL TECNICO:

(dott. geol. Pietro DI GIUSEPPE)





1. PREMESSA	4
1.1 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2. INQUADRAMENTO DEL SITO	5
2.1 ANAMNESI STORICA DEL SITO	6
2.2 DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ PRODUTTIVA	6
2.3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE-REALIZZATIVE DELLA DISCARICA	6
3. RISULTATI DELLE INDAGINI	6
3.1 RISULTATI DELLE INDAGINI PRELIMINARI	6
3.2 RISULTATI DELLE INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE	7
4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	8
4.1 MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELL'AMMASSO DI RIFIUTI (MISP)	8
4.2 OPERE NECESSARIE AD ISOLARE IL CORPO DI RIFIUTI DALLE ACQUE SOTTERRANEE	10
4.2.1 TRINCEA DRENANTE	11
4.2.2 POZZETTI DI RACCORDO	14
4.2.3 PARTICOLARE DEL RAPPORTO TRA CAPPING - CANALETTE - TRINCEE DRENANTI	14
4.3 BONIFICA DELLA MATRICE ACQUE SOTTERRANEE MEDIANTE TECNOLOGIA DI TIPO "PUMP AND STOCK"	16
4.3.1 CALCOLO DELLA PORTATA (Q) PER IMPIANTO DI "PUMP & STOCK".....	16
4.3.2 PROVE DI RISALITA (SLUG TEST) E CALCOLO DELLA PORTATA.....	17
4.3.3 STIMA DEI VALORI DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA (K).....	17
4.3.4 CALCOLO DELLA PORTATA (Q) PER IMPIANTO DI "PUMP & STOCK".....	19
4.4 CONSIDERAZIONI SUL BIOGAS	21
5. PLANIMETRIE QUOTATE CON RELATIVE SEZIONE, IN STATO PRE-INTERVENTO E POST-INTERVENTO	23
6. VERIFICHE DI STABILITÀ	24
6.1 ANALISI DI STABILITÀ DEL SISTEMA CAPPING - RIFIUTI	24
6.2 ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSTANTE IN CONDIZIONI ANTE E POST-OPERAM	24
7. ESPROPRI E OCCUPAZIONE DEL SUOLO	25
8. QUADRO ECONOMICO	25
9. INDICAZIONI PRELIMINARI SULLA SICUREZZA	26



ELENCO DELLE TAVOLE

- Tav. 1 – Inquadramento geografico;
- Tav. 2 – Stralcio dell'Estratto Catastale con perimetrazione ex - discarica;
- Tav. 3 – Ortofotocarta;
- Tav. 4 – Planimetria Stato di Fatto;
- Tav. 5 – Sezioni A-A' e B-B' Stato di Fatto;
- Tav. 6 – Sezioni C-C' e D-D' Stato di Fatto;
- Tav. 7 – Stralcio dell'Estratto Catastale con perimetrazione di progetto ex - discarica;
- Tav. 8 – Planimetria Stato di Progetto;
- Tav. 9 – Sezioni A-A' e B-B' Stato di Progetto;
- Tav. 10 – Sezioni C-C' e D-D' Stato di Progetto;
- Tav. 11 – Analisi di stabilità del sistema capping-ammasso rifiuti Sez. A-A';
- Tav. 12 – Analisi di stabilità del sistema capping-ammasso rifiuti Sez. C-C';
- Tav. 13 – Sezione di stabilità del versante X-X';
- Tav. 14 – Analisi di stabilità del versante X-X' – Condizioni Ante-operam;
- Tav. 15 – Analisi di stabilità del versante X-X' – Condizioni Post-operam;
- Tav. 16 – Planimetria Stato di Progetto su CTR.

ALLEGATI

- All. 1 – Certificati analitici delle analisi di emissioni diffuse - Radiello;
- All. 2 – Relazioni di calcolo Analisi di stabilità.



1. PREMESSA

Il presente documento, costituisce il progetto definitivo rimodulato di Messa in Sicurezza Permanente della ex-discardica ubicata in località “Fonticelle” nel Comune di Colledimacine (CH), ed il progetto operativo di bonifica della matrice acque sotterranee presenti nel sottosuolo del sito ai sensi dell’art. 242 c.ma 7 del D. Lgs. 152/2006 e smi.

Questo progetto si inserisce nell’iter procedurale attivato ai sensi del D.Lgs n. 152 del 3 aprile 2006 e s.m.i. e sviluppatosi attraverso le seguenti fasi principali:

- censimento del sito nella D.G.R. 1529/2006 come discardica “abusiva”;
- esecuzione delle Indagini Preliminari eseguite nel Luglio – Agosto 2007, che hanno evidenziato il superamento delle CSC nella matrice ambientale acque sotterranee prelevate nel piezometro a valle S2 per Fe, Mn e Pb;
- esecuzione delle Indagini di Caratterizzazione eseguite nel ottobre 2010, che hanno evidenziato superamento delle CSC nella matrice ambientale acque sotterranee per Idrocarburi Totali, Fe e Mn nei piezometri S3, S4, S5 e S6.

A seguito delle Conferenze dei Servizi del 25 ottobre 2011 e del 30 aprile 2013, nelle quali sono stati discussi gli interventi previsti nel progetto definitivo originale e nelle integrazioni allo stesso, e considerando quanto emerso dai pareri dell’ARTA e dell’Autorità dei Bacini di rilievo regionale dell’Abruzzo e del Bacino interregionale del Fiume Sangro, detto progetto definitivo è stato rimodulato e considera i seguenti interventi:

- copertura superficiale o “Capping” sull’area interessata dall’abbanco dei rifiuti con lo scopo di impedire l’infiltrazione delle acque meteoriche attraverso i rifiuti in modo tale da evitare la diffusione in profondità degli inquinanti, in particolare verso le acque sotterranee;
- installazione di opere necessarie ad isolare il corpo di rifiuti dalle acque sotterranee, mediante barriere idrauliche ed in particolare mediante la realizzazione di trincee drenanti, che circondano la ex-discardica;
- messa in opera di impianto di Pump & Stock consistente nell’emungimento delle acque sotterranee contaminate e stoccaggio in sito con conseguente smaltimento in impianto autorizzato.

1.1 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nel redigere il presente rapporto si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- “Linee guida per la verifica ed il collaudo delle barriere impermeabili per la messa in sicurezza di siti contaminati” – Provincia di Milano

http://www.provincia.milano.it/ambiente/bonifiche/doc/lineeguida04_barriere_impermeabili.pdf;

- D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36, recante: “Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti”;
- D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30 recante: “Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento”;
- D.Lgs. n. 4/2008 recante: “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 Aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”;
- Determinazione Dirigenziale DN3/18 del 12.02.2007 recante: Aggiornamento al disciplinare tecnico – di cui alla DGR n.1529 del 27/12/2006;
- Determinazione Dirigenziale DN3/28 del 06.03.2007 recante: Approvazione delle linee guida per la verifica dello stato di qualità ambientale delle aree di discarica ed ulteriori modifiche al disciplinare tecnico -;
- Deliberazione della Giunta Regionale d’Abruzzo n. 1529 del 27/12/2006 recante: «D.Lgs 3.04.2006, n. 152 - L.R. 28.04.2000, n. 83 e s.m.i. - art. 35, comma 1, lett. a) “Anagrafe dei siti contaminati – Disciplinare tecnico per la gestione e l’aggiornamento”. Approvazione»;
- D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 “Norme in materia ambientale”;
- D.M. n. 471/1999 recante: “Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell’articolo 17 del D. Lgs del 05.02.97, n.22 e successive modifiche e integrazioni”.

2. INQUADRAMENTO DEL SITO

Il sito di ex discarica ricade nel Foglio n. 147 – II della Carta Topografica d’Italia ed è ubicato in località “Fonticelle” ad una quota altimetrica di circa 775m slm (*Tav. 1*), raggiungibile per mezzo di strada comunale, catastalmente individuabile al Foglio di mappa n. 14 particella n. 64 del Comune di Colledimacine (*Tav. 2*).

Le caratteristiche geometriche della discarica, sebbene attualmente coperta parzialmente da vegetazione arborea, sono determinabili dalla consultazione del materiale esistente (*fotoaeree*) e dalle indagini effettuate; la discarica può essere ascrivibile ad una forma subtriangolare con cateti di lunghezza 60m e 50m (*Tav. 3*), che copre un’area di c.ca 1900m² e con un volume, in parte calcolato (*dalle indagini geofisiche*) ed in parte stimato di circa 5000m³.



2.1 ANAMNESI STORICA DEL SITO

La ex-discardica ha un'origine "abusiva" successivamente autorizzata, nel 1987, in virtù di ordinanza sindacale ex art. 12 del D.P.R. 915/82 e con coltivazione che copre un periodo di circa 10 anni, compreso tra il 1981 e il 1991.

2.2 DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ PRODUTTIVA

La tipologia di rifiuti smaltiti, da quanto emerso con i colloqui intercorsi con l'Ufficio Tecnico Comunale, sembra essere ricondotta al 100% di Rifiuti Solidi Urbani.

2.3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE-REALIZZATIVE DELLA DISCARICA

Le caratteristiche costruttive-realizzative sono determinabili a seguito dei sopralluoghi tecnici dai quali risulta che, è assente un sistema di impermeabilizzazione del fondo e delle pareti, sono assenti sistemi di intercettazione e raccolta delle acque piovane, di drenaggio e trattamento del percolato, captazione del biogas, inoltre è presente un sistema di chiusura e/o tombamento consistente nella copertura con terreno vegetale. L'ex-discardica presenta una recinzione a tratti divelta e non è presente un cancello a limitare l'accesso.

3. RISULTATI DELLE INDAGINI

Lo stato di qualità ambientale delle matrici suolo/sotto suolo e acque sotterranee presente nel sottosuolo del sito è stata definita nel corso delle Indagini Preliminari e della Caratterizzazione e nei seguenti paragrafi vengono riassunti in modo sintetico i risultati.

3.1 RISULTATI DELLE INDAGINI PRELIMINARI

L'osservazione e il confronto dei dati relativi alle analisi dei campioni di terreno, evidenziano che i valori di concentrazione a monte (S3) e valle (S1-S2), rispetto alla ex discardica non evidenziano superamenti delle CSC per siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Tabella 1 - Colonna A - Allegato 5 della Parte quarta del D. Lgs. 152/06).

Mentre, l'osservazione dei dati relativi alle analisi dei campioni di acque sotterranee che si riferiscono ad un unico campione prelevato in uno dei piezometri a valle (S2), con conseguente impossibilità di confronto tra i dati monte-valle, mette in evidenza i superamenti delle CSC (Tabella 2 - Allegato 5 della Parte quarta del D. Lgs. 152/06) per alcuni metalli ed in particolare per **Fe**, **Mn** e **Pb** come riassunto nella seguente tabella.



RISULTATI ANALITICI ACQUE DI FALDA – INDAGINI PRELIMINARI – LUGLIO/AGOSTO 2007				
Parametri	Fe	Mn	Pb	Idrocarburi totali (espressi come n-esano)
CSC (µg/l) Tab. 2 – All. 5 D.Lgs. 152/06	200	50	10	350
Campione	Concentrazioni rilevate			
S2	539	75,2	35,3	< 1,0

Alla luce delle disposizioni del D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30 recante: “Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento”, il sottoscritto ritiene che i superamenti di Fe, Mn e Pb sono stati riscontrati, nella fase di Indagine Preliminare, a causa del fatto che le analisi sono state eseguite sul campione “tal quale” e non sul campione filtrato a 0,45µm (come richiesto dall'Allegato 3 – parte A.2 del D.Lgs. n. 30/2009), e quindi la loro presenza nel campione di acque sotterranee S2, potrebbe essere riconducibile alla fase in sospensione e non alla fase disciolta.

3.2 RISULTATI DELLE INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE

L'osservazione e il confronto dei dati relativi alle analisi dei campioni di terreno evidenziano che i valori di concentrazione a monte (S3) e valle (S1-S2), rispetto alla ex discarica, per quasi tutti gli analiti ricercati sono pressoché stabili e presentano lo stesso ordine di grandezza e non sono evidenziati superamenti delle CSC per siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Tabella 1 - Colonna A - Allegato 5 della Parte quarta del D. Lgs. 152/06).

Mentre, l'osservazione dei dati relativi alle analisi dei campioni di acque sotterranee prelevate nei piezometri a valle S3, S4, S5 e S6, mette in evidenza i superamenti delle CSC (Tabella 2 - Allegato 5 della Parte quarta del D. Lgs. 152/06) per alcuni metalli ed in particolare per **Idrocarburi Totali, Fe e Mn** come riassunto nella seguente tabella.

RISULTATI ANALITICI ACQUE DI FALDA – INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE – OTTOBRE/NOVEMBRE 2010			
Parametri	Fe	Mn	Idrocarburi totali (espressi come n-esano)
CSC (µg/l) Tab. 2 – All. 5 D.Lgs. 152/06	200	50	350
Campione	Concentrazioni rilevate		
S3	317	202	560
S4	< 10,0	90	410
S5	< 10,0	11	390
S6	< 10,0	14	450



Nel piezometro S5 che rappresenta il POE non risulta verificata la accettabilità del rischio per la risorsa idrica sotterranea $RGW > 1$.

Per cui, in considerazione del principio generale di precauzione secondo il quale “*il punto di conformità deve essere di norma fissato non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica e la relativa CSR per ciascun contaminante deve essere fissata equivalente alle CSC di cui all'Allegato 5 della parte quarta del D.Lgs 152/2006 e s.m.i.*”, il Comune di Colledimacine (CH) ha dovuto predisporre il progetto operativo degli interventi di bonifica per la matrice acque sotterranee e la messa in sicurezza permanente dell'ammasso di rifiuti ai sensi dell'articolo 242 c.7 del D. Lgs. 152/2006.

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

4.1 MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELL'AMMASSO DI RIFIUTI (MISP)

Tra le tecnologie comunemente adottate in presenza di matrici ambientali contaminate, le barriere impermeabili rappresentano una soluzione tecnica applicata dove emerge la necessità di isolare e contenere, in modo definitivo o temporaneo, la migrazione e la propagazione dei composti inquinanti.

In riferimento al quadro normativo vigente in materia di bonifica di siti contaminati (*D.Lgs. 152/06*), questi sistemi di confinamento possono essere impiegati sia come misure di messa in sicurezza di emergenza (*opere temporanee per contenere la diffusione dei contaminanti in attesa di successivi interventi di bonifica*), sia in un contesto di bonifica con misure di sicurezza e di messa in sicurezza permanente.

La scelta e lo sviluppo progettuale dei sistemi di impermeabilizzazione, in particolare per quelli a carattere permanente, parte dall'esame delle tecniche disponibili e dei materiali impiegabili in relazione al grado di isolamento richiesto, senza tuttavia prescindere da un'attenta valutazione delle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito oltre che della tipologia, grado ed estensione della contaminazione. Tali informazioni devono essere il risultato delle indagini effettuate durante la fase di caratterizzazione.

Nel caso in questione, si parla di un sistema di copertura superficiale permanente o “capping” che ha una duplice funzione:

- impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso il suolo contaminato in modo tale da evitare la diffusione in profondità degli inquinanti, in particolare verso le acque sotterranee;



- inibire il contatto diretto con i rifiuti e limitare, se non abbattere, eventuali emissioni gassose.

Per quanto riguarda la configurazione della copertura si è fatto riferimento all'Allegato 1 del D.Lgs. 36/2003 recante "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti" ed alle "Linee guida per la verifica ed il collaudo delle barriere impermeabili per la messa in sicurezza di siti contaminati" redatto dalla Provincia di Milano.

La copertura superficiale finale della discarica deve rispondere ai seguenti criteri:

- isolamento dei rifiuti dall'ambiente esterno;
- minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua;
- riduzione al minimo della necessità di manutenzione;
- minimizzazione dei fenomeni di erosione;
- resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata.

Le tipologie costruttive si differenziano sulla base del materiale da isolare (*terreno contaminato, discarica, ecc.*), della durata dell'intervento (*temporaneo o definitivo*) e della destinazione d'uso del suolo (*aree verdi, transitabili o edificabili*) ed in determinate situazioni alcuni degli strati previsti dalla legislazione vigente possono essere opzionali.

Pertanto, visto che la zona non è interessata dalla presenza di carichi, si è scelta una configurazione ridotta, per cui la copertura dovrà essere realizzata mediante una struttura multistrato, costituita dal basso verso l'alto, dai seguenti strati:

- a. strato di regolarizzazione di spessore di 30cm: è lo strato a contatto con i rifiuti ed ha lo scopo di favorire la messa in opera degli strati immediatamente superiori, costituito da materiale arido (*sabbie e limi*);
- b. strato impermeabile costituito da una geomembrana impermeabile in HDPE liscia con spessore di 1,5mm a protezione degli strati sottostanti;
- c. strato drenante costituito da geocomposito drenante di spessore 11mm avente la funzione di ridurre il carico d'acqua sullo strato impermeabilizzante, di eliminare l'eventuale formazione di un battente idraulico sopra lo strato protettivo e di ridurre la pressione interstiziale migliorandone la stabilità;
- d. geogriglia mono-orientata in HDPE da 450g/m², posizionata unicamente lungo le scarpate dell'ammasso di rifiuti, avente la funzione di aumentare la stabilità dello strato sovrastante limitandone i movimenti e migliorandone la resistenza al taglio;

- e. strato superficiale di copertura di spessore di 50cm: costituito da terreno vegetale, che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura e fornisca un'adeguata protezione agli strati sottostanti.

La struttura multistrato è schematizzata nella seguente figura.

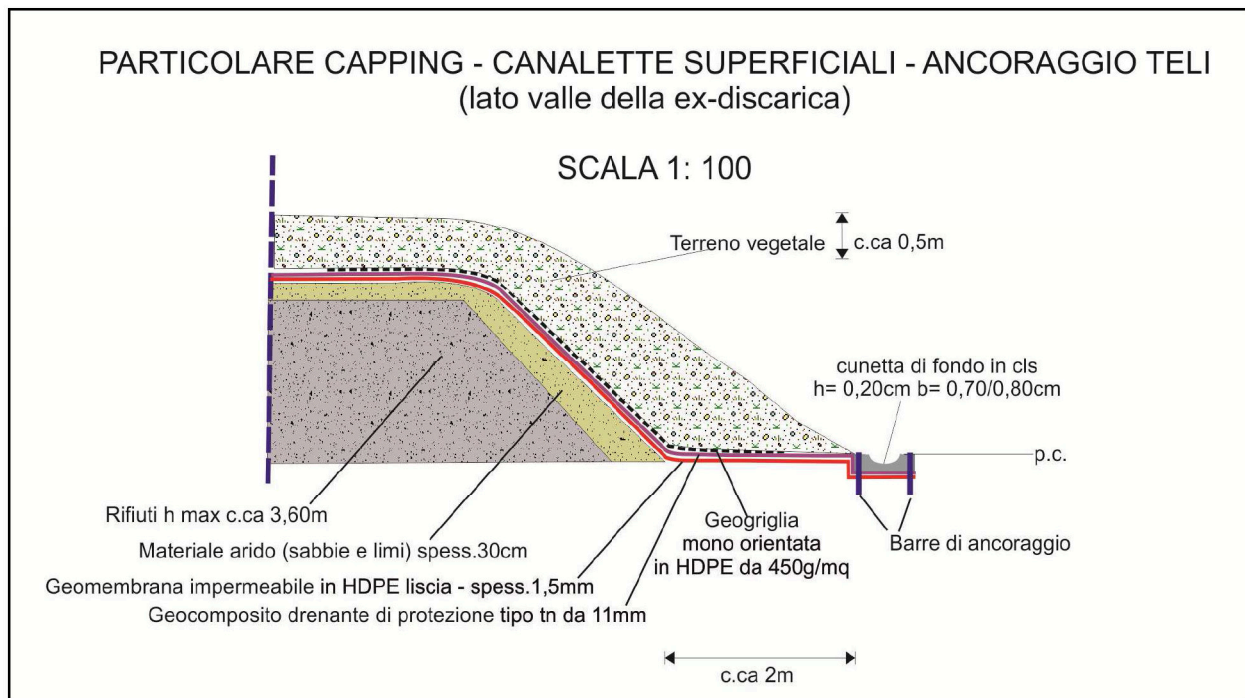


Fig. 1: Sezione del capping previsto con le canalette di raccolta d'acqua superficiale e ancoraggio dei teli.

Oltre alla realizzazione della copertura superficiale del corpo di discarica, si rendono necessarie (Tav.8):

- opere per la regimazione delle acque meteoriche attraverso la realizzazione di una cunetta intorno alla copertura del corpo dei rifiuti, che ha lo scopo di convogliare ed allontanare le acque all'esterno del sito di discarica;
- movimentazione parziale di volumi di terreno;
- il ripristino della recinzione attorno al sito e del cancello di entrata.

4.2 OPERE NECESSARIE AD ISOLARE IL CORPO DI RIFIUTI DALLE ACQUE SOTTERRANEE

Premettendo che la modalità di coltivazione della ex-discarica oggetto del presente progetto, consisteva nell'abbancare i rifiuti sulla originaria superficie morfologica, senza operare scavi ed interramenti degli stessi, tipologia di coltivazione confermata anche dalle indagini indirette (tomografia elettrica).



Considerando che gli studi sulla piezometria ed in particolare sulle soggiacenze misurate nell'ultima campagna di rilievi (*ottobre-novembre 2010*), hanno mostrato una profondità da p.c. della superficie piezometrica che varia da c.ca 3,20m in S3 (*monte idrogeologico*), ad una profondità di 1,80m in S4 a c.ca 4,80m in S5 (*valle idrogeologico*).

In questa zona la falda acquifera mostra caratteri stagionali, ed in particolare possono verificarsi escursioni della superficie piezometrica, anche di qualche m, in funzione del regime di piovosità (*più elevata nei periodi tardo autunnale*).

Inoltre, la natura litologica dell'acquifero, presenta valori di permeabilità medio-bassi (*sabbie limose, limi o argille limose con inclusi e intercalazioni detritiche di natura calcarea*), per cui i processi di emungimento della falda potrebbero portare a fenomeni di ricarica lenta ed anche ad un depauperamento della falda stessa.

Per quanto sopra premesso, si ritiene che sebbene la superficie piezometria, per la maggior parte dell'anno, sia significativamente al di sotto della base dei rifiuti, di fatti ci possono essere periodi di elevata piovosità che possono portare ad una escursione di detta superficie fino a lambire l'ammasso dei rifiuti.

Tale isolamento, si può ottenere mediante l'introduzione di barriere fisiche e/o barriere idrauliche al flusso idrico sotterraneo, con lo scopo di ostacolare il contatto laterale tra le acque di falda e le sorgenti di contaminazione (*primaria e/o secondaria*) mediante un abbassamento del suo livello (*attraverso l'utilizzo di barriere idrauliche, diaframmi, muri, palancole o altri sistemi di isolamento delle pareti*).

Per quanto riguarda il sito oggetto di studio per tale isolamento, si ritiene adatto operare con barriere idrauliche ed in particolare con la realizzazione di trincee drenanti, e per la realizzazione di tali opere, si necessita di apportare espropri alle proprietà particellari limitrofe.

Nel particolare, si prevede la realizzazione di una trincea drenante, che circonda la ex-discardica (*Tav. 8*).

4.2.1 TRINCEA DRENANTE

La trincea drenante perimetrale all'ammasso rifiuti e alla copertura proposta sarà realizzata mediante la realizzazione di uno scavo del terreno a sezione rettangolare, con profondità massima di circa 3,0m sino al punto di congiunzione in cui è ubicato il pozzo di controllo delle acque regimentate e di smaltimento delle stesse (*Tav. 8*), e larghezza costante di c.ca 0,50m, successivamente riempito con pannelli drenanti prefabbricati in sostituzione al sistema classico (*ghiaia-tubo-geotessile*) visto il contesto geologico (*alleggerimento del versante*

e maggiore capacità di smaltimento), logistico di cantierizzazione (maggiore versatilità, velocità realizzativa, gestione e sicurezza del cantiere) e le limitate superfici a disposizione (al fine di minimizzare le superfici di occupazione e di minimizzare gli espropri).

I pannelli drenanti previsti, ad alte prestazioni idrauliche e meccaniche, sono costituiti da un involucro scatolare in rete metallica a doppia torsione rivestito in geotessile non tessuto e riempito in trucioli in polietilene ad alta densità con funzione di drenaggio. Il drenaggio sarà assicurato appunto dall'altissimo indice dei vuoti, la scelta del materasso drenante costituito da polietilene e non polistirolo come le più comuni trincee drenanti attualmente disponibili sul mercato, è dovuta al fatto che oltre ad essere meccanicamente più resistente (vista la presenza nel sottosuolo di materiali lapidei di natura detritica), il polietilene è imputrescibile e chimicamente inerte mentre il polistirolo è attaccabile alla presenza di idrocarburi che, come nel caso in specie, sono presenti nelle acque del sito.

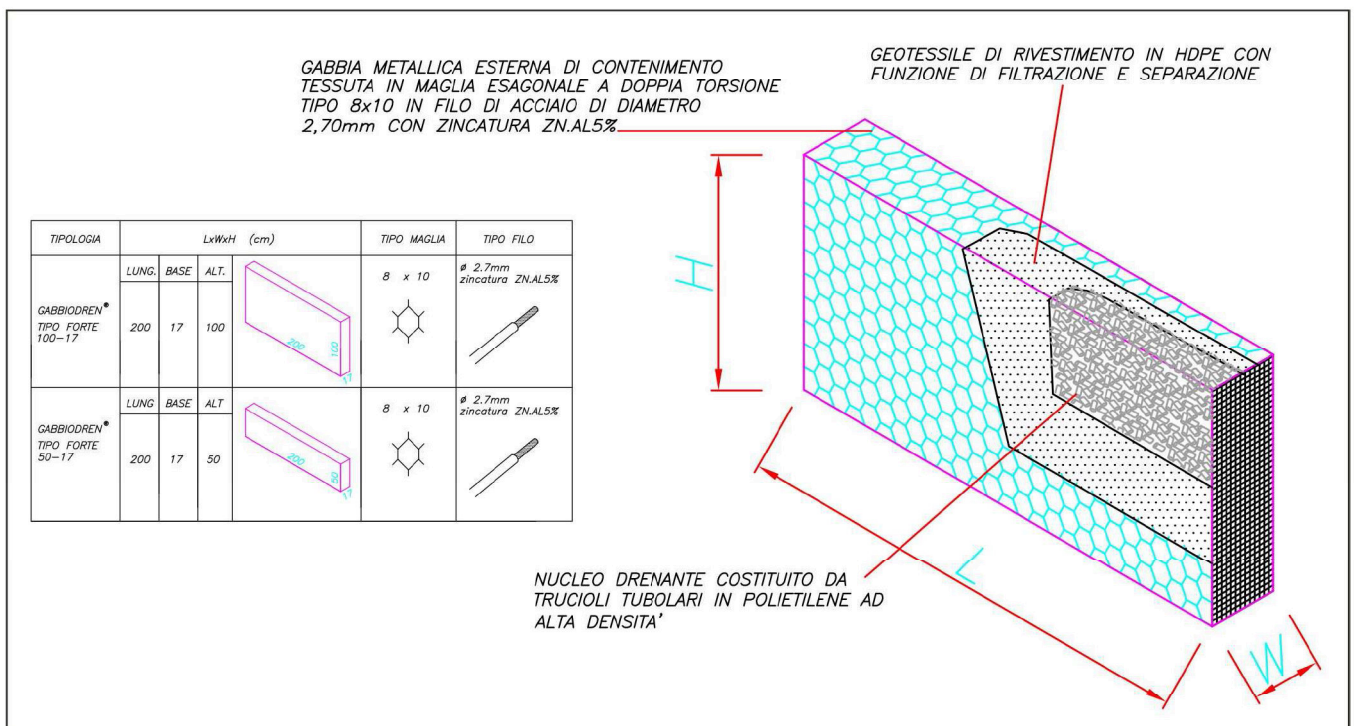


Fig.1: Caratteristiche tecniche dei pannelli preassemblati (a dx) e diversi dimensionamenti utilizzati in funzione della profondità di scavo da raggiungere (a sx).

Le linee di pannelli, capaci di sopportare curve abbastanza strette, saranno assemblati fuori dagli scavi e verranno calati all'interno degli stessi dalla profondità massima di 3,0m sino alla profondità di 1,50m.

Le porzioni di scavo poste al di sopra e di fianco ai pannelli drenanti saranno riempite dello stesso terreno scavato ben costipato. Gli scavi pertanto, viste le modalità di posa in opera dei pannelli drenanti, saranno eseguiti con pareti di 45° sino alla quota in cui è prevista la testa dei pannelli drenanti, mentre, lungo l'intera altezza ove andranno inseriti i pannelli, quindi sino alle profondità massime previste le pareti saranno verticali o sub-verticali.



Fig.2: Modalità di posa in opera, realizzazione dello scavo a sezione obbligata (a sx), stoccaggio dei pannelli in cantiere (al centro) e inserimento dei pannelli preassemblati all'interno degli scavi (a dx).

A garantire la tenuta delle acque raccolte all'interno dei pannelli drenanti, si utilizzerà una guaina impermeabile occhiellata e legata alla base dei pannelli calati a fondo scavo.



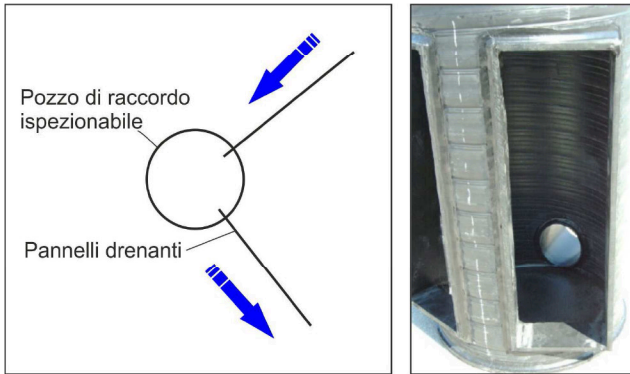
Fig.3: Assemblaggio tra le diverse file di pannelli sino ad altezza prestabilita (a sx) e tra i diversi pannelli (sotto a dx).



Fig.4: Posa in opera della guaina impermeabile di base (a sx) e relativo fissaggio (a dx).

4.2.2 POZZETTI DI RACCORDO

La lunghezza totale della trincea drenante sarà di c.ca 220m, di cui 86m disposti nel lato monte dell'area di ex-discardica (*tratto YZ*) e 134m complessivi in direzione monte-valle (*tratto*



YJ e ZJ), in corrispondenza delle congiunzioni tra le trincee con diversa direzione (*punti Y e Z*) saranno installati pozzetti di raccordo ispezionabili in HDPE in cui si convogliano le acque raccolte dalla trincea drenante posta a monte. Nell'immagine di fianco è rappresentata la disposizione dei pannelli drenanti disposti circa a 90° rispetto al pozzo di giunzione e il

convogliamento delle acque drenate ispezionabile, con la relativa direzione delle acque e un particolare delle finestre d'attacco. A sua volta da questi pozzi di raccordo le acque si dirigeranno tramite i bracci delle trincee drenanti disposte in direzione monte-valle verso il pozzo di monitoraggio e controllo della qualità delle acque (*pozzo J*). Il monitoraggio e il controllo dello stato di qualità delle acque avverrà tramite prelievo di campione di acqua all'interno del pozzo a tenuta (*pozzo J*) da effettuarsi appena dopo la messa "a regime" della sistemazione drenante, e successivamente su tali campioni saranno effettuate analisi chimiche di laboratorio al fine di accertarne lo stato di qualità ambientale. Pertanto nel caso in cui si rilevasse la presenza di acqua contaminata all'interno del pozzo di controllo, verranno adottati sistemi per la raccolta e smaltimento delle acque in impianti autorizzati, al contrario nel caso in cui le acque risultassero non contaminate all'interno del pozzo di prevedrà un sistema che tramite un troppo pieno posto alla profondità di 2,0m dirigerà le acque all'interno di una tubazione denominata di allontanamento (*riportata con linea tratteggiata azzurra nella Tavola 16*) che convoglierà le acque verso valle sino al primo recettore naturale esistente.

4.2.3 PARTICOLARE DEL RAPPORTO TRA CAPPING - CANALETTE - TRINCEE DRENANTI

Di seguito si riportano due sezioni schematiche del capping in rapporto con le canalette superficiali e relativo ancoraggio dei teli di drenaggio e di impermeabilizzazione e con le trincee drenanti a seconda della ricadenza nella porzione valle o monte della ex-discardica. Si precisa che rispetto alla ipotesi proposta nel progetto definitivo, in cui si prevedeva la posa in opera della geomembrana impermeabilizzante sino alla base della trincea drenante, in Conferenza

dei Servizi del 30.04.2013 tale soluzione è stata modificata onde evitare un effetto “diga” delle acque.

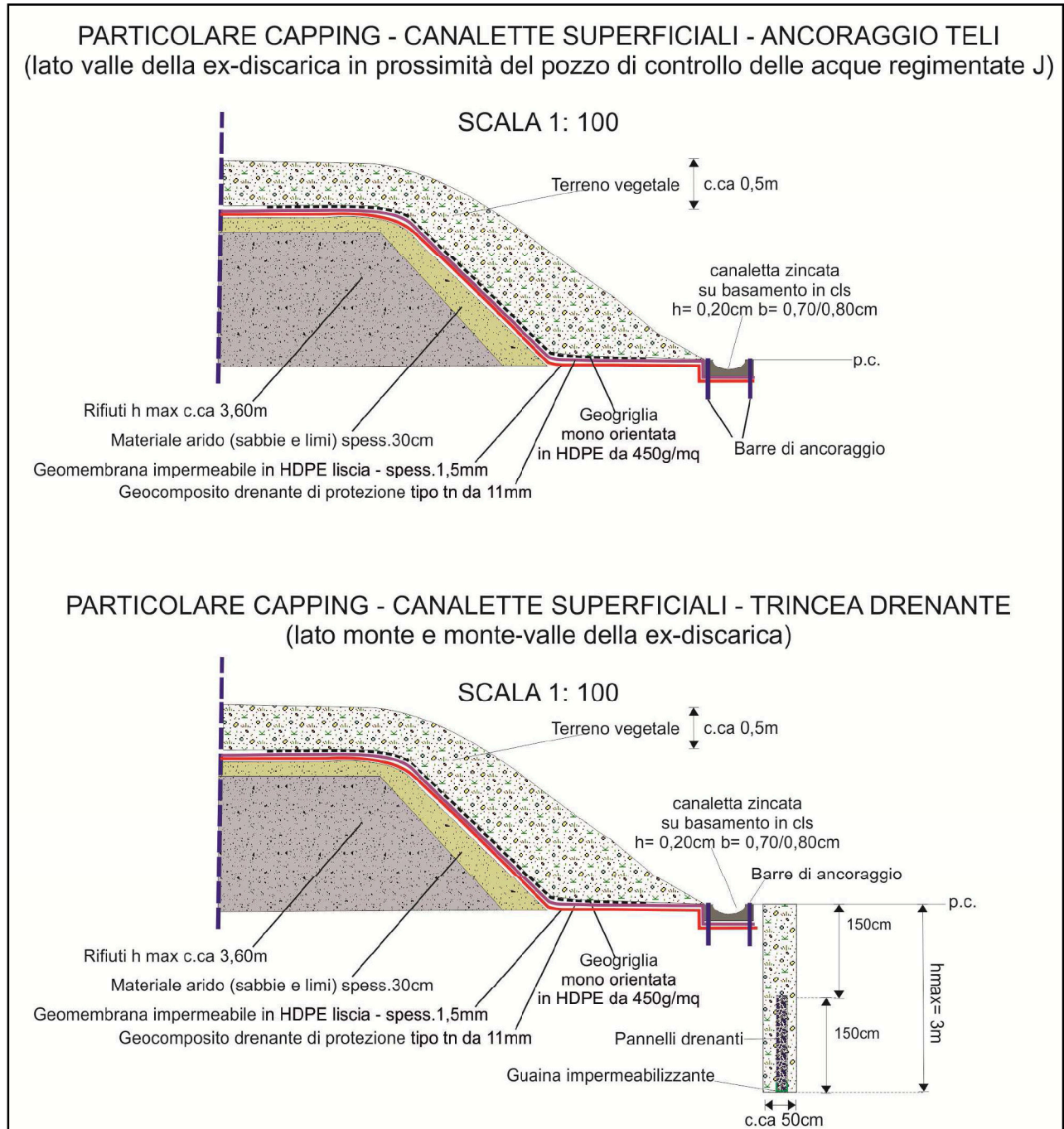


Fig.5: Particolari dei rapporti tra capping, canalette superficiali e trincea drenante nei diversi tratti perimetrali alla ex-discardica.

4.3 BONIFICA DELLA MATRICE ACQUE SOTTERRANEE MEDIANTE TECNOLOGIA DI TIPO “PUMP AND STOCK”

Prendendo atto del parere espresso dall'ARTA nella Conferenza dei Servizi del 30 aprile 2013 per l'esame delle integrazioni al Progetto esecutivo, si prevede l'installazione di un sistema “Pump & Stock”.

La tecnica di Pump & Stock è un processo di bonifica in situ, che avviene secondo le seguenti fasi:

- prelievo dell'acqua contaminata dal piezometro di estrazione per mezzo di pompe;
- raccolta e stoccaggio dell'acqua in serbatoi in sito;
- smaltimento delle acque presso impianto autorizzato.

Nella fattispecie, il processo prevede la creazione di una barriera idraulica mediante il pompaggio di acqua dalla falda nel piezometro posto a valle idrogeologico del sito (S5).

4.3.1 CALCOLO DELLA PORTATA (Q) PER IMPIANTO DI “PUMP & STOCK”

A seguito delle predisposizione delle opere necessarie ad isolare il corpo di rifiuti dalle acque sotterranee, già illustrate nel paragrafo 4.2 del presente elaborato, richieste dagli enti preposti in sede di conferenza dei Servizi del 25 ottobre 2011, si ritiene che detto intervento di isolamento unitamente ai fenomeni di attenuazione naturale, ed in particolare all'insieme di tutti i processi fisici, chimici o biologici (*adsorbimento, dispersione e diluizione, biodegradazione, volatilizzazione*) che agiscono senza l'intervento antropico, possono ridurre nel tempo la concentrazione dei contaminanti nelle acque sotterranee.

L'efficacia di questa nuova soluzione progettuale, sarà verificata con un monitoraggio trimestrale delle acque sotterranee, a seguito della posa in opera degli interventi di capping e delle trincee drenanti, attraverso il campionamento e l'analisi delle acque del piezometro di monitoraggio posto a valle (S5) che riguarderà i contaminanti che hanno mostrato superamenti in fase di indagine (*Idrocarburi Totali, Fe e Mn*).

Tuttavia nel caso in cui, a seguito dei monitoraggi sopraesposti, detta soluzione progettuale non sia efficace, l'acqua contaminata all'interno del piezometro S5 sarà emunta, accumulata in un serbatoio di stoccaggio e smaltita a impianto autorizzato ed a tal fine nei paragrafi seguenti sono illustrati i metodi di calcolo per la caratterizzazione dei parametri idrogeologici e della portata per l'impianto di pompaggio.

4.3.2 PROVE DI RISALITA (SLUG TEST) E CALCOLO DELLA PORTATA

Per la determinazione della conducibilità idraulica (K) dell'acquifero nelle immediate vicinanze dei piezometri S3 ed S5, sono state eseguite in data 22/04/2011, due prove di pozzo in regime transitorio, ed in particolare sono state effettuate prove di risalita (*Slug Test*).

Le prove sono state realizzate, preliminarmente misurando il livello statico nei piezometri, poi producendo una brusca diminuzione di livello piezometrico per sottrazione immediata di acqua mediante ausilio di pompa sommersa ed infine monitorando la risalita che si crea per il flusso dall'acquifero verso il piezometro, fino al recupero del livello piezometrico originario dei piezometri stessi.

4.3.3 STIMA DEI VALORI DELLA CONDUCEBILITÀ IDRAULICA (K)

I dati relativi alle prove di risalita sono stati utilizzati per stimare i valori di conducibilità idraulica (K), nei due piezometri indagati S3 ed S5.

Per l'elaborazione dei dati derivati dalle prove, è stato utilizzato il modello matematico di Bouwer e Rice (1976), che considera piezometri installati in un acquifero non confinato.

Il modello matematico utilizzato poggia sulle seguenti assunzioni che trovano corrispondenza nell'acquifero del sito in studio:

- l'acquifero è omogeneo e isotropo;
- è valida la legge di Darcy;
- l'acquifero è illimitatamente esteso in tutte le direzioni;
- l'immagazzinamento della formazione acquifera è trascurabile;
- le perdite di carico per il flusso attraverso le finestrate sono trascurabili;
- la posizione della tavola d'acqua non cambia con il tempo;
- il flusso creato dalla variazione di carico idraulico è esclusivamente orizzontale.

L'analisi dei dati con il modello matematico di Bouwer e Rice, ha permesso la stima della conducibilità idraulica come di seguito riassunto:

- $K_{(S3)} = 4,0E-06$ m/s
- $K_{(S5)} = 2,6E-06$ m/s

L'elaborazione è illustrata nelle seguenti figure riepilogative.

WELL ID: S3

INPUT

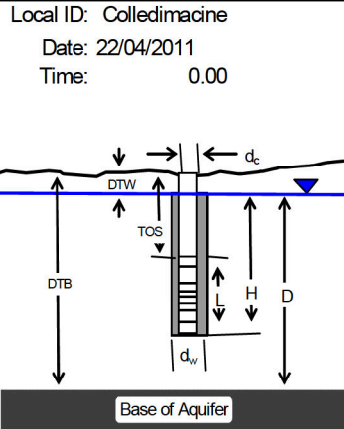
Construction:	
Casing dia. (d_c)	0,076 Meter
Annulus dia. (d_w)	0,152 Meter
Screen Length (L)	3 Meter
Depths to:	
water level (DTW)	2,1 Meter
top of screen (TOS)	2 Meter
Base of Aquifer (DTB)	10 Meter
Annular Fill:	
across screen – Gravel	
above screen – Bentonite	
Aquifer Material – Fine Sand	

COMPUTED

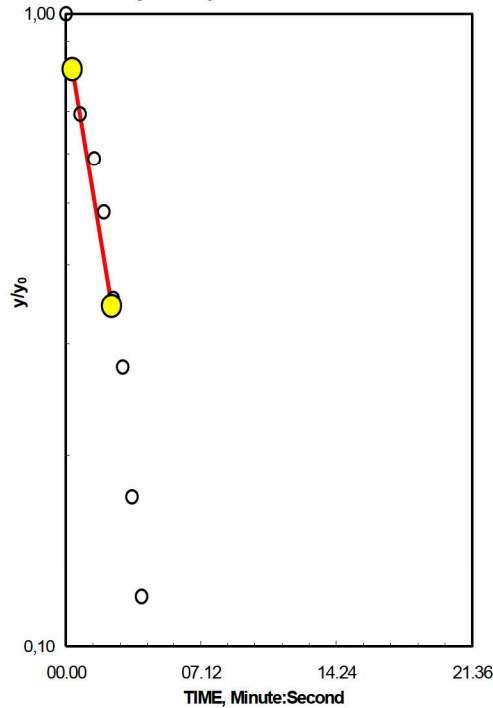
L_{wetted}	2,9 Meter
D =	7,9 Meter
H =	2,9 Meter
L/r_w	38,16
Y_0 -DISPLACEMENT =	1,92 Meter
Y_0 -SLUG =	1,77 Meter
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A =	2,786
B =	0,452
$\ln(Re/r_w)$	2,355
Re =	2,63 Meter
Slope =	0,002987 \log_{10}/sec
$t_{90\%}$ recovery =	335 sec

Input is consistent.

K = 4,00E-06 Meter/Second



Adjust slope of line to estimate K



Reduced Data

Entry	Time, Hr:Min:Sec	Water Level
1	0.00.00,0	4,69
2	0.00.45,0	4,10
3	0.01.30,0	3,90
4	0.02.00,0	3,70
5	0.02.30,0	3,45
6	0.03.00,0	3,30
7	0.03.30,0	3,10
8	0.04.00,0	3,00
9	0.05.00,0	2,70
10	0.06.00,0	2,50
11	0.07.00,0	2,40
12	0.08.00,0	2,25
13	0.10.00,0	2,15
14	0.12.00,0	2,12
15	0.15.00,0	2,11

K= 0,000004 is less than likely minimum of 0,0000106 for Fine Sand

Fig. 6: Conducibilità idraulica in S3

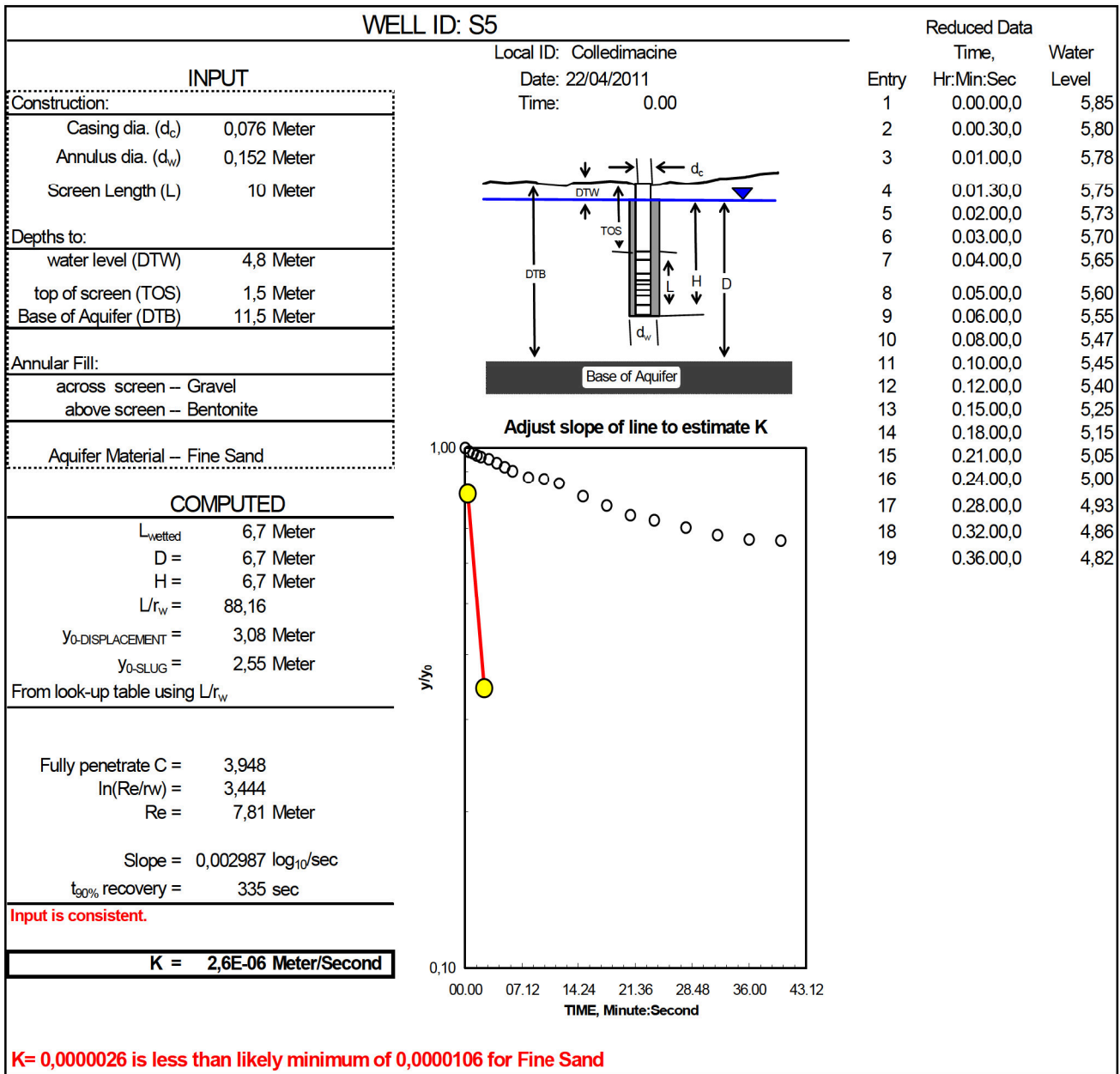


Fig. 7: Conducibilità idraulica in S5

4.3.4 CALCOLO DELLA PORTATA (Q) PER IMPIANTO DI “PUMP & STOCK”

Il valore di portata da utilizzare per l’impianto di “Pump & Stock” è stato definito tenendo in considerazione le diverse variabili che intervengono nel sistema acquifero-pozzo.

Nel particolare, nell’eventualità che si debba implementare la barriera idraulica delle trincee con il pompaggio di acqua dalla falda nel piezometro S5, nel calcolo della portata è

stata data particolare importanza alla variabile “raggio di influenza del pozzo” e cioè il limite oltre il quale gli effetti del pompaggio non si risentono più nell’intorno del piezometro stesso.

Sebbene in letteratura esistono diverse formule empiriche per il calcolo del raggio di influenza, la più comunemente utilizzata è la formula di Sichard in cui il raggio di influenza R , è calcolabile con l'equazione:

$$R = C \cdot \Delta h \cdot \sqrt{k}$$

dove:

Δh rappresenta l'abbassamento in metri registrato nel pozzo in seguito al pompaggio;

k è la conducibilità idraulica;

C una costante empirica che nel caso del pozzo singolo si assume uguale a 3000;

Utilizzando la sopraccitata formula, impostando un Δh pari a 3,5m, per evitare il depauperamento della risorsa idrica si ottiene che:

$$R = 3000 \cdot 3,5 \cdot 0,0016 = 16,90\text{m}$$

per cui, considerando il valore di permeabilità ricavato dalle prove e il Δh il raggio d’influenza R è di c.ca 17,0m.

Utilizzando il valore di raggio di influenza calcolato e stabilito che il moto avviene in condizioni freatiche e che è stato predisposto un piezometro a valle del sito, per consentire uno sviluppo più semplice dei calcoli si assumono valide le condizioni semplificative di Dupuit-Forchheimer e si può definire la portata con la seguente formula:

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot (H_0^2 - h_2^2)}{\ln\left(\frac{R}{r_w}\right)}$$

dove:

h_2 : carico idraulico nel pozzo freatico

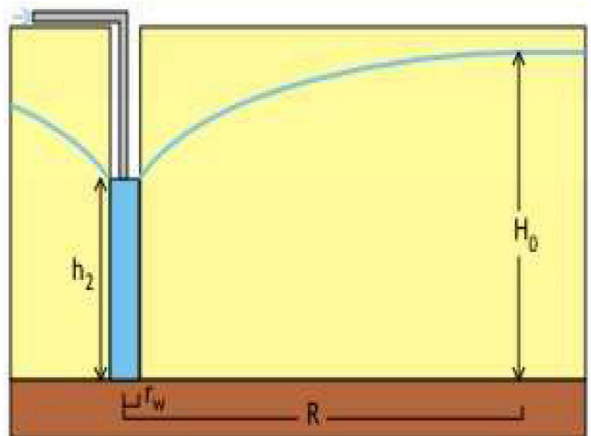
k : coefficiente di permeabilità dell'acquifero

H_0 : carico idraulico indisturbato

r_w : raggio del pozzo

R : raggio di influenza del pozzo

Q : portata



Nel caso specifico, impostando il valore raggio di influenza del pozzo (R) pari a 25,0m in modo da assicurare un’area di drenaggio che riesca a contenere le acque che filtrano al di sotto del corpo di discarica ed utilizzando i seguenti parametri:

h_2 : 3,20m

$K_{(s5)}$: 2,6E-06m/s

H_0 : 6,50m

r_w : 0,125m

R : 17,0m

Il minimo valore di portata Q è pari a $5,32E-5m^3/s$ pari a c.ca $0,19m^3/h$.

4.4 CONSIDERAZIONI SUL BIOGAS

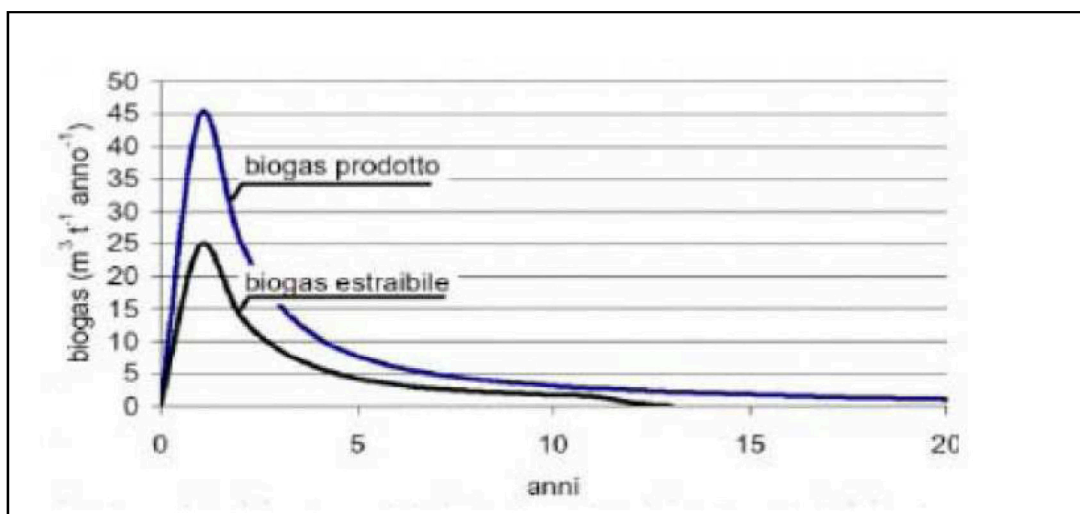
Il biogas rappresenta il prodotto fondamentale del processo degradativo che coinvolge la componente organica del rifiuto.

Il metano e l'anidride carbonica sono i costituenti principali del "biogas" e sono prodotti durante la decomposizione anaerobica della sostanza organica e delle proteine, presenti nei rifiuti smaltiti in discarica, che vengono inizialmente trasformati in zuccheri, successivamente in acido acetico ed, infine, in CH_4 e CO_2 .

Oltre a queste sostanze nel biogas sono presenti numerosi altri composti organici e non, tra cui H_2 , O_2 , N_2 , CO , NH_3 , H_2S , vapore acqueo e altri composti in tracce.

La decomposizione della componente organica è un processo complesso nel quale giocano un ruolo fondamentale sia condizioni ambientali che non ambientali.

Dall'esame della bibliografia relativa alla produzione di Biogas di discarica, si rileva che la massima produzione di biogas si ha dopo circa 1 anno dalla chiusura e tende a ridursi drasticamente dopo circa 8 anni, quando la componente organica a rapida biodegradazione tende ad esaurirsi come evidenziato nel grafico sottostante.



Considerando il caso in studio, tralasciando i fattori strettamente ambientali (come composizione merceologica e la pezzatura dei rifiuti, pH e temperatura all'interno del corpo di rifiuti, presenza e distribuzione dei microrganismi, contenuto d'acqua del rifiuto etc.) di cui non si hanno indicazioni certe, possiamo fare delle considerazioni sui fattori non ambientali (volumetria della discarica, tipologia di coltivazione e sistema di chiusura) come di seguito elencato:

- l'altezza massima del corpo di rifiuti in alcuni punti, è stimata in circa 3,60m, con una volumetria limitata di c.ca 5000m³;
- l'abbanco degli strati di rifiuti è avvenuto senza un successivo ricoprimento. Tale modalità porta a ritenere che vi è la mancanza di strati di chiusura intermedi e/o incapsulamento;
- il sistema di chiusura finale e/o tombamento previsto nel presente progetto consiste nella copertura con terreno vegetale.

Tuttavia è stato comunque predisposto un rilievo mediante campionario passivo (*Radiello*) che è stato ubicato al centro del corpo di rifiuti, per verificare direttamente sul campo l'eventuale presenza e l'entità di emissioni gassose che esalano dalla copertura della discarica verso l'atmosfera.



Fig.8. Documentazione fotografica del radiello posizionato al centro della ex-discarica.

Sebbene con i campionatori passivi non si riesce a rilevare i principali componenti del Biogas come Metano (CH_4) ed Anidride carbonica (CO_2), il rilievo ha fornito informazioni utili per quanto riguarda i componenti in tracce come Acido solfidrico (H_2S) e Ammoniaca (NH_3).

Tali risultati mostrano chiaramente che per tutti i parametri analizzati, ed in particolare per i componenti in tracce del Biogas, le concentrazioni sono al di sotto del limite di rilevabilità strumentale.

Rif	Denominaz. campione	N. Camp.	Data prelievo	Parametro	Conc.	Udm
R2	Centro della discarica	31045 / 11	06/12/11	Acido solfidrico (H_2S)	< 0,05	mg/m ³
	Centro della discarica	31045 / 11	06/12/11	Ammoniaca (NH_3)	< 0,010	mg/m ³
	Centro della discarica	31045 / 11	06/12/11	Benzene (C_6H_6)	< 0,00020	mg/m ³
	Centro della discarica	31045 / 11	06/12/11	Etilbenzene $C_6H_5CH_2CH_3$	< 0,00020	mg/m ³
	Centro della discarica	31045 / 11	06/12/11	Toluene (C_7H_8)	< 0,00020	mg/m ³
	Centro della discarica	31045 / 11	06/12/11	Xileni (o+p+m)	< 0,00040	mg/m ³
	Centro della discarica	31045 / 11	06/12/11	Composti organici volatili non metanici (COVNM)	< 0,050	mg/m ³

Tabella 1: Risultati delle emissioni rilevate dall'installazione del radiello.

Considerato quanto sopra esposto, ed in particolare, il ruolo dei fattori non ambientali che influiscono sulla produzione di biogas, valutato che la ex-discarica è stata utilizzata per un periodo di circa 10 anni (*tra il 1981 e il 1991*), esaminati i risultati del rilievo con i campionatori passivi, si ritiene che l'eventuale biogas prodotto dalla ex-discarica è già stato diffuso in atmosfera.

In conclusione, il sottoscritto non ha ritenuto necessario predisporre una rete di aspirazione e trattamento del biogas, a causa del fatto che, dopo 21 anni dalla chiusura della discarica la diffusione di biogas sia nulla o trascurabile.

Tuttavia l'ARTA, nel parere alla Conferenza dei Servizi del 30 aprile 2013, ha ritenuto necessario il monitoraggio in contraddittorio delle emissioni di Biogas, da effettuarsi nell'anno successivo alla realizzazione del capping finale, che pertanto sarà effettuato come richiesto con la seguente cadenza e tipologia:

- una volta sul corpo di discarica, al fine di verificare che le emissioni di metano dalla copertura siano inferiori a 0,001 mg/m²/s;
- trimestralmente nei piezometri esterni alla discarica per la ricerca di CH_4 , CO_2 e O_2 .

5. PLANIMETRIE QUOTATE CON RELATIVE SEZIONE, IN STATO PRE-INTERVENTO E POST-INTERVENTO

Nelle Tavole 4, 5, 6, 8, 9 e 10 allegate si riportano le planimetrie quotate e le relative sezioni allo stato attuale e allo stato di progetto.

6. VERIFICHE DI STABILITÀ

Nella Conferenza dei Servizi del 25 ottobre 2011 sono state richieste delle verifiche di stabilità del sistema ammasso rifiuti – capping. Inoltre l’Autorità dei Bacini di rilievo regionale dell’Abruzzo e del Bacino interregionale del Fiume Sangro con comunicazione Prot. RA/37564 del 07.02.2014 suggerisce al Servizio regionale Gestione Rifiuti della Regione Abruzzo che siano state accertate le condizioni di stabilità del pendio nello stato ante e post – operam.

6.1 ANALISI DI STABILITÀ DEL SISTEMA CAPPING - RIFIUTI

Sono state eseguite due analisi di stabilità sulle sezioni ritenute più significative, una A – A’ allungata in direzione monte-valle, l’altra C – C’ trasversalmente a quest’ultima.

I fattori di sicurezza sono stati calcolati al contatto tra il sistema ammasso rifiuti-capping e il p.c. originario così come richiesto in sede di Conferenze di servizi.

Le calcolazioni sono state effettuate in condizioni sismiche e nelle condizioni di progetto, è stato previsto l’abbattimento della falda a monte di 3m dal p.c. e il sovraccarico dovuto al capping di copertura. I risultati ottenuti per le superfici ricercate, dati i gradienti clivometrici del versante in esame, sono da ritenersi più che soddisfacenti.

Nelle Tavole 11 e 12 sono riportate le sezioni di calcolo mentre in Allegato 2 le relative relazioni di calcolo.

6.2 ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE IN CONDIZIONI ANTE E POST-OPERAM

Sono state eseguite due analisi di stabilità sulla sezione X – X’ disposta in direzione monte – valle lungo la linea di massima pendenza e intersecante la ex-discarda in studio, tale sezione ritenuta la più significativa rispetto ai fenomeni franosi individuati dal P.A.I (*Tav. 13*).

Le analisi di stabilità riguardano: una la situazione attuale quindi le condizioni ante-operam; l’altra considera le condizioni post-operam e nel particolare prevede il sovraccarico indotto dalla copertura superficiale proposta e l’abbassamento della falda a -3,0m rispetto all’attuale p.c. provocato dalla messa in opera delle trincee drenanti.

I fattori di sicurezza sono stati calcolati lungo superfici circolari e in condizioni sismiche. I risultati ottenuti per le superfici ricercate, dati i gradienti clivometrici del versante in esame, sono da ritenersi più che soddisfacenti, addirittura gli interventi in progetto risultano migliorativi rispetto alle attuali condizioni (*Tav. 13, 14 e 15 e Allegato 2*).

7. ESPROPRI E OCCUPAZIONE DEL SUOLO

In questa fase non è possibile determinare l'esatta perimetrazione dell'area d'occupazione della sistemazione di copertura superficiale permanente o "capping", tuttavia è ipotizzabile l'occupazione, anche parziale, delle particelle limitrofe a quelle attualmente occupate dalla ex-discarica comunale. In via preliminare le particelle potenzialmente interessate sono: n. 62, 63, 65, 66 e 67 del Foglio di Mappa n. 14 e n. 702, 715 e 716 del Foglio di Mappa n. 11 (Tav. 7).

8. QUADRO ECONOMICO

Per gli interventi di Capping sulla superficie interessata dall'abbanco dei rifiuti, di isolamento delle acque sotterranee dal corpo di rifiuti mediante trincea drenante e di "Pump and Stock", è previsto il seguente quadro economico.

MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA	
QUADRO ECONOMICO	
1) Lavori a base d'asta	€ 226.121,10
2) Oneri per la Sicurezza non compresi nei prezzi di stima e non soggetti a ribasso	€ 10.230,00
3) TOTALE LAVORI	€ 236.351,10
Somme a disposizione dell'Amministrazione	
4) Spese tecniche	€ 19.950,00
5) Spese accessorie (Relazioni specialistiche)	€ 10.000,00
6) Sicurezza (CSP e CSE)	€ 6.000,00
7) Rilievo topografico	€ 6.000,00
8) Campionamenti	€ 4.000,00
9) Accertamenti di laboratorio	€ 10.000,00
10) Collaudi	€ 2.000,00
11) Espropri	€ 6.000,00
13) Cassa su 4) 5) 7) 8) 10)	€ 839,00
14) Cassa su 6)	€ 240,00
15) Art. 92 co. 5 lett.d Dlgs 163/06 (2%) su 3)	€ 4.727,02
16) IVA (10%) su 3)	€ 23.635,11
17) IVA (22%) su 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10) 13) 14)	€ 12.986,38
19) Imprevisti e lavori in economia	€ 15.831,39
20) Totale somme a disposizione dell'Amministrazione	€ 122.208,90
TOTALE GENERALE	€ 358.560,00



9. INDICAZIONI PRELIMINARI SULLA SICUREZZA

Vista la tipologia di lavorazioni da effettuare, ai sensi del D.Lgs. 81/2008, si ipotizza sul cantiere la presenza di più imprese, pertanto risulterebbe necessario un Piano di Sicurezza e Coordinamento che verrà redatto da tecnico incaricato nella fase esecutiva.

Ottobre 2014

il professionista incaricato
dott. geol. Pietro DI GIUSEPPE

PROGETTO:

MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA (rimodulazione)

FASE PROGETTUALE:

Progetto Definitivo (rimodulazione)

UBICAZIONE INTERVENTO:

Ex-discarica comunale sita in località Fonticelle nel Comune di Colledimacine (CH)

COMMITTENTE:

Comune di COLLEDIMACINE (CH)

ELABORATO:

Relazione Tecnica

SCALA:

--

TAVOLA: 1

ALLEGATO: Inquadramento geografico

FONTE: ---

PERIODO DI EMISSIONE: Ottobre 2014

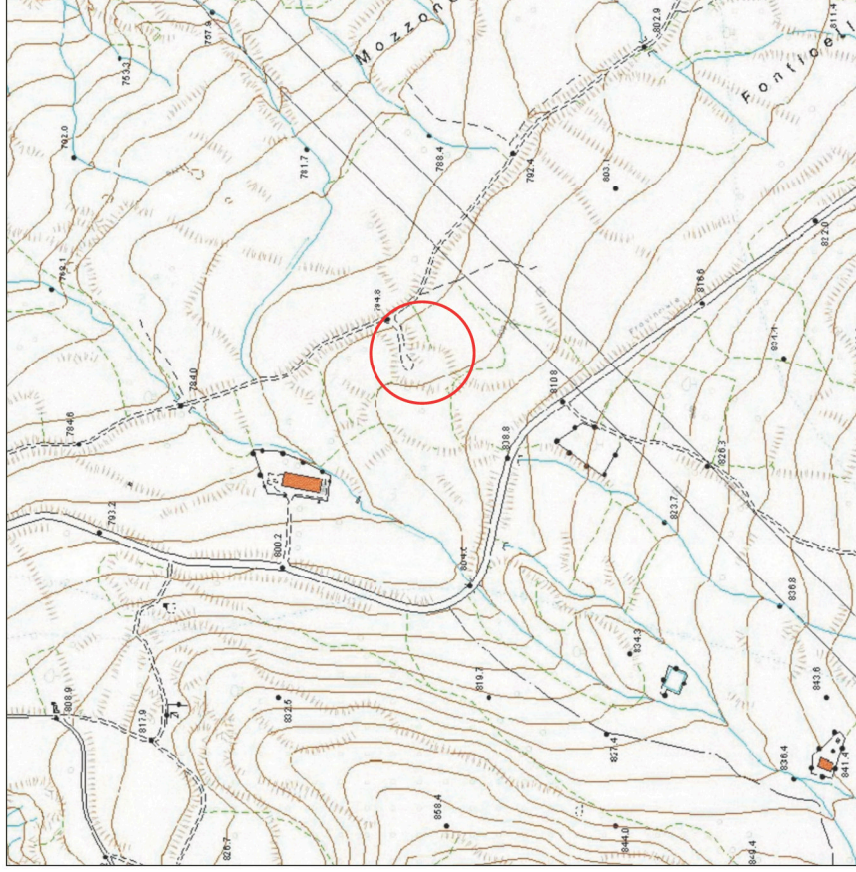
RIFERIMENTI INTERNI: 11.6 109-10-11

AUTORE: Geol. Pietro DI GIUSEPPE



fonte: Fogli n. 147 - II e III e 153 - I e IV della Carta Topografica d'Italia

SCALA 1: 25.000
 0m 250m 500m 1km

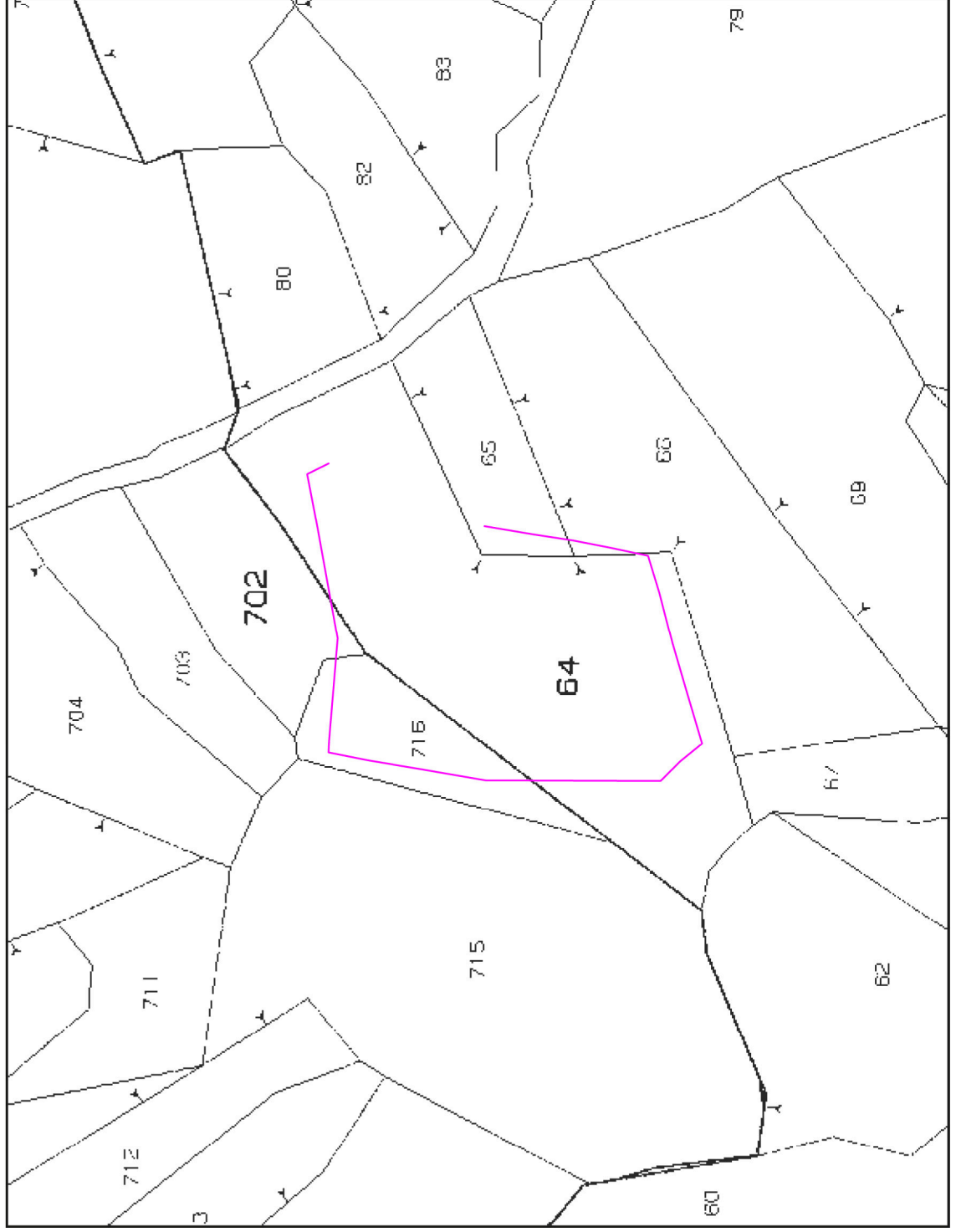


fonte: Elemento n. 379034 della Carta Tecnica regionale

SCALA 1: 5.000
 0m 125m 250m

 Ubicazione ex-discarica comunale

PROGETTO: MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA		FASE PROGETTUALE: Progetto Definitivo (rimodulazione)	
UBICAZIONE INTERVENTO: Ex-discardica comunale sita in località Fonticelle nel Comune di Colledimacine (CH)		ELABORATO: Relazione Tecnica	SCALA: 1: 1.000
TAVOLA: 2	ALLEGATO: Stralcio Catastale	COMMITTENTE: Comune di COLLEDIMACINE (CH)	PERIODO DI EMISSIONE: 11.6. 109-10-11
FONTE: Estratto di mappa catastale Fogli n. 11 e 14		RIFERIMENTI INTERNI: 11.6. 109-10-11	
AUTORE: Geol. Pietro DI GIUSEPPE			



LEGENDA


 Recinzione esistente



PROGETTO: MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA (rimodulazione)		FASE PROGETTUALE: Progetto Definitivo (rimodulazione)	
UBICAZIONE INTERVENTO: Ex-discardica comunale sita in località Fonticelle nel Comune di Colledimacine (CH)		ELABORATO: Relazione Tecnica	TAVOLA: 3
SCALA: 1: 1.000		COMMITTENTE: Comune di COLLEDIMACINE (CH)	PERIODO DI EMISSIONE: 11.6. 109-10-11
ALLEGATO: Ortofoto		FONTE: http://www.regione.abruzzo.it/xcartografia/	AUTORE: Geol. Pietro DI GIUSEPPE



LEGENDA



Recinzione esistente



PROGETTO:

MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA (Progetto Definitivo (rimodulazione))

UBICAZIONE INTERVENTO:

Ex-discarica comunale sita in località Fonticelle nel Comune di Colledara (CH)

COMMITTENTE:

Comune di COLLEDARA (CH)

ELABORATO:

Relazione Tecnica

FASE PROGETTUALE:

Progetto Definitivo (rimodulazione)

TAVOLA: 4

Planimetria Stato di Fatto

FONTE:

Rilievo topografico

PERIODO DI EMISSIONE:

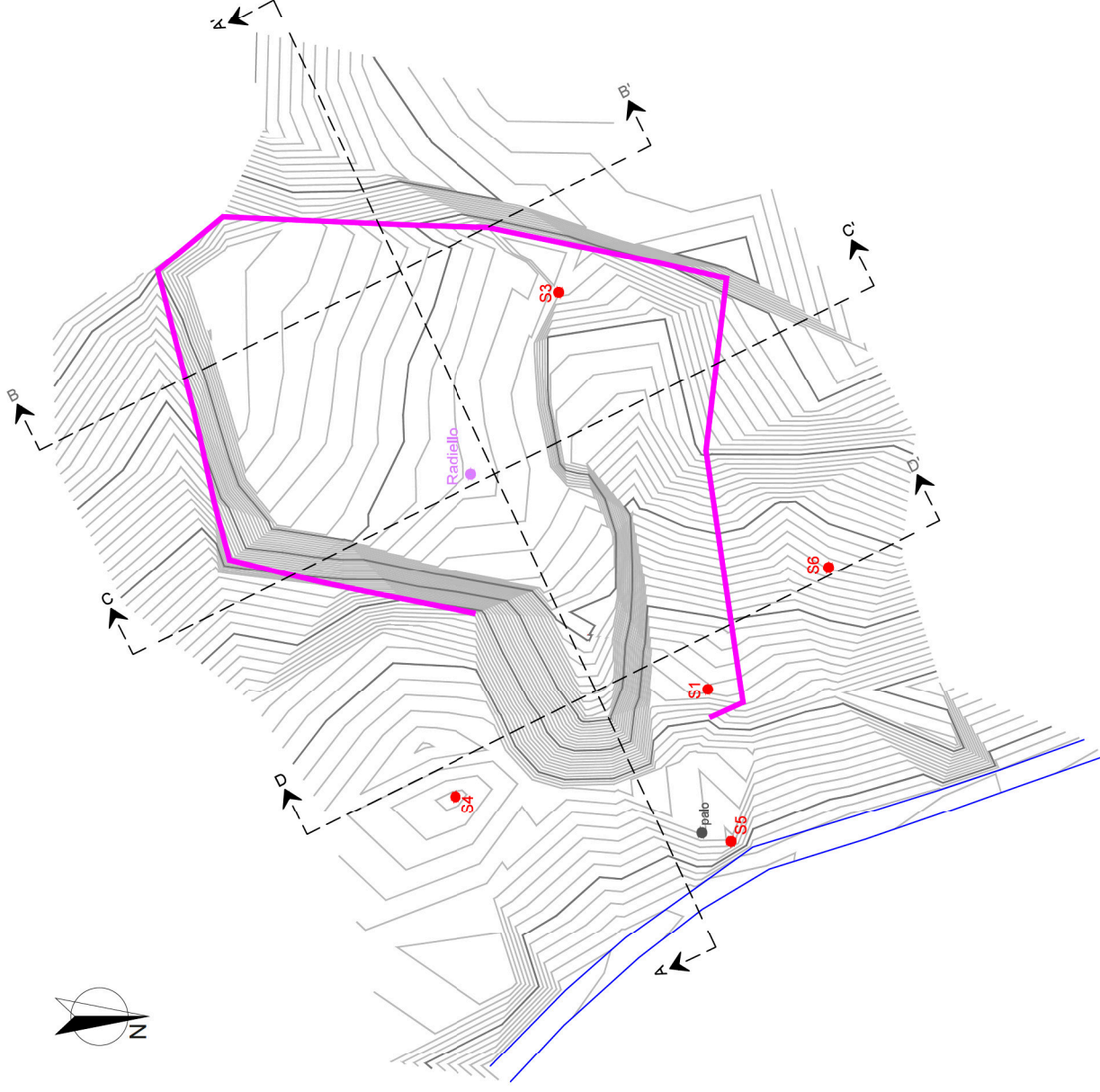
Ottobre 2014

RIFERIMENTI INTERNI:





11.6. 109-10-11

AUTORE:

Geol. Pietro DI GIUSEPPE

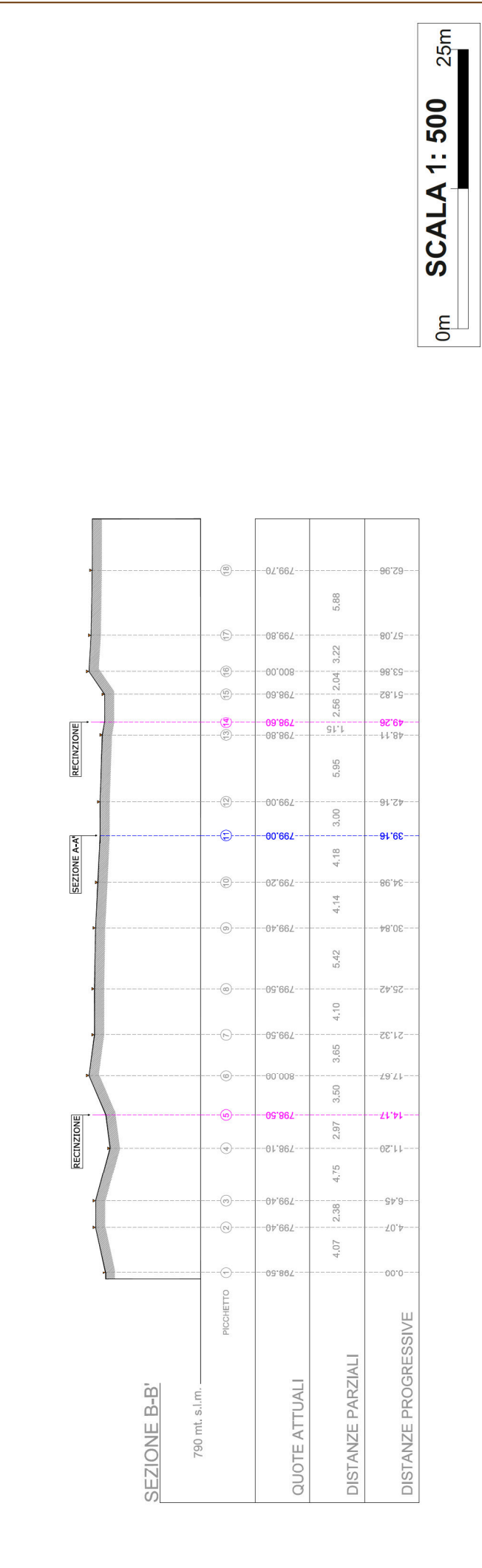
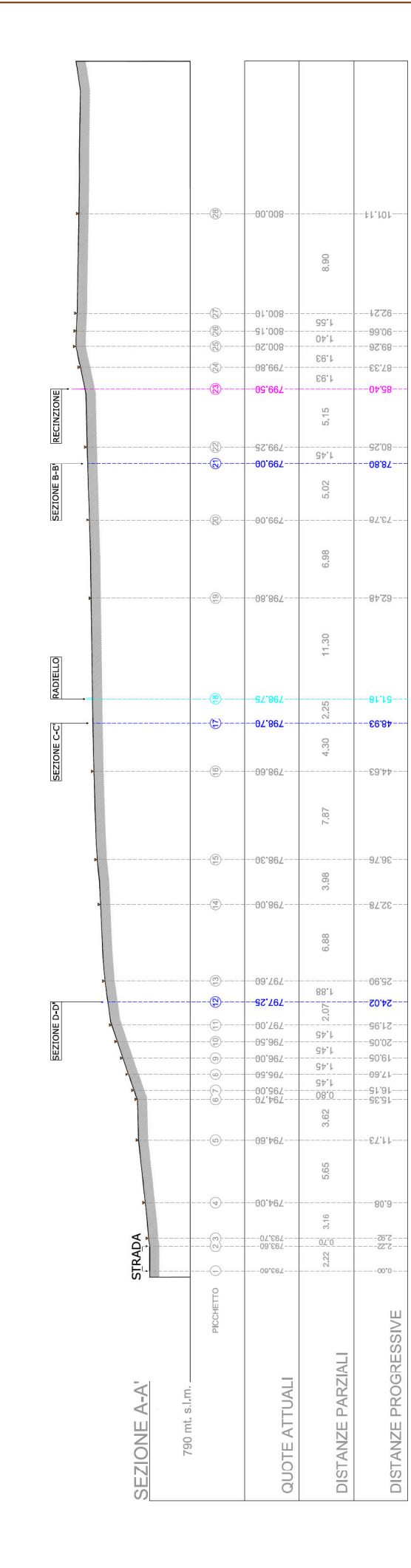


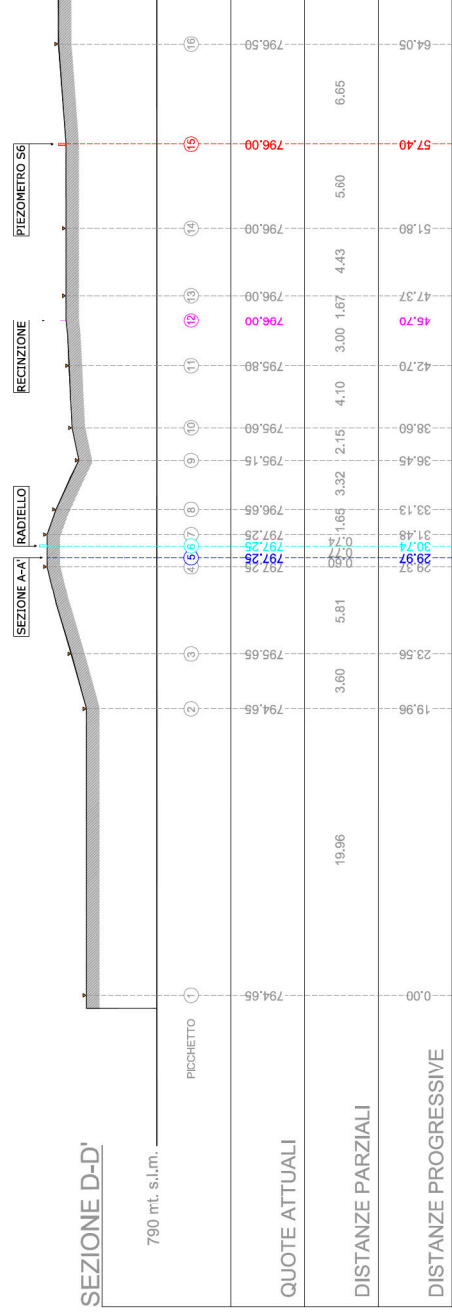
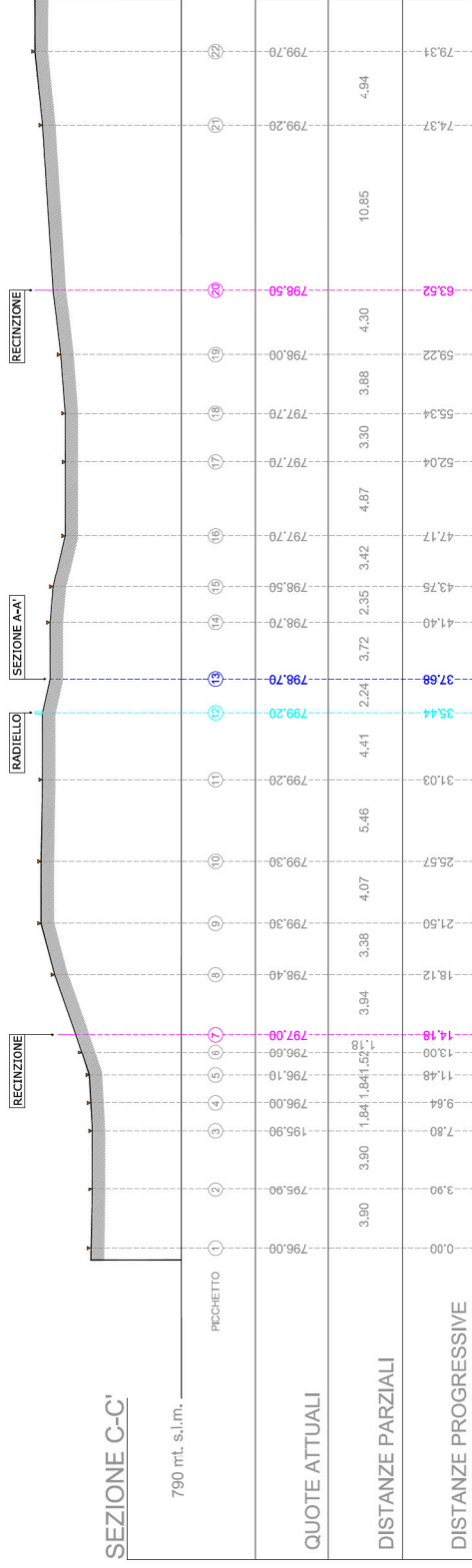
LEGENDA

	Recinzione esistente
	Sondaggi attrezzati a piezometro
	Radiello
	Tracce di sezione

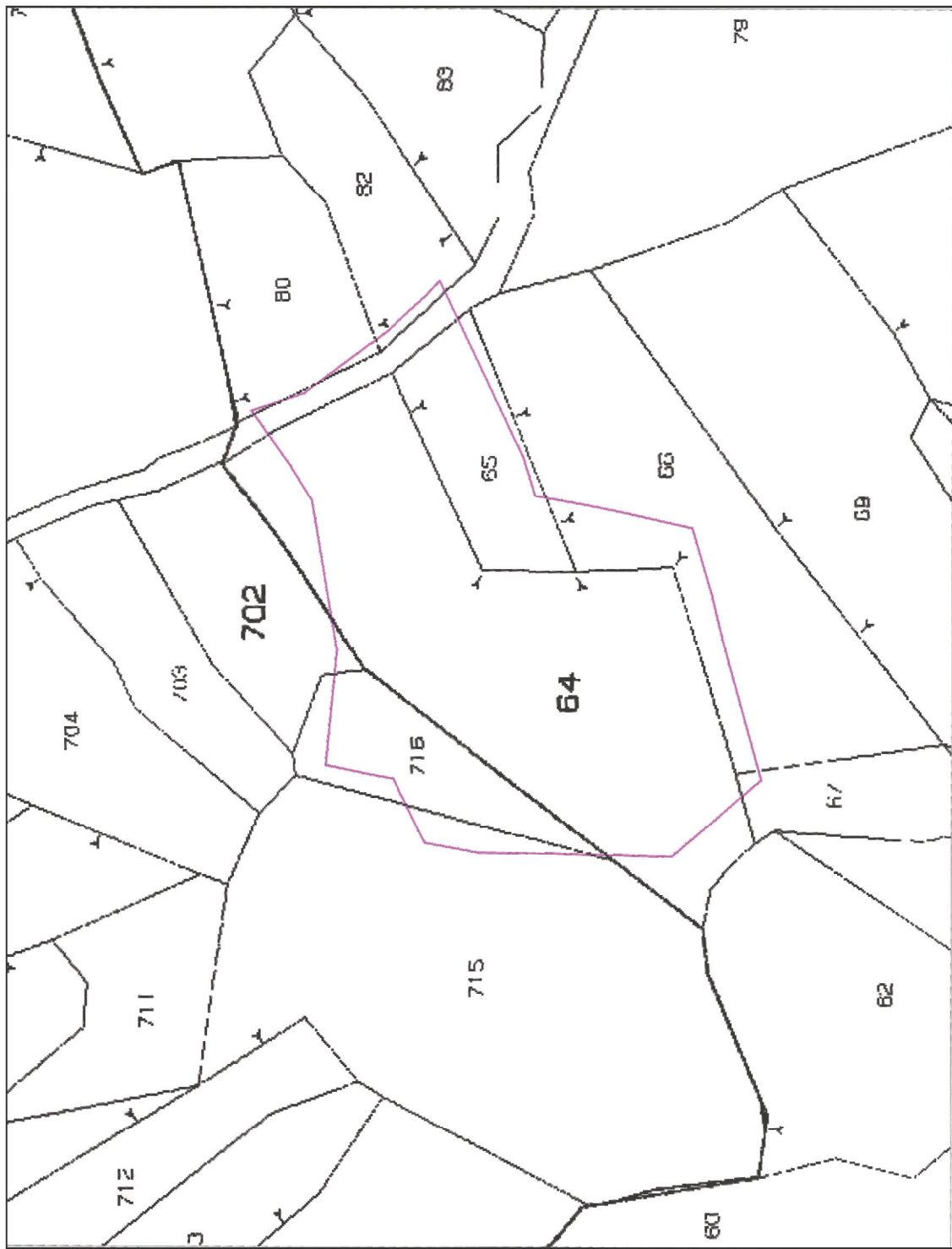
SCALA 1: 500







PROGETTO: MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA		FASE PROGETTUALE: Progetto Definitivo (rimodulazione)	
UBICAZIONE INTERVENTO: Ex-discardica comunale sita in località Fonticelle nel Comune di Colledimacine (CH)		ELABORATO: Relazione Tecnica	SCALA: 1 : 1.000
TAVOLA: 7	ALLEGATO: Stralcio Catastale	COMMITTENTE: Comune di COLLEDIMACINE (CH)	PERIODO DI EMISSIONE: 11.6. 109-10-11
FONTE: Estratto di mappa catastale Fogli n. 11 e 14		RIFERIMENTI INTERNI: 11.6. 109-10-11	
AUTORE: Geol. Pietro DI GIUSEPPE			



LEGENDA


 Recinzione di progetto



PROGETTO:

MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA (rimodulazione)

UBICAZIONE INTERVENTO:

Ex-discardia comunale sita in località Fonticelle nel Comune di Colledimacine (CH)

COMMITTENTE:

Comune di COLLEDIMACINE (CH)

ELABORATO:

Relazione Tecnica

FASE PROGETTUALE:

Progetto Definitivo (rimodulazione)

TAVOLA:

8

ALLEGATO:

Planimetria Stato di Progetto

FONTE:

Rilievo topografico

PERIODO DI EMISSIONE:

Ottobre 2014

RIFERIMENTI INTERNI:












11.6. 109-10-11

AUTORE:

Geol. Pietro DI GIUSEPPE



LEGENDA

-  Recinzione di progetto
-  Sondaggi attrezzati a piezometro
-  Radiello
-  Tracce di sezione
-  Piezometro di monitoraggio e controllo
-  Perimetro capping
-  Canaletta superficiale
-  Trincea drenante
-  Pozzetti di raccordo
-  Pozzo di controllo delle acque regimentate
-  Tubazione di allontanamento (al primo fosso esistente) della acque regimentate

SCALA 1: 500





3piu1studio

simergy project

ARCHITETTURA-GEOLOGIA-INGEGNERIA

Via Nazionale, 440 Salva di Allino - 66040 Allino (CH)

Tel/fax +39 0872 98 51 41 - 3piu1studio.it

Mob. +393332556330 - mail digiulietto@gmail.com

PROGETTO:

MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA (rimodulazione)

FASE PROGETTUALE:

Progetto Definitivo (rimodulazione)

UBICAZIONE INTERVENTO:

Ex-discarica comunale sita in località Fonticelle nel Comune di Colledimacine (CH)

COMMITTENTE:

Comune di COLLEDIMACINE (CH)

ELABORATO:

Relazione Tecnica

SCALA:

1: 500

TAVOLA:

Sezioni A-A' e B-B' Stato di Progetto

FONTE:

Rilievo topografico

PERIODO DI EMISSIONE:

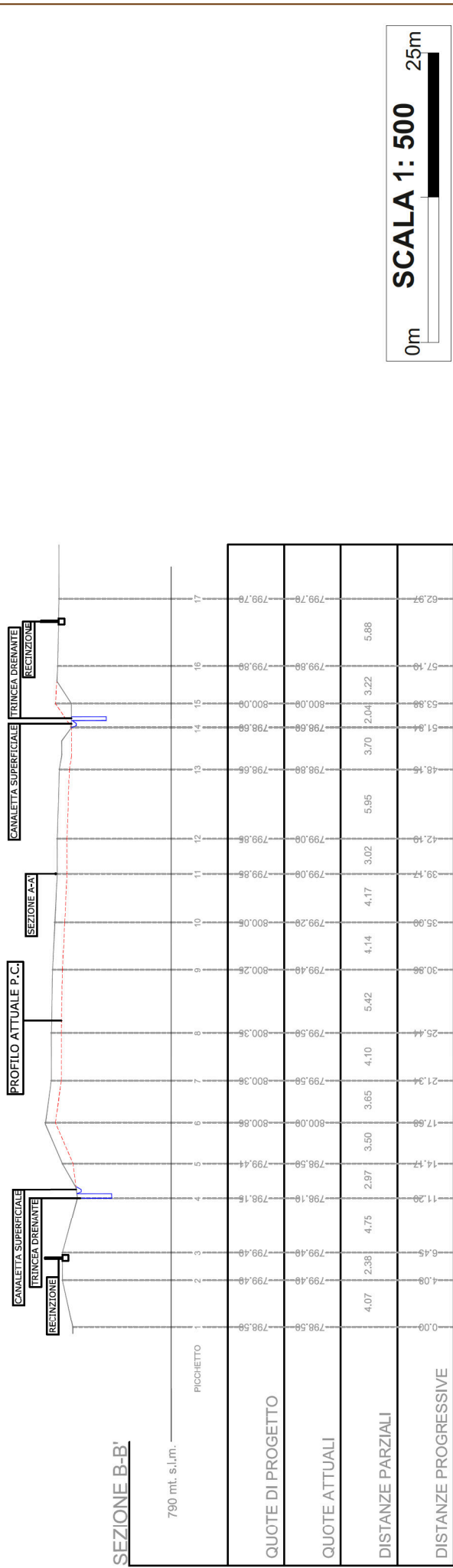
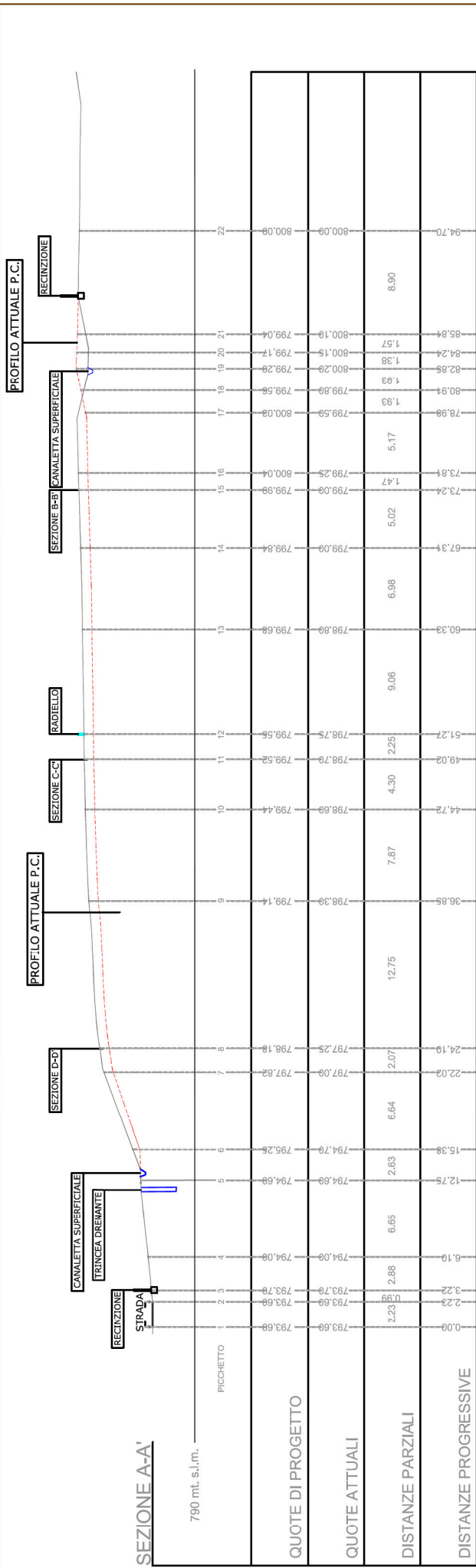
Ottobre 2013

RIFERIMENTI INTERNI:

11.6 109-10-11

AUTORE:

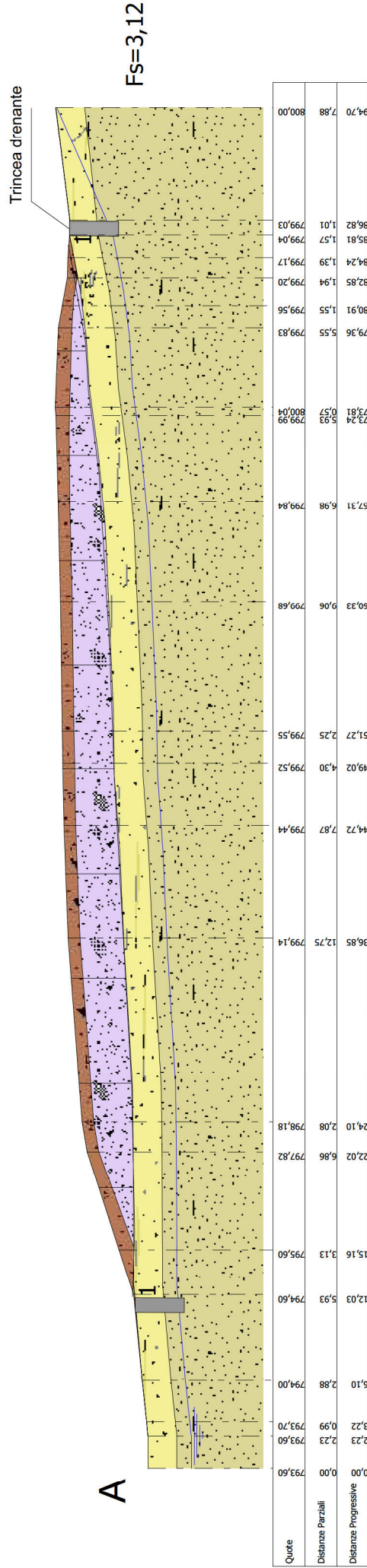
Geol. Pietro DI GIUSEPPE



ANALISI DI STABILITÀ DEL SISTEMA AMMASSO RIFIUTI E CAPPING SEZ. A - A' IN CONDIZIONI DI PROGETTO

- Capping
 $g=1850 \text{ Kg/m}^3$
 $gs=1900 \text{ Kg/m}^3$
 $Fi=30^\circ$
- Rifiuti
 $g=600 \text{ Kg/m}^3$
 $gs=600 \text{ Kg/m}^3$
 $Fi=18^\circ$
- Coltre limo argillosa
 $g=1900 \text{ Kg/m}^3$
 $gs=2000 \text{ Kg/m}^3$
 $Fi=23^\circ$
 $c=0.02 \text{ kg/cm}^2$
- Detriti di versante
 $g=2000 \text{ Kg/m}^3$
 $gs=2100 \text{ Kg/m}^3$
 $Fi=26^\circ$
 $c=0.05 \text{ kg/cm}^2$

A'

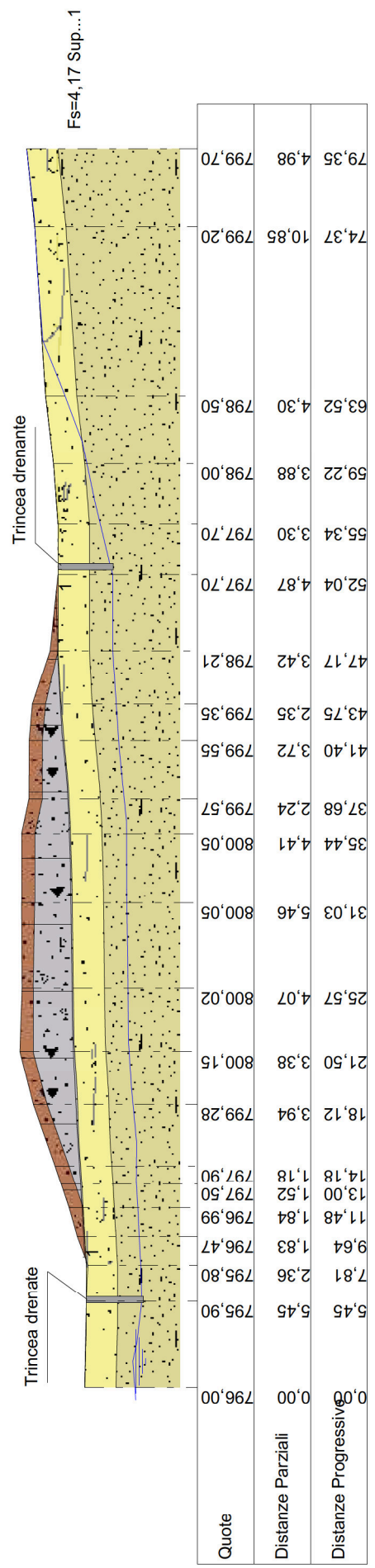


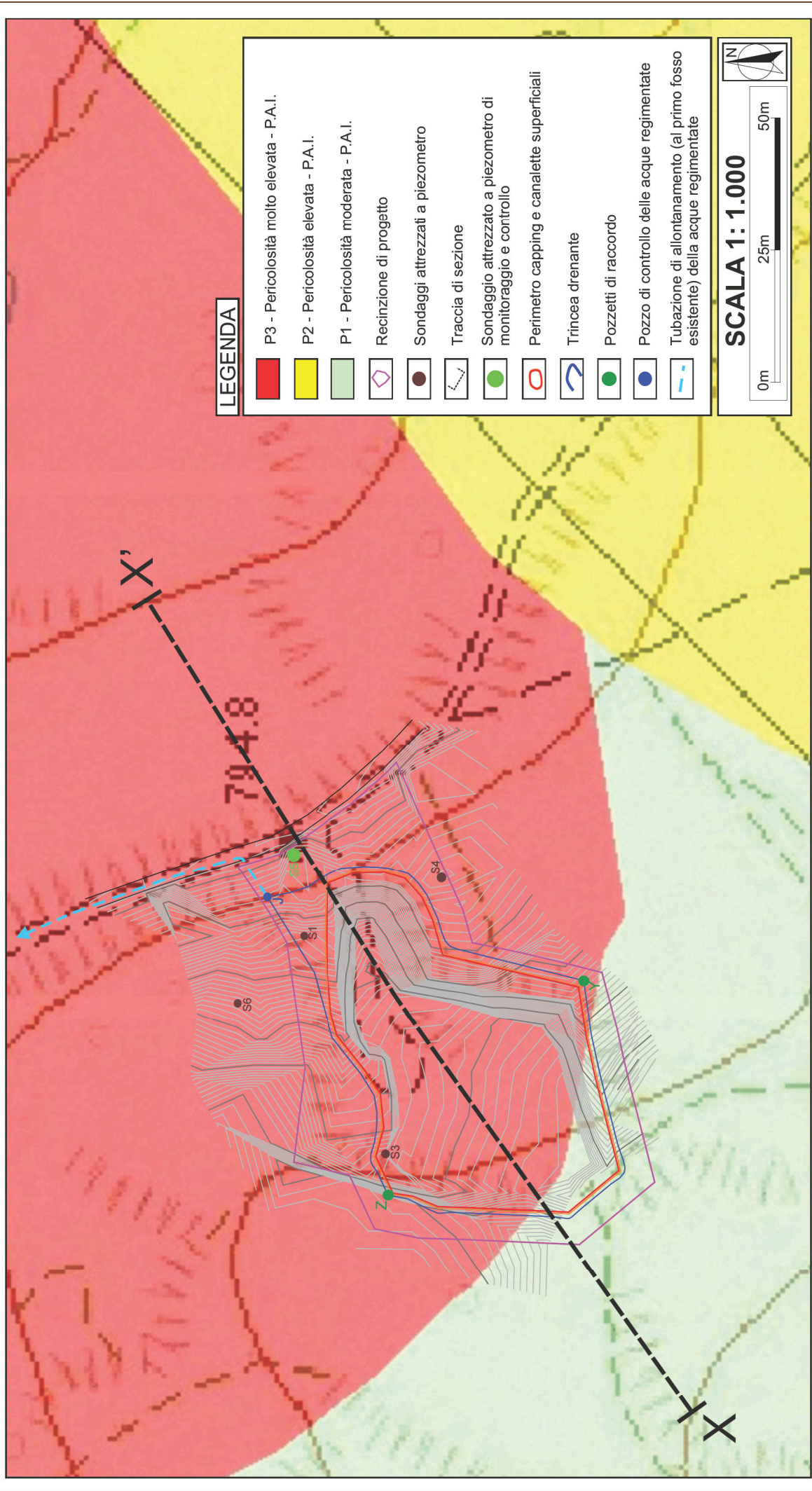
ANALISI DI STABILITÀ DEL SISTEMA AMMASSO RIFIUTI E CAPPING SEZ. C - C' IN CONDIZIONI DI PROGETTO

- Capping
 $g=1850 \text{ Kg/m}^3$
 $gs=1900 \text{ Kg/m}^3$
 $Fi=30^\circ$
- Rifiuti
 $g=600 \text{ Kg/m}^3$
 $gs=600 \text{ Kg/m}^3$
 $Fi=18^\circ$
- Coltre limo argillosa
 $g=1900 \text{ Kg/m}^3$
 $gs=2000 \text{ Kg/m}^3$
 $Fi=23^\circ$
 $c=0.02 \text{ kg/cm}^2$
- Detriti di versante
 $g=2000 \text{ Kg/m}^3$
 $gs=2100 \text{ Kg/m}^3$
 $Fi=26^\circ$
 $c=0.05 \text{ kg/cm}^2$

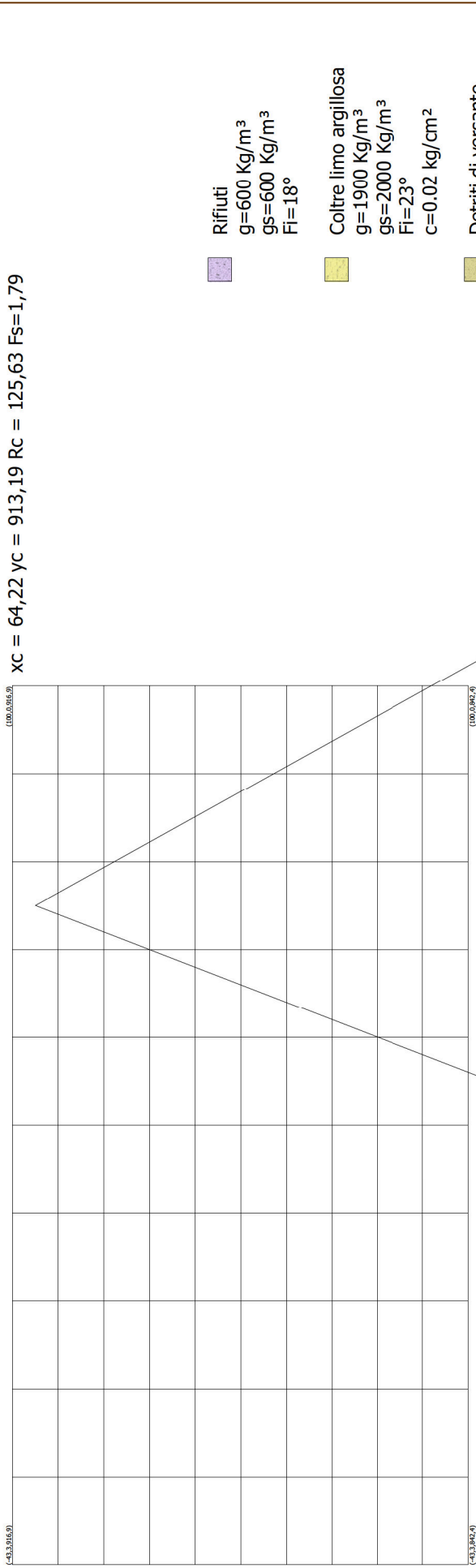
C

C'

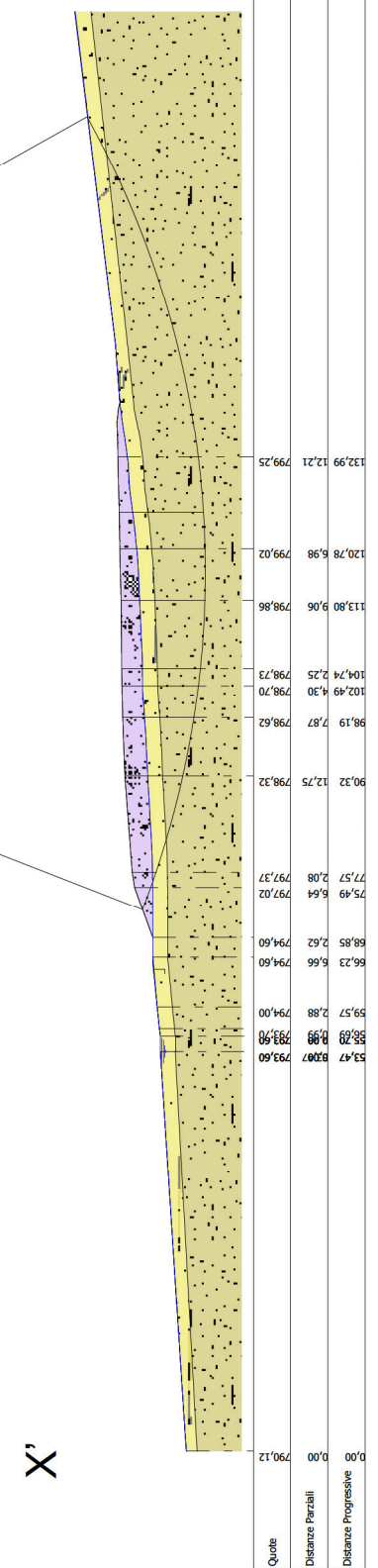




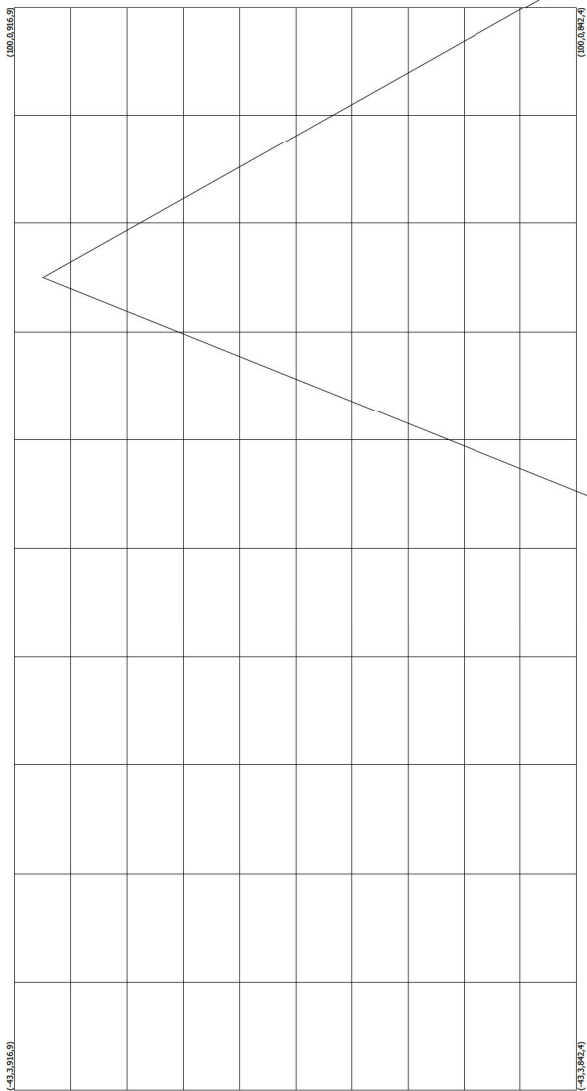
XC = 64,22 yc = 913,19 Rc = 125,63 Fs=1,79



- Rifiuti
 g=600 Kg/m³
 gs=600 Kg/m³
 Fi=18°
- Coltre limo argillosa
 g=1900 Kg/m³
 gs=2000 Kg/m³
 Fi=23°
 c=0.02 kg/cm²
- Detriti di versante
 g=2000 Kg/m³
 gs=2100 Kg/m³
 Fi=26°
 c=0.05 kg/cm²



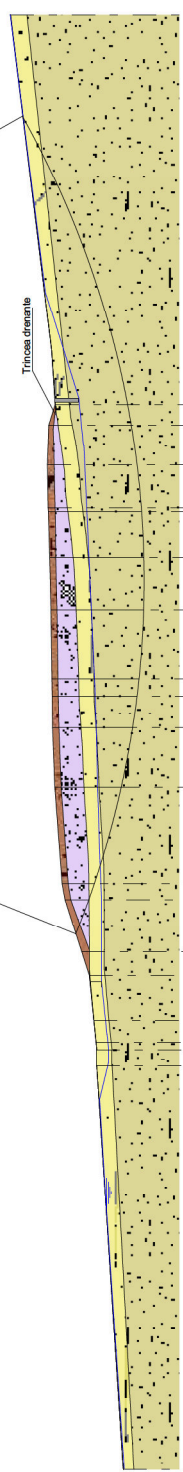
XC = 64,22 YC = 913,19 RC = 125,84 Fs=1,99



- Capping
 g=1850 Kg/m³
 gs=1900 Kg/m³
 Fi=30°
- Rifiuti
 g=600 Kg/m³
 gs=600 Kg/m³
 Fi=18°
- Coltre limo argillosa
 g=1900 Kg/m³
 gs=2000 Kg/m³
 Fi=23°
 c=0.02 kg/cm²
- Detriti di versante
 g=2000 Kg/m³
 gs=2100 Kg/m³
 Fi=26°
 c=0.05 kg/cm²

X

X'



Quote	0,00	9,00	18,00	27,00	36,00	45,00	54,00	63,00	72,00	81,00	90,00	99,00	108,00	117,00	126,00	135,00	144,00	153,00	162,00	171,00	180,00	189,00	198,00	207,00
Distanze Parziali	0,00	9,00	18,00	27,00	36,00	45,00	54,00	63,00	72,00	81,00	90,00	99,00	108,00	117,00	126,00	135,00	144,00	153,00	162,00	171,00	180,00	189,00	198,00	207,00
Distanze Progressive	0,00	9,00	18,00	27,00	36,00	45,00	54,00	63,00	72,00	81,00	90,00	99,00	108,00	117,00	126,00	135,00	144,00	153,00	162,00	171,00	180,00	189,00	198,00	207,00

PROGETTO:

MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX-DISCARICA E PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA (Progetto Definitivo (rimodulazione))

UBICAZIONE INTERVENTO:

Ex-discarica comunale sita in località Fonticelle nel Comune di Colledimacine (CH)

COMMITTENTE:

Comune di COLLEDIMACINE (CH)

ELABORATO:

Relazione Tecnica

FASE PROGETTUALE:

Progetto Definitivo (rimodulazione)

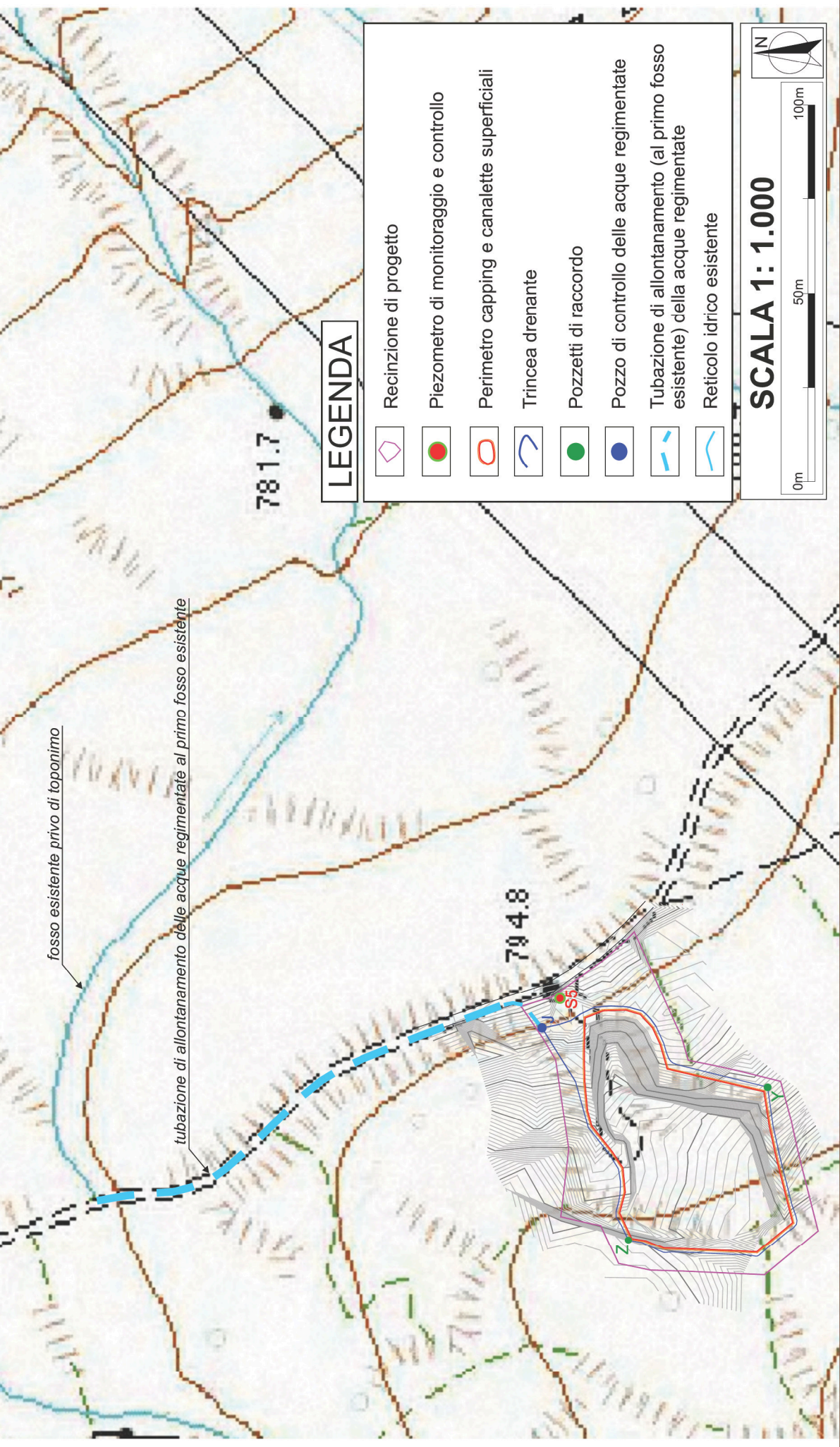
PERIODO DI EMISSIONE:
Ottobre 2014

ALLEGATO:
Planimetria Stato di Progetto su CTR









RIFERIMENTI INTERNI:
11.6 109-10-11

AUTORE:
Geol. Pietro DI GIUSEPPE

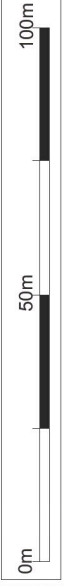
TAVOLA:
16



LEGENDA

-  Recinzione di progetto
-  Piezometro di monitoraggio e controllo
-  Perimetro capping e canalette superficiali
-  Trincea drenante
-  Pozzetti di raccordo
-  Pozzo di controllo delle acque regimentate
-  Tubazione di allontanamento (al primo fosso esistente) della acque regimentate
-  Reticolo idrico esistente

SCALA 1: 1.000



Prove eseguite dal "LABORATORIO AD ALTISSIMA TECNOLOGIA"

LASER LAB s.r.l.

Rapporto valido a tutti gli effetti di legge.

Lo stesso non deve essere riprodotto parzialmente senza l'approvazione scritta del laboratorio.

Su richieste possono essere fornite le incertezze di misura dei parametri analizzati.

Il Rapporto di Prova è relativo al campione oggetto di analisi.



Chieti, li 16/12/2011

RAPPORTO DI PROVA N. 31045 / 11

Tipo di campione : EMISSIONI DIFFUSE
Committente : DI GIUSEPPE PIETRO GEOLOGO
VIA NAZIONALE, 402 - SELVA DI ALTINO
66040 ALTINO (CH)
Insecciam. analizzato : DISCARICA DI COLLEDIMACINE
66010 Colledimacine (CH)
Campionato da : COMMITTENTE
Data di ricevimento : 06/12/2011
Data di inizio prove : 06/12/2011
Data di fine prove : 16/12/2011
Rif. campione : 09220/2

RISULTATI ANALITICI

Riferimento : **R1**
Punto di prelievo : **Centro della discarica**

DESCRIZIONE DELLA POSTAZIONE ESAMINATA :

Prelievo effettuato nel centro della discarica.



I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di analisi.

metodo di campionamento e di analisi : UNI EN 13528-1/2:2003 *
data del prelievo : 06/12/2011
temperatura ambiente : 13,8 °C
ora inizio prelievo : 10.00
durata del campionamento : 7320 minuti

Parametri	Concentrazione rilevata	Unità di misura
Acido solfidrico (H ₂ S)	< 0,05	mg/m ³
Ammoniaca	< 0,010	mg/m ³
Benzene	< 0,00020	mg/m ³
Etilbenzene	< 0,00020	mg/m ³
Toluene	< 0,00020	mg/m ³
Xileni (o+p+m)	< 0,00040	mg/m ³
Composti organici volatili non metanici (COVNM)	< 0,050	mg/m ³

Il Responsabile
di settore



Il Direttore



I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di analisi.

ALLEGATO 2

RELAZIONE DI CALCOLO ANALISI DI STABILITÀ

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
 $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
 n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
 $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
 una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n
 Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
 Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
 Equazioni relative al criterio di rottura n
 Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_i ;
 n valori delle forze da taglio T_i ;
 1 fattore di sicurezza.
Incognite $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
 n equazioni relative al criterio di rottura;
 1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_V = 0$, $\Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Metodo di BELL (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1(1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 .

Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza F . Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left(\frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri F e C_3 .

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\begin{aligned} \sum \Delta E_i &= 0 \\ \sum \Delta X_i &= 0 \end{aligned}$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$\begin{aligned} * \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi_i' - \alpha_i) + \sum \Delta E_i &= \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i \\ ** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi_i' - \alpha_i) + (x_i' - x_G)] &= \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G) \end{aligned}$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$K = K_c$ *accelerazione critica* se $F = 1$

$F = F_s$ *fattore di sicurezza in condizioni statiche* se $K = 0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di Kc , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ . tutti i momenti sono nulli $M_i = 0 \quad i=1 \dots n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \phi \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0 \quad \sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia $F_{sm} = F_{sf}$.

Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X - \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutre alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento. Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

SEZIONE A – A' condizioni di progetto

Analisi di stabilità del sistema capping-ammasso rifiuti con MORGENSTERN-PRICE

Lat./Long.	41,993541/14,202574
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,61	2,42	0,28
S.L.D.	50,0	0,77	2,4	0,3
S.L.V.	475,0	1,94	2,49	0,36
S.L.C.	975,0	2,51	2,5	0,37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e I

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,915	0,2	0,0187	0,0093
S.L.D.	1,155	0,2	0,0236	0,0118
S.L.V.	2,7246	0,24	0,0667	0,0333
S.L.C.	3,3033	0,28	0,0943	0,0472

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,019
Coefficiente azione sismica verticale	0,009

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	793,6
2	2,23	793,6
3	3,22	793,7
4	6,1	794,0
5	12,03	794,6
6	15,16	795,6
7	22,02	797,82
8	24,1	798,18
9	36,85	799,14
10	44,72	799,44
11	49,02	799,52
12	51,27	799,55
13	60,33	799,68
14	67,31	799,84
15	73,24	799,99
16	73,81	800,04
17	79,36	799,83
18	80,91	799,56
19	82,85	799,2
20	84,24	799,17
21	85,81	799,04
22	86,82	799,03
23	94,7	800, 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	790,6
2	2,23	790,6
3	3,22	790,7
4	6,1	791,0
5	12,76	791,6
6	15,38	791,6
7	22,16	791,62
8	26,62	791,68
9	36,15	792,25
10	42,94	792,55
11	48,26	792,94
12	52,61	793,0
13	60,12	793,33
14	65,62	793,58
15	70,41	794,03
16	75,17	794,67
17	78,77	794,88
18	81,97	795,3
19	82,68	795,45
20	85,81	796,04
21	94,63	799, 9

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	793,6
2	2,23	793,6
3	2,23	793,6

4	3,22	793,7
5	6,1	794,0
6	12,76	794,6
7	15,38	794,6
8	22,02	797,02
9	24,1	797,37
10	36,85	798,32
11	44,72	798,62
12	49,02	798,7
13	51,27	798,73
14	60,33	798,86
15	67,31	799,02
16	72,14	799,08
17	79,36	798,89
18	81,6	798,74
19	82,92	798,49
20	85,8	799,04
21	86,84	799,02
22	94,7	800,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	793,6
2	2,23	793,6
3	3,22	793,7
4	6,1	794,0
5	12,76	794,6
6	15,38	794,6
7	22,16	794,62
8	26,62	794,68
9	36,15	795,25
10	42,94	795,55
11	48,26	795,94
12	52,61	796,0
13	60,12	796,33
14	65,62	796,58
15	70,41	797,03
16	75,17	797,67
17	78,77	797,88
18	81,97	798,3
19	82,68	798,45
20	85,81	799,04
21	86,91	799,02
22	94,7	800,0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	791,6
2	2,23	791,6
3	3,22	791,7
4	6,1	792,0
5	12,76	792,6
6	15,38	792,6
7	22,16	792,62
8	26,62	792,68
9	36,15	793,25
10	42,94	793,55

11	48,26	793,94
12	52,61	794,0
13	60,12	794,33
14	65,62	794,58
15	70,41	795,03
16	75,17	795,67
17	78,77	795,88
18	81,97	796,3
19	82,68	796,45
20	85,81	797,04
21	94,7	798,0

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	11,88	794,68
2	16,43	794,52
3	26,5	794,72
4	47,91	795,93
5	57,24	796,27
6	69,26	797,0
7	74,96	797,74
8	78,45	797,94
9	85,1	799,12

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		30	1850	1900	0,00	Capping
2	0		18	600	600	0,00	Rifiuti
3	0.02		23	1900	2000	0,00	Coltre limo argillosa
4	0.05		26	2000	2100	0,00	Detriti di versante

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali .

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=3,12
Lambda = 0,109

Nr. B Alfa Li Wi

	m	(°)	m	(Kg)
1	7,28	-0,69	7,28	14824,27
2	7,28	1,23	7,28	21979,37
3	7,28	3,23	7,29	23619,79
4	7,28	3,23	7,29	24124,11
5	7,28	3,11	7,29	23552,08
6	7,28	2,06	7,28	22637,14
7	7,28	3,25	7,29	21620,44
8	7,28	4,15	7,29	20264,29
9	7,28	5,83	7,31	19981,27
10	7,28	9,4	7,37	10806,54

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	113,21	1042,55	0,0	0,0	14834,25	1123,77	0,0
2	198,77	1830,43	113,21	1042,55	22094,48	1673,77	0,0
3	199,83	1840,17	198,77	1830,43	23768,72	1800,6	0,0
4	200,93	1850,32	199,83	1840,17	24276,22	1839,05	0,0
5	207,2	1908,07	200,93	1850,32	23701,51	1795,51	0,0
6	259,12	2386,21	207,2	1908,07	22775,95	1725,39	0,0
7	259,32	2387,99	259,12	2386,21	21756,59	1648,17	0,0
8	224,42	2066,67	259,32	2387,99	20376,61	1543,63	0,0
9	126,12	1161,42	224,42	2066,67	20023,93	1516,91	0,0
10	0,0	0,0	126,12	1161,42	10658,5	807,44	0,0

SEZIONE C – C' condizioni di progetto

Analisi di stabilità del sistema capping-ammasso rifiuti con MORGENSTERN-PRICE

Lat./Long.	41,993541/14,202574
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,61	2,42	0,28

S.L.D.	50,0	0,77	2,4	0,3
S.L.V.	475,0	1,94	2,49	0,36
S.L.C.	975,0	2,51	2,5	0,37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,915	0,2	0,0187	0,0093
S.L.D.	1,155	0,2	0,0236	0,0118
S.L.V.	2,7246	0,24	0,0667	0,0333
S.L.C.	3,3033	0,28	0,0943	0,0472

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,019

Coefficiente azione sismica verticale 0,009

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	796,0
2	5,45	795,9
3	7,81	795,8
4	9,64	796,47
5	11,48	796,99
6	13,0	797,5
7	14,18	797,9
8	18,12	799,28
9	21,5	800,15
10	25,57	800,02
11	31,03	800,05
12	35,44	800,05
13	37,68	799,57
14	41,4	799,55
15	43,75	799,35
16	47,17	798,21
17	52,04	797,7
18	55,34	797,7
19	59,22	798,0
20	63,52	798,5
21	74,37	799,2
22	79,35	799,7

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0,88	793
2	1,11	792,91
3	2,92	792,65
4	5,52	792,34
5	7,8	792,4
6	9,64	792,5
7	11,48	792,6
8	13,1	792,69
9	15,74	792,67
10	19,16	793,0
11	22,04	793,18

12	26,33	793,24
13	31,9	793,3
14	36,25	793,32
15	38,57	793,55
16	41,02	793,79
17	44,08	794,0
18	47,17	794,2
19	52,04	794,2
20	56,82	795,36
21	60,61	796,16
22	64,35	797,57
23	67,04	798,67
24	71,51	799,04
25	74,88	799,22
26	79,29	799,7 1

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	796,0
2	0,0	796,0
3	3,9	795,9
4	7,8	795,9
5	9,64	796,0
6	11,48	796,1
7	13,0	796,6
8	14,18	797,0
9	18,12	798,4
10	21,5	799,3
11	25,57	799,3
12	31,03	799,2
13	35,44	799,2
14	37,68	798,7
15	41,4	798,7
16	43,75	798,5
17	47,17	797,7
18	52,04	797,7
19	55,34	797,7
20	59,22	798,0
21	63,52	798,5
22	74,37	799,2
23	74,37	799,2
24	79,35	799, 7

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	796,0
2	0,0	796,0
3	3,9	795,9
4	7,8	795,9
5	9,64	796,0
6	11,48	796,1
7	13,1	796,19
8	15,74	796,37
9	19,16	796,5
10	22,04	796,68
11	26,33	796,74
12	31,9	796,8

13	36,25	796,92
14	38,57	797,05
15	41,02	797,29
16	44,08	797,54
17	47,17	797,7
18	52,04	797,7
19	55,34	797,7
20	59,22	798,0
21	63,52	798,5
22	74,37	799,2
23	74,37	799,2
24	79,35	799,7

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	794,0
2	0,0	794,0
3	3,9	793,9
4	7,8	793,9
5	9,64	794,0
6	11,48	794,1
7	13,1	794,19
8	15,74	794,37
9	19,16	794,5
10	22,04	794,68
11	26,33	794,74
12	31,9	794,8
13	36,25	794,92
14	38,57	795,05
15	41,02	795,29
16	44,08	795,54
17	47,17	795,7
18	52,04	795,7
19	55,34	795,7
20	59,22	796,0
21	63,52	796,5
22	74,37	797,2
23	74,37	797,2
24	79,35	797,7

Vertici superficiei Nr...1

N	X m	y m
1	8,31	796,09
2	8,36	795,99
3	12,95	796,25
4	16,65	796,49
5	22,27	796,76
6	28,36	796,84
7	33,43	796,92
8	36,9	797,03
9	38,97	797,15
10	41,9	797,46
11	47,14	797,73
12	51,01	797,82

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coazione efficace	1,25
Coazione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coazione; cu: coazione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		30	1850	1900	0,00	Capping
2			18	600	600	0,00	Rifiuti
3	0.02		23	1900	2000	0,00	Coltre limo argillosa
4	0.05		26	2000	2100	0,00	Deriti di versante

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali .

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=4,17

Lambda = 0,607

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	4,26	3,17	4,26	4650,96
2	4,26	3,54	4,26	9185,31
3	4,26	2,78	4,26	12050,2
4	4,26	1,29	4,26	12736,7
5	4,26	0,78	4,26	12220,14
6	4,26	0,99	4,26	12573,4
7	4,26	2,31	4,26	11973,46
8	4,26	5,17	4,27	10320,47
9	4,26	2,95	4,26	7924,26
10	4,26	1,49	4,26	2188,55

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	77,02	126,81	0,0	0,0	4610,86	464,39
2	-58,1	-95,66	77,02	126,81	9360,56	530,57
3	-138,12	-227,41	-58,1	-95,66	12206,72	691,9
4	-16,15	-26,59	-138,12	-227,41	12725,21	721,28
5	170,1	280,06	-16,15	-26,59	12143,76	688,33
6	331,69	546,11	170,1	280,06	12523,56	709,85
7	312,8	515,0	331,69	546,11	12079,85	684,7
8	-12,0	-19,76	312,8	515,0	10628,71	602,45
9	-78,33	-128,97	-12,0	-19,76	8037,92	455,6
10	0,0	0,0	-78,33	-128,97	2131,46	214,68

Analisi di stabilità del pendio con MORGENSTERN-PRICE – ANTE OPERAM

Lat./Long.	41,993541/14,202574
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-43,27 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	842,44 m
Ascissa vertice destro superiore xs	100,05 m
Ordinata vertice destro superiore ys	916,91 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,61	2,42	0,28
S.L.D.	50,0	0,77	2,4	0,3
S.L.V.	475,0	1,94	2,49	0,36
S.L.C.	975,0	2,51	2,5	0,37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,915	0,2	0,0187	0,0093
S.L.D.	1,155	0,2	0,0236	0,0118
S.L.V.	2,7246	0,24	0,0667	0,0333
S.L.C.	3,3033	0,28	0,0943	0,0472

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,019
Coefficiente azione sismica verticale	0,009

Vertici profilo

N	X m	y m
1	-53,47	790,12
2	0,0	793,6
3	0,0	793,6
4	0,0	793,6
5	2,23	793,6
6	2,23	793,6
7	2,23	793,6
8	2,23	793,6
9	3,22	793,7
10	6,1	794,0
11	12,76	794,6
12	15,38	794,6
13	22,02	797,02
14	24,1	797,37
15	36,85	798,32
16	44,72	798,62
17	49,02	798,7
18	51,27	798,73
19	60,33	798,86
20	67,31	799,02
21	72,14	799,08
22	79,52	799,25
23	81,63	799,31
24	84,25	799,36
25	86,1	799,16
26	86,84	799,02
27	94,74	799,58
28	139,04	805,01

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-53,47	790,12
2	0,0	793,6
3	0,0	793,6
4	2,23	793,6
5	2,23	793,6
6	2,23	793,6
7	3,22	793,7
8	6,1	794,0
9	12,04	794,6
10	15,38	794,6
11	22,16	794,62
12	26,62	794,68
13	36,15	795,25
14	42,94	795,55
15	48,26	795,94
16	52,61	796,0
17	60,12	796,33
18	65,62	796,58
19	70,41	797,03
20	75,17	797,67
21	78,77	797,88
22	81,97	798,3
23	82,68	798,45

24	85,57	798,83
25	86,91	799,02
26	94,74	799,58
27	139,04	804,9 8

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-53,47	790,12
2	0,0	793,6
3	0,0	793,6
4	0,0	793,6
5	0,0	793,6
6	2,23	793,6
7	2,23	793,6
8	2,23	793,6
9	2,23	793,6
10	3,22	793,7
11	6,1	794,0
12	12,76	794,6
13	15,38	794,6
14	22,02	797,02
15	24,1	797,37
16	36,85	798,32
17	44,72	798,62
18	49,02	798,7
19	51,27	798,73
20	60,33	798,86
21	67,31	799,02
22	72,14	799,08
23	79,52	799,25
24	81,63	799,31
25	84,25	799,36
26	86,1	799,16
27	86,84	799,02
28	94,74	799,58
29	139,04	805,0 1

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	-53,47	790,12
2	0,0	793,6
3	0,0	793,6
4	2,23	793,6
5	2,23	793,6
6	2,23	793,6
7	3,22	793,7
8	6,1	794,0
9	12,04	794,6
10	15,38	794,6
11	22,16	794,62
12	26,62	794,68
13	36,15	795,25
14	42,94	795,55
15	48,26	795,94
16	52,61	796,0
17	60,12	796,33
18	65,62	796,58

19	70,41	797,03
20	75,17	797,67
21	78,77	797,88
22	81,97	798,3
23	82,68	798,45
24	85,57	798,83
25	86,91	799,02
26	94,74	799,58
27	139,04	804,9 8

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	-53,47	788,69
2	0,0	791,6
3	2,23	791,6
4	3,22	791,7
5	6,1	792,0
6	12,76	792,6
7	15,38	792,6
8	22,16	792,62
9	26,62	792,68
10	36,15	793,25
11	42,94	793,55
12	48,26	793,94
13	52,61	794,0
14	60,12	794,33
15	65,62	794,58
16	70,41	795,03
17	75,17	795,67
18	78,77	795,88
19	81,97	796,3
20	82,68	796,45
21	85,81	797,04
22	94,7	798,0
23	139,04	802,84

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		30	1850	1900	0,00	Capping
2	0		18	600	600	0,00	Rifiuti
3	0.02		23	1900	2000	0,00	Coltre limo argillosa
4	0.05		26	2000	2100	0,00	Detriti di versante

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,79
-----------------------	------

Ascissa centro superficie 57,05 m
 Ordinata centro superficie 902,02 m
 Raggio superficie 111,65 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 64,217 yc = 913,187 Rc = 125,628 Fs=1,7901

Lambda = 0,129

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	2,94	-20,34	3,14	1926,32
2	2,08	-19,12	2,2	3785,87
3	12,75	-15,6	13,24	93119,35
4	7,87	-10,75	8,01	106743,5
5	4,3	-7,94	4,34	70312,09
6	2,25	-6,43	2,26	39243,78
7	9,06	-3,84	9,08	170490,4
8	6,98	-0,18	6,98	139842,1
9	4,83	2,51	4,84	99362,88
10	52,95	16,3	55,17	846356,4

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	137,23	1063,46	0,0	0,0	1336,79	176,47	0,0
2	918,39	7117,29	137,23	1063,46	599,77	282,32	141,66
3	4403,56	34126,38	918,39	7117,29	44151,87	11438,2	2734,44
4	2862,0	22179,71	4403,56	34126,38	64329,67	14374,75	5692,99
5	-2982,41	-23112,9	2862,0	22179,71	51774,73	11141,54	7075,38
6	-11026,4	-85451,66	-2982,41	-23112,9	37164,59	7824,42	7614,99
7	-15659,85	-121359,6	-11026,4	-85451,66	103543,7	22362,63	8297,12
8	-23252,46	-180200,4	-15659,85	-121359,6	86502,41	18559,08	8937,68
9	-32822,22	-254363,4	-23252,46	-180200,4	61442,04	13157,99	9290,22
10	-53735,13	-416432,8	-32822,22	-254363,4	365582,4	83650,71	7687,32

Analisi di stabilità del pendio con MORGENSTERN-PRICE – POST OPERAM

Lat./Long. 41,993541/14,202574
 Normativa NTC 2008
 Numero di strati 4,0
 Numero dei conci 10,0
 Grado di sicurezza ritenuto accettabile 1,1
 Coefficiente parziale resistenza 1,1
 Analisi Condizione drenata
 Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi -43,27 m
 Ordinata vertice sinistro inferiore yi 842,44 m
 Ascissa vertice destro superiore xs 100,05 m
 Ordinata vertice destro superiore ys 916,91 m
 Passo di ricerca 10,0
 Numero di celle lungo x 10,0
 Numero di celle lungo y 10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,61	2,42	0,28
S.L.D.	50,0	0,77	2,4	0,3
S.L.V.	475,0	1,94	2,49	0,36
S.L.C.	975,0	2,51	2,5	0,37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,915	0,2	0,0187	0,0093
S.L.D.	1,155	0,2	0,0236	0,0118
S.L.V.	2,7246	0,24	0,0667	0,0333
S.L.C.	3,3033	0,28	0,0943	0,0472

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,019
Coefficiente azione sismica verticale	0,009

Vertici profilo

N	X m	y m
1	-53,47	790,12
2	0,0	793,6
3	2,23	793,6
4	3,22	793,7
5	6,1	794,0
6	12,03	794,6
7	15,16	795,6
8	22,02	797,82
9	24,1	798,18
10	36,85	799,14
11	44,72	799,44
12	49,02	799,52
13	51,27	799,55
14	60,33	799,68
15	67,31	799,84
16	73,24	799,99
17	73,81	800,04
18	79,44	800,14
19	84,76	799,98
20	87,51	799,1
21	94,74	799,58
22	139,04	805,04

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-53,36	789,98
2	-16,78	792,46
3	-4,42	793,23
4	0,44	792,03
5	2,48	792,03
6	4,24	792,25
7	11,16	792,97
8	15,93	792,98
9	22,43	792,98
10	27,04	793,2
11	36,61	793,49
12	45,23	793,71
13	50,42	793,86
14	81,97	795,3
15	82,68	795,45
16	88,42	795,98
17	102,36	800,41
18	139,1	805,0 4

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-53,47	790,12
2	0,0	793,6
3	0,0	793,6
4	2,23	793,6
5	2,23	793,6
6	2,23	793,6
7	2,23	793,6
8	3,22	793,7
9	6,1	794,0
10	12,76	794,6
11	15,38	794,6
12	22,02	797,02
13	24,1	797,37
14	36,85	798,32
15	44,72	798,62
16	49,02	798,7
17	51,27	798,73
18	60,33	798,86
19	67,31	799,02
20	72,14	799,08
21	79,52	799,25
22	81,63	799,31
23	84,25	799,36
24	86,1	799,16
25	86,84	799,02
26	94,74	799,58
27	139,04	805,0 1

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	-53,47	790,12
2	0,0	793,6

3	0,0	793,6
4	2,23	793,6
5	2,23	793,6
6	2,23	793,6
7	3,22	793,7
8	6,1	794,0
9	12,04	794,6
10	15,38	794,6
11	22,16	794,62
12	26,62	794,68
13	36,15	795,25
14	42,94	795,55
15	48,26	795,94
16	52,61	796,0
17	60,12	796,33
18	65,62	796,58
19	70,41	797,03
20	75,17	797,67
21	78,77	797,88
22	81,97	798,3
23	82,68	798,45
24	85,57	798,83
25	86,91	799,02
26	94,74	799,58
27	139,04	804,9 8

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	-53,47	788,69
2	0,0	791,6
3	2,23	791,6
4	3,22	791,7
5	6,1	792,0
6	12,76	792,6
7	15,38	792,6
8	22,16	792,62
9	26,62	792,68
10	36,15	793,25
11	42,94	793,55
12	48,26	793,94
13	52,61	794,0
14	60,12	794,33
15	65,62	794,58
16	70,41	795,03
17	75,17	795,67
18	78,77	795,88
19	81,97	796,3
20	82,68	796,45
21	85,81	797,04
22	94,7	798,0
23	139,04	802,84

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		30	1850	1900	0,00	Capping
2	0		18	600	600	0,00	Rifiuti
3	0.02		23	1900	2000	0,00	Coltre limo argillosa
4	0.05		26	2000	2100	0,00	Detriti di versante

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,99
Ascissa centro superficie	85,71 m
Ordinata centro superficie	872,23 m
Raggio superficie	82,32 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 64,217 yc = 913,187 Rc = 125,835 Fs=1,991

Lambda = -1,767

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	4,54	-20,7	4,85	9458,18
2	2,08	-19,09	2,2	7719,72
3	12,75	-15,58	13,24	116049,5
4	7,87	-10,74	8,01	120701,0
5	4,3	-7,93	4,34	77827,79
6	2,25	-6,42	2,26	43165,2
7	9,06	-3,84	9,08	186338,6
8	6,98	-0,18	6,98	152051,0
9	5,93	2,76	5,94	132718,7
10	52,46	16,68	54,77	843558,9

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	-7526,88	4259,88	0,0	0,0	14526,33	1724,08	0,0
2	-20901,9	11829,55	-7526,88	4259,88	17572,66	2885,48	0,0
3	-101393,3	57384,09	-20901,9	11829,55	160894,1	31082,23	1344,36
4	-123769,0	70047,78	-101393,3	57384,09	107304,0	20580,19	4045,23
5	-96280,13	54490,29	-123769,0	70047,78	30308,24	6192,62	5203,92
6	-41554,0	23517,72	-96280,13	54490,29	-20473,04	-3233,93	5708,31
7	-27169,95	15376,99	-41554,0	23517,72	115271,1	22195,05	6470,34
8	27136,94	-15358,3	-27169,95	15376,99	49525,37	10098,24	7119,32
9	101355,0	-57362,45	27136,94	-15358,3	14319,03	3635,38	7270,08
10	415378,8	-235086,0	101355,0	-57362,45	70296,7	22526,78	7095,64