PROVINCIA

SAVONA

COMUNE

CAIRO MONTENOTTE

LOCALITA'

FERRERE

COMMITTENTE

L.P.L. S.P.A.

Variante al piano di coltivazione finalizzata alla cessazione dell'attività estrattiva e alla contestuale riqualificazione dell'area

TAVOLA

B01 RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA ED IDRAULICA
PROCEDURA DI VERIFICA/SCREENING DEL PROGETTO

SCALA	DATA ottobre 2014

FIRMA ESERCENTE

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

esagon sas
Topografia & Fotogrammetria
Servizi per l'ingegneria e l'architettura
Via Nicomede Bianchi 65 – Tel. 011/751855
E-mail: info@esagonservizi.it

SEACOOP
C.so Palestro N.9 – TORINO
Tel. 011/3290001
E-mail: fazio@seacoop.it

Ing. SANDRO GENNARO
Via de Gasperi N.21
10020 CAVAGNOLO (TO)

Geol. LUCA UGHETTO
Via Vittorio Emanuele II, 2
10094 – GIAVENO (TO)
Tel. 338/3179474
E-mail: lucaug@libero.it

RELAZIONE

PREMESSA **4**

1.0. INQUADRAMENTO GEOLOGICO [0] **5**

1.1 Inquadramento geologico regionale **5**
1.2. Il Bacino Terziario Piemontese - nuove conoscenze apportate dal Progetto CARG **7**
1.3 Sequenza litologico-stratigrafica locale **12**
1.4. Unità del substrato **14**
1.4.1. Formazione di Rocchetta-Monesiglio (RTM) 14
1.5. Unità delle coperture quaternarie **16**
1.5.1. Deposito di conoide detritico alluvionale (co) 16
1.5.2. Deposito di versante (dt) 16
1.5.3 Deposito di frana (fr) 17
1.5.4. Deposito torrentizio (to) 17
1.5.5. Deposito antropico (da) 17
1.6. Sviluppo estrattivo del sito e programma di intervento **18**

2.0. INQUADRAMENTO GEOTECNICO **23**

2.1. Conoscenze pregresse **23**
2.2. Conoscenze recenti **24**
2.2.1. Coperture detritiche 28
2.2.2. Orizzonte di alterazione del substrato marnoso 29
2.2.3. Substrato marnono in posto (marne argillose) 30
2.2.4. Depositi antropici 31
2.3. Parametri geotecnici caratteristici **32**

3.0. VERIFICHE DI STABILITA' **34**

3.1. Ipotesi di calcolo **34**
3.2. Normativa di riferimento **35**
3.3. Azioni sismiche **37**
3.5. Quantificazione dei parametri caratteristici (fk) e di progetto (fp) **48**
3.6. Modello di analisi **51**
3.6.2. Metodo equilibrio limite (LEM) 52
3.6.3. Metodo di BISHOP (1955) 54
3.7. Calcolo dei fattori di sicurezza : considerazioni generali **55**
3.9. Verifica di stabilità sezione a-a (stato attuale e stato finale con mantenimento dell'attuale profilo esistente intonso) **59**
3.10. Verifica di stabilità sezione b-b (stato attuale e stato finale con mantenimento dell'attuale profilo esistente intonso) **63**
3.11. Verifica di stabilità sezione c-c (stato attuale) **67**
3.12. Verifica di stabilità sezione c'-c' (stato finale) **71**
3.13. Considerazioni conclusive **76**

4.0. ASSETTO GEOMORFOLOGICO **78**

5.0. REGIMAZIONE IDRAULICA **83**

5.1. Reticolo idrografico su area vasta **83**
5.2. Sistema di regimazione attuale di Cava Ferrere (interfaccia con progetto LA FILIPPA) **84**
5.2.1. Calcolo delle portate affluenti 85
5.2.1.1. Approccio metodologico 85
5.2.1.2. Criteri per il calcolo delle portate di progetto/verifica 87
5.2.1.3. Analisi morfometrica dello stato attuale 88
5.2.1.4. Tempo di corrivazione (tc) 89

5.2.1.5. Analisi delle capacità di deflusso dei sottobacini e valutazione del coefficiente 94
5.2.1.6. Calcolo della portate di piena del sistema di regimazione attuale.....95
5.2.2. Verifica delle sezioni di deflusso attuali 96
5.2.2.1. Obiettivi e criteri della verifica.....96
5.2.2.2. Metodologia di calcolo.....96
5.2.2.3. Canale regimazione IMPLUVIO SUD 97
5.2.2.4. Canale di gronda lato Vallone + Canale Monte gronda Vallone.....99
5.2.2.5. Impluvi C.na Vallone 101
5.3. Sistema di regimazione allo stato finale di chiusura di Cava Ferrere 102
5.3.1. Calcolo delle portate affluenti 103
5.3.1.1. Approccio metodologico.....103
5.3.1.2. Criteri per il calcolo delle portate di progetto/verifica.....103
5.3.1.3. Analisi morfometrica dello stato di progetto finale.....103
5.3.1.4. Tempo di corrivazione (tc).....104
5.3.1.5. Analisi delle capacità di deflusso dei sottobacini e valutazione del coefficiente 105
5.3.1.6. Calcolo della portata di piena del sistema di regimazione attuale.....105
5.3.2. Verifiche e dimensionamento idraulico 106
5.3.2.1. Obiettivi e criteri della verifica.....106
5.3.2.2. Metodologia di calcolo.....106
5.3.2.3. Canale regimazione IMPLUVIO SUD e GRONDA SUD.....107
5.3.2.4. Canalette piazzali C.na Vallone, Canale Monte gronda Vallone, Canale Gronda Vallone 110
5.3.2.5. Tratti intubati zona Vallone.....114
5.4. Considerazioni conclusive 114

6.0. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 115

6.1. Conclusioni 121

PREMESSA

La presente relazione correda l'Istanza relativa al progetto di ***Variante al piano di coltivazione finalizzata alla cessazione dell'attività estrattiva e alla contestuale riqualificazione dell'area*** di competenza alla cava di argilla denominata Ferrere, sita in Cairo Montenotte (SV) ed esercita dalla società **LIGURE PIEMONTESE LATERIZI S.p.a.**, avente sede legale in Genova – via G. D'Annunzio 2/96.

Nella fattispecie la presente relazione ha l'obiettivo di rendicontare l'assetto geologico - geotecnico, idrogeologico, geomorfologico ed idraulico del sito estrattivo, alla luce della anzidetta variante di progetto.

L'originario progetto di coltivazione, autorizzato dal Servizio attività estrattive della Regione Liguria con Decreto dirigenziale n. 2713 del 14/9/2007, ai sensi della L.R. 12/2012 (espresso in merito al "progetto 2006"), prevedeva sommariamente la coltivazione del sito estrattivo andando ad ottenere una conformazione finale ad anfiteatro dei fronti di coltivazione, ovvero una scarpata degradante verso SUD-OVEST a debole pendenza a partire dal pianoro sommitale presso c.an Spezziera, operando una regimazione superficiale idraulica, proporzionata alla morfometria dei luoghi. Il tutto attraverso una serie di stati intermedi opportunamente regolamentati dai medesimi principi minerari su cui si venne basata la progettazione e la coltivazione del giacimento.

Nel frattempo, la sopraggiunta crisi economica ha fatto penalizzare l'entità giacimentologica del sito, venendo ad essere invece necessario un progetto di variante che ha l'obiettivo di regolamentare la dismissione delle attività minerarie operando nel contempo interventi morfologici di corredo ed utili per un corretto inserimento geomorfologico del sito anche con gli assetti nel frattempo inseritisi con il contesto della discarica LA FILIPPA, che è andata ad interessare aree un tempo a destinazione mineraria.

1.0. INQUADRAMENTO GEOLOGICO [1]

Il sito estrattivo si localizza nell'ambito del paesaggio collinare relativo allo spartiacque tra i medi bacini dei F. Bormida di Spigno e di Millesimo, alcuni chilometri a ONO di Cairo Montenotte. Il settore appartenente al dominio strutturale delle Alpi Liguri, si caratterizza per la presenza al di sopra del basamento metamorfico di una potente sequenza di depositi marini di età terziaria,riferibili al cosiddetto Bacino Terziario Piemontese (BTP), comprendenti litologie terrigene prevalentemente a granulometria fine.

La struttura del rilievo è impostata nell'ambito di queste unità a composizione marnosa e marnoso-arenacea (spessore complessivo superiore ai 1.200 m) che, presenti con continuità lungo l'intero settore compreso tra i due rami del Bormida,costituiscono il substrato locale del sito e di un suo ampio areale circostante.

La sequenza marina è ricoperta direttamente da sedimenti incoerenti, originatisi in ambiente continentale, relativi alle coperture quaternarie. Si tratta per lo più di coltri detritico-colluviali presenti localmente lungo i versanti, e di depositi torrentizi connessi allo sviluppo del reticolo idrico locale. L'assetto morfo-topografico del sito e l'evoluzione morfo-climatica del bacino, a scala d'insieme improntata dal reticolo incentrato sul corso del Bormida di Spigno, ha comportato un limitato sviluppo delle coperture, sia in termini di continuità areale che di spessori, non superiori a pochi metri.

1.1 Inquadramento geologico regionale

Successivamente alla principale fase deformativa responsabile della strutturazione delle Alpi Liguri, a partire dall'Oligocene il Bacino Terziario Piemontese, si individua al margine tra le catene alpina ed appenninica un bacino satellite dell'ambito di un complesso sistema di "avanfossa – thrust – area di retroarco" (Gelati & Gnaccolini, 1987/88; Boccaletti et alii, 1990).

([1]) Progetto di completamento della discarica per rifiuti non pericolosi con la ricomposizione ambientale dell'intera area interessata in loc. Filippa Cairo Montenotte (SV) - Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, sismica - Geol. Fabio Brunamonte - 30/09/2011.

L'evoluzione a scala regionale di questo settore, improntato da una complessa struttura tettonica ("nodo ligure" secondo Laubscher et alii, 1992) appare controllata dalla traslazione verso NO della propaggine settentrionale della crosta adriatica nel corso dell'Oligocene – Miocene inferiore. A questo si associa l'apertura di un bacino marino con crosta di tipo oceanico, il Mar Ligure, il conseguente collasso dell'area ligure-provenzale e la rotazione del blocco sardo-corso verso Est (Gelati & Gnaccolini, 2003; Gelati et alii, 2010).
In relazione alle fasi di attività tettonica si individua, quindi, un settore in forte subsidenza,sede di un'intensa sedimentazione (Carrapa et alii, 2003) dapprima in corrispondenza di singoli bacini in ambiente continentale o marino-litorale, poi interessante con modalità evolutive unitarie più estesi bacini in ambiente francamente marino. La presenza di un ampio braccio di mare allungato da Ovest verso Est nell'area in parte corrispondente alle attuali Langhe consente la deposizione di una potente successione terrigena dapprima grossolana, poi prevalentemente pelitico-arenacea, che prosegue per tutto il Miocene, sino a raggiungere spessori massimi nell'ordine dei 5-6000 m. Nell'insieme l'assetto di questo cuneo clastico derivante principalmente dalla sedimentazione ad opera di correnti di torbida (Gelati & Gnaccolini, 1987/88; Giammarino, 1984) è riferibile ad un monoclinale con giacitura NE-SO ed immersione verso NO, generalmente con pendenze comprese tra 7 ÷ 15°.

Per l'area in esame riveste specifico interesse la porzione basale della sequenza, comprendente secondo lo schema stratigrafico classico (Gelati, 1968; Serv. Geol. d'It., 1969) le unità seguenti elencate a partire dal basso (ovvero dal termine più antico):

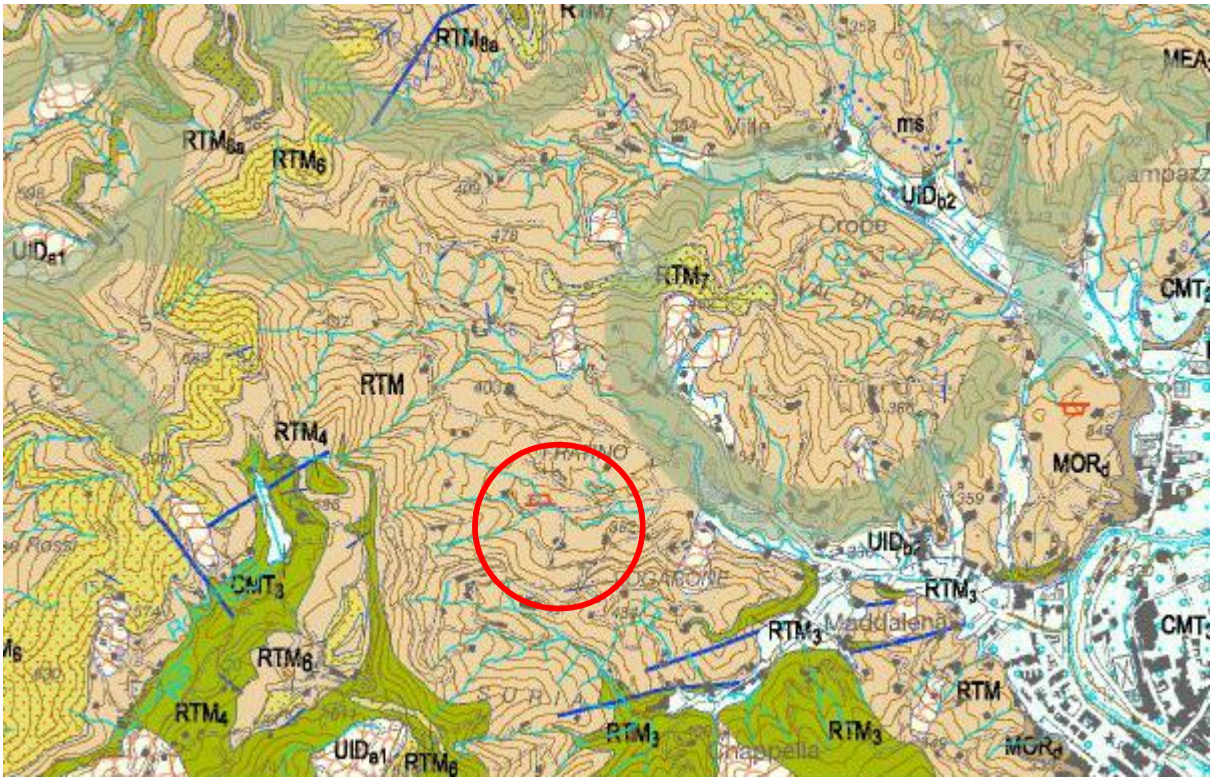
- ***Formazione di Molare***: conglomerati poligenici con intercalazioni arenaceo-sabbiose e marnoso-sabbiose;
- ***Formazione di Rocchetta***: marne siltoso-sabbiose con alternanze di arenarie e sabbie;
- ***Formazione di Monesiglio***: sabbie e arenarie, livelli conglomeratici, con intercalazioni marnose.

La sequenza marina terziaria ed i depositi continentali furono oggetto sin dalla fine dell'Ottocento di numerose ricerche (si veda, ad esempio, Sacco 1889-1890). Successivamente, ed in particolare dalla seconda metà dello scorso secolo, nuove indagini di carattere stratigrafico e sedimentologico hanno consentito una migliore caratterizzazione dei meccanismi di deposizione, della distribuzione e della collocazione cronologica dei singoli corpi sedimentari, ponendo le basi conoscitive per una ricostruzione rappresentativa dell'assetto del bacino. Come quadro di riferimento per la descrizione dei caratteri stratigrafici, strutturali e sismotettonici regionali si citano,a titolo di esempio, le monografie di Gelati (1968), Francani et alii (1971), Boni (1984), Gelati &Gnaccolini (1987/88), Gnaccolini et alii (1990), Soc. Geol. It (1992). Ad essi si rimanda come quadro di riferimento per una sintesi dei dati disponibili in letteratura.

1.2. Il Bacino Terziario Piemontese - nuove conoscenze apportate dal Progetto CARG

L'esecuzione dei rilievi della nuova cartografia geologica ufficiale ha portato progressi significativi nella ricostruzione e interpretazione delle sequenze litologico-stratigrafiche del BTP.

L'area in esame è compresa nel Foglio 211 – Dego della nuova Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 realizzato nell'ambito del progetto CARG (Legge n. 438 del 27/10/1995) tramite convenzione tra il Servizio Geologico Nazionale (ex APAT – Dipartimento Difesa del Suolo, ora ISPRA) e la Regione Piemonte (adesso ARPA Piemonte). La redazione del Foglio è stata recentemente completata, sia per quanto riguarda la cartografia che il volume delle Note illustrative, ed è consultabile nel sito internet dell'ISPRA – Progetto CARG.



Estratto Foglio 211 – Dego della nuova Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 realizzato nell'ambito del progetto CARG

La nuova cartografia deriva dall'applicazione sistematica dei nuovi principi di rilevamento e nomenclatura delle unità stratigrafiche (Pasquarè et alii, 1992). Ai criteri litostratigrafici del rilevamento è stata sovraimposta una suddivisione in sequenze deposizionali, intese nell'accezione originariamente formulata da Mitchum et alii (1977), di unità stratigrafiche comprendenti una successione di strati geneticamente correlati, delimitata alla base ed al tetto dauna discordanza, ovvero una discontinuità significativa nella sedimentazione. La datazione delle unità marine è stata basata sulla biostratigrafia dei microfossili.

L'applicazione di queste metodologie e l'esame critico dell'assetto dei vari termini litostratigrafici ha comportato una revisione sistematica della sequenza stratigrafica. Data la migliore rispondenza obiettiva del nuovo modello stratigrafico alla realtà fisica del territorio, anche per quanto riguarda gli aspetti applicativi, nel presente elaborato si segue lo schema stratigrafico elaborato per il Foglio Dego, utilizzando anche per quanto possibile la stessa terminologia, aggiornando pertanto quanto fin'ora noto per l'assetto geologico per il sito estrattivo.

Dopo la fase deformativa responsabile nel corso dell'Eocene della strutturazione della catena alpina, si individuano una serie di bacini di sedimentazione in ambiente dapprima continentale, evolvente poi in marino. I bacini delle Langhe, al cui margine SE si localizza l'area di interesse, del Monregalese e dell'Alto Monferrato, in particolare, si sviluppano su un substrato di unità metamorfiche Brianzonesi e Liguro-Piemontesi appartenenti al settore assiale della catena alpina.

La sedimentazione iniziale è costituita da termini grossolani quali i conglomerati e le arenarie della Formazione di Molare, riferibili all'Oligocene inferiore. Già alla fine di questo periodo e per parte del Burdigaliano risultano prevalenti i depositi fini comprendenti peliti emipelagiche, alle quali si intercalano corpi arenacei (Formazione di Rocchetta – Monesiglio) connessi a correnti di torbida. Seguono nel corso del Burdigaliano superiore alternanze ritmiche di peliti ed arenarie connesse a correnti ad alta densità provenienti essenzialmente da Ovest (Formazione di Cortemilia). Il Langhiano ed il Serravalliano comprendono alternanze di arenarie e peliti nella zona centrale del settore (Formazione di Cassinasco) e peliti al margine ovest (Formazione di Murazzano). Verso l'alto la successione prosegue con le peliti emipelagiche del Tortoniano (Marne di S. Agata Fossili), evidenziando poi nel Messiniano una tendenza regressiva con depositi di ambiente euxinico ed evaporitico (Formazione Gessoso-solfifera).

A partire dall'Oligocene superiore il contesto evolutivo regionale, in conseguenza all'apertura del Bacino Ligure-Provenzale, viene influenzato dalla strutturazione con vergenza a Nord della Catena Appenninica. A Sud del "sistema Collina di Torino – Monferrato" si individua un bacino a forte subsidenza, che ospita nell'Oligocene-Miocene la potente sequenza del BTP (spessore complessivo maggiore di 5.000-6.000 m). Sul margine meridionale il bacino risulta delimitato da un basamento composito di unità alpine ed appenniniche in sollevamento che ne improntano l'evoluzione.

A scala regionale il BTP si identifica così come un bacino di piggy-back (Dalla et alii, 1992) a sedimentazione prevalentemente terrigena, che tende a sovrascorrere sull'avanfossa appenninica (Pianura Padana) al di sopra del sovrascorrimento del Monferrato-Collina di Torino.

Tale evoluzione risulta controllata dal sollevamento del basamento nei settori meridionali che comportano un progressivo spostamento verso Nord delle zone di principale accumulo sedimentario (Mosca, 2006). L'areale interessato dai successivi depositi marini del Pliocene (Formazione delle Argille azzurre) risulta infatti limitato al margine settentrionale delle Langhe.

A seguito dell'inversione tettonica subita dal margine prossimo alle Alpi Liguri, nel settore meridionale del BTP si verifica il basculamento delle successioni sedimentarie, con un

sollevamento generalizzato e la progressiva asportazione ad opera dei processi erosivi di gran parte della serie oligo-miocenica. L'area completamente emersa è interessata nel corso del Quaternario dai processi di modellamento tipici dell'ambiente continentale.

Gabert (1962) e, successivamente, Biancotti (1981a; 1981b; 1981c) rilevano che l'area attualmente occupata dai rilievi collinari delle Langhe ospitava in origine un esteso glacis di età "villafranchiana" immergente verso NO, come indicato dalla disposizione delle dorsali spartiacque e della sommità dei crinali. Dal successivo smantellamento di questa originaria superficie di modellamento deriva il paesaggio collinare tipico delle Langhe.

Successivamente al Pleistocene inferiore (circa 700.000 anni fa), periodo in cui termina la genesi del glacis delle Langhe, l'area è interessata da più fasi erosive (Biancotti, 1981b; 1981c).

Nel Pleistocene medio (700.000 ÷ 125.000 anni fa) il glacis é inciso da un reticolo idrografico defluente da SSE verso NNO, quindi, nel corso del Pleistocene superiore (125.000 ÷ 10.000 anni fa) il sollevamento differenziale dell'area determina l'inversione dei deflussi dei corsi d'acqua, che dalla pianura cuneese, a seguito dello sviluppo della subsidenza tettonica, si dirigono verso il bacino di Alessandria.

L'evoluzione morfologica recente dell'area è profondamente condizionata da una serie di importanti fenomeni di deviazione fluviale, derivanti dall'interazione tra la mobilità tettonica recente, la situazione morfologica al contorno, l'elevata erodibilità delle formazioni presenti. Le ricerche di vari Autori (Forno, 1982; Carraro et alii,

1980; Carraro et alii 1995) hanno consentito una ricostruzione sufficientemente dettagliata dell'evoluzione della rete idrografica del Piemonte centrale.

Ancora nel corso del Pleistocene superiore, i collettori principali del bacino piemontese meridionale (paleo-Po, paleo-Tanaro) scorrevano a Sud della Collina di Torino, da Ovest verso Est. Il paleo-Po dopo aver costeggiato il margine meridionale della Collina e del Monferrato si immetteva nella pianura una decina di chilometri ad Est dell'attuale posizione di Valenza Po. Il suo corso, verso la fine del Pleistocene sup. subisce una diversione nei pressi di Villastellone, che porta all'individuazione di un nuovo collettore, l'attuale Po, con decorso lungo il margine settentrionale della Collina di Torino. Il F. Tanaro, principale affluente del paleo-Po (e sino ad allora con decorso da Bra verso Carmagnola) in un momento di poco successivo, collocabile indicativamente tra i 100.000 e i 50.000 anni fa, erodendo lateralmente verso Est intercettava poco a Sud dell'attuale abitato di Bra un'incisione minore appartenente al reticolato locale delle Langhe, tracimandovi. Riferendosi in particolare al Tanaro, il nuovo corso fluviale impostato su un nuovo livello di base posto ad una quota di circa 150 m inferiore alla precedente, comporta l'innesco di un processo di ringiovanimento morfologico generale del bacino tuttora in atto. Secondo la stessa dinamica i corsi d'acqua affluenti, tra i quali il Belbo, la Bormida di Millesimo e la Bormida di Spigno, deviarono il loro percorso verso il nuovo livello di base, spostando i deflussi dalla piana cuneese alla piana alessandrina. La situazione è tuttora riscontrabile nel loro assetto attuale, dove è presente dapprima un tratto diretto verso NO a cui fa seguito, a valle di un gomito pronunciato, un ramo defluente a NE.

Il progressivo approfondimento del reticolo idrografico connesso all'ultima fase evolutiva comporta la formazione di una serie di superfici di modellamento fluviale impostate nelle litologie del substrato locale, poste a quote progressivamente decrescenti procedendo dalla più antica alla più recente. Nel bacino del F. Bormida i terrazzi fluviali più antichi, posti sino a 120-130 m al disopra della quota degli alvei attuali, sono riferibili al top deposizionale del Subsintema di Spigno Monferrato la cui formazione è attribuita dubitativamente alla fine del Pleistocene medio (Gelati et alii, 2010).

1.3 Sequenza litologico-stratigrafica locale

La definizione della sequenza litologico-stratigrafica di riferimento per l'area in esame è aggiornata coerentemente alla recente stesura del Foglio 211 - Dego della nuova Carta Geologica d'Italia, utilizzando i criteri della stratigrafia fisica come definito dalle linee guida (Pasquarè et alii, 1992). La stratigrafia fisica volge all'identificazione di sequenze di depositi dalla giacitura d'insieme concordante, delimitate da superfici-tempo che rappresentano significative discontinuità nella sedimentazione, e alla relazione genetica tra sistemi deposizionali coevi.

La revisione stratigrafica svolta non comporta modifiche sostanziali nella documentazione geologica prodotta per i progetti minerari precedenti confermandone, di fatto, la sostanziale validità e permettendone un affinamento di dettaglio. Il diverso approccio litologicostratigrafico adottato e l'analisi svolta a livello dell'intero Bacino Terziario Piemontese BTP hanno consentito una più razionale definizione delle unità stratigrafiche, coerente con l'architettura fisica della successione sedimentaria e l'evoluzione tettonico-deposizionale del bacino conseguente ai fenomeni che controllano l'evoluzione della zona di contatto tra Alpi e Appennini.
Per quanto possibile, in relazione al carattere locale del rilievo, allo scopo di facilitare la correlazione degli elaborati è stata adottata per le unità principali la stessa nomenclatura stratigrafica del Foglio Dego.

L'area di interesse posta in prossimità del dominio strutturale alpino si localizza al margine SE del BTP. Coerentemente all'evoluzione tardo-miocenica e quaternaria del settore, il substrato locale risulta interamente costituito dalla porzione basale della successione del BTP e, nello specifico, dalla Formazione di Rocchetta-Monesiglio (RTM). Questa nuova denominazione, introdotta da Gelati & Gnaccolini (1998) in sostituzione dei precedenti termini Formazione di Rocchetta e Formazione

di Monesiglio (Gelati, 1968) utilizzate nel F. 81 – Ceva (Serv. Geol. d'It.,1969), è stata adottata nel nuovo Foglio 211- Dego. Durante recenti rilevamenti si è constatato che le due formazioni citate non sono separabili in modo razionale, a causa della distribuzione irregolare e discontinua dei corpi arenacei intercalati alle peliti, il cui termine stratigraficamente inferiore era stato considerato un tempo come indicatore per separare la Formazione di Rocchetta dalla soprastante Formazione di Monesiglio.

Le coperture quaternarie costituiscono areali discontinui localizzati in corrispondenza delle incisioni relative alle aste del reticolo secondario e lungo alcuni tratti dei versanti. I sedimenti rilevati sono riferibili a fenomeni effimeri di scorrimento incanalato delle acque di superficie lungo il reticolo locale (depositi torrentizi e di conoide detritico-alluvionale) e alla sedimentazione ad opera della gravità e delle acque di ruscellamento (depositi detritico-colluviali e di frana). Gli affioramenti delle coperture sono sempre limitati e gli spessori non superano generalmente i 4 – 5 m.
Nell'insieme la successione individuata comprende, procedendo dal basso (unità più antica) verso l'alto i termini seguenti:

Substrato locale

RTM Unità marnoso-arenacea

- litofacies 1 – Marne argillose
- litofacies 2 – Marne con rare intercalazioni arenacee
- litofacies 3 – Arenarie con intercalazioni argillose

RTM3 Membro delle arenarie di Chiappella

RTM4 Membro delle arenarie di Cengio

Coperture quaternarie

deposito torrentizio	to
deposito di frana	fr
deposito di versante	dt

deposito di conoide detritico alluvionale co

Il tutto come illustrato nell'allegata TAV. B02 - CARTA GEOLOGICA.

1.4. Unità del substrato

1.4.1. Formazione di Rocchetta-Monesiglio (RTM)

La Formazione di Rocchetta-Monesiglio è costituita da una “massa di fondo” prevalentemente pelitica con intercalazioni sporadiche di arenarie fini in strati di spessore centimetrico. Le peliti sono rappresentate da marne siltoso-argillose stratificate di colore grigio. Il loro modellamento dà luogo localmente a forme calanchive particolarmente sviluppate come si riscontra, procedendo verso N, lungo il versante sinistro della valle Bormida di Spigno.

La formazione è presente in un’ampia fascia disposta SO-NE dal corso del F. Bormida di Spigno sino alla valle del T. Belbo. L’età è riferita all’Oligocene inferiore – Burdigaliano. La potenza complessiva può raggiungere i 1200 m. Nell’intorno di Cairo Montenotte affiora la porzione inferiore dell’unità, con uno spessore accertato superiore ai 600 m.

Nell’area di diretto interesse progettuale, sulla base del rapporto marna/arenaria tendente ad aumentare procedendo verso l’alto della successione sono state distinte nell’ambito del presente lavoro 3 sub-unità (descritte a partire da quella inferiore):

litofacies 1 – Marne. Marne argilloso-siltose e marne argillose grigie in strati con spessore da centimetrico a decimetrico. Stratificazione non sempre ben distinta.

litofacies 2 – Marne con sporadiche intercalazioni arenacee. Marne argillose grigie in strati e banchi di spessore sino al metro, con rare intercalazioni di sottili livelli di arenaria (spessore medio = 1 dm).

litofacies 3 – Arenarie con intercalazioni marnose. Alternanza di arenarie ben cementate in strati di spessore decimetrico e marne argillose in livelli centimetrici.

La sequenza marnosa relativa alla Formazione RTM considerata nel suo complesso contiene, in diverse posizioni stratigrafiche, intercalazioni lenticolari di arenarie di spessore e continuità laterale variabile. I corpi più spessi sono stati elevati al rango di membri e sono indicati nel Foglio Dego con denominazione propria. Di specifico interesse per l'inquadramento completo dell'area in esame risultano:

Membro delle arenarie di Chiappella (RTM3)

E' costituita in prevalenza da lenti arenacee e arenaceo-conglomeratiche giustapposte, gradate o di aspetto massivo. Definito da Cazzola et alii (1981), si rileva in un'area molto limitata ad Ovest di Cairo Montenotte, nei pressi della località Chiappella. Nel corso del lavoro sono state riscontrate soltanto al margine SE del settore interessato dal rilevamento di area vasta. Qui sono rappresentate da arenarie grigie ben cementate in bancate giustapposte, gradate o di aspetto massivo, con intercalazioni di marne in livelli decimetrici. Lo spessore complessivo è di alcune decine di metri. Età: Oligocene inferiore. Nella precedente cartografia ufficiale (F. 81 – Ceva, Serv. Geol. d'It, 1969) questo corpo arenaceo, nonostante la sua posizione interposta all'interno della successione marnosa tipica della Formazione di Rocchetta, era stato attribuito erroneamente alla sottostante Formazione di Molare. Come documentato nel Foglio Dego, la Formazione di Molare non è stata mai riscontrata nell'ambito del bacino del Rio Filippa – Rio Ferrere.

Membro delle arenarie di Cengio (RTM4)

Comprende corpi lenticolari formati da strati e banchi arenacei di spessore sino a più di 1 m, con gradazione normale più o meno evidente o di aspetto massivo, talora anche con laminazione parallela. Si presentano amalgamati o alternati a sottili letti pelitici. Il termine definito da Gelati & Gnaccolini (1980) si rileva con

maggiore continuità nella valle Bormida di Millesimo verso Cengio, giungendo ad affiorare sino allo spartiacque lungo il crinale di Case Clini.

Nell'ambito del rilevamento di area vasta si rinvengono esclusivamente lungo il margine Ovest, nel tratto sommitale del versante. Qui costituiscono una sequenza di arenarie in strati e banchi di colore grigio-giallastro con spessore da decimetrico a superiore al metro, alternati a livelli marnoso-argillosi generalmente di spessore limitato. Lo spessore complessivo nell'area esaminata è di varie decine di metri. Età: Oligocene superiore.

1.5. Unità delle coperture quaternarie

1.5.1. Deposito di conoide detritico alluvionale (co)

Accumulo derivante da episodi di dinamica torrentizia a carattere impulsivo, di breve

durata, con mobilizzazione di fenomeni di trasporto detritico in massa (colate detritiche). La frazione grossolana, subordinata, comprende blocchi, ciottoli e ghiaie a composizione arenaceomarnosa. La granulometria della matrice, presente in proporzioni fortemente variabili, varia da limoso-argillosa a sabbioso-limosa. Colore d'insieme da marrone chiaro a grigio scuro in funzione della frazione prevalente. Struttura del deposito variabile da clino-stratificata a caotica. L'accumulo più significativo occupa parte del tratto superiore dell'incisione del Rio Filippa, con spessore massimo accertato tramite sondaggio 15 m. Età: Pleistocene superiore – Olocene antico.

1.5.2. Deposito di versante (dt)

Sedimenti di origine detritico-colluviale derivanti dal rimaneggiamento e limitato trasporto ad opera della gravità e delle acque di ruscellamento superficiale dei terreni originati dalla degradazione in posto delle unità del substrato. Limi e limi argillosi inglobanti scaglie di marne alterate o, subordinatamente, di arenarie di dimensione centimetrica. Colore d'insieme da grigio chiaro a giallo-rossiccio bruno. Struttura del deposito di tipo massivo, localmente con lenti e intercalazioni a giacitura cuneiforme. Spessore generalmente compreso tra 1 ÷ 3 m, accumuli di

potenza maggiore sono presenti localmente in corrispondenza del colmamento di paleo-incisioni sepolte. Età: Pleistocene superiore – Olocene.

1.5.3 Deposito di frana (fr)

Accumulo derivante dall'attivazione di movimenti prevalentemente di tipo superficiale coinvolgenti le coperture e l'orizzonte alterato del substrato in posto. Limi argillosi inglobanti clasti e scaglie eterometriche composte prevalentemente da litotipi marnoso-argillosi a vario grado di alterazione. Negli accumuli relativi alle piccole frane mobilizzatesi nel settore superiore del rilievo (crinale Case Clini – Nadina), a questi termini si associano ciottoli e blocchi di arenaria provenienti dagli affioramenti dei membri arenacei della Formazione di Rocchetta-Monesiglio (vedi unità substrato). Deposito a struttura caotica. Lo spessore, generalmente compreso tra 2 ÷ 5 m, raggiunge negli accumuli maggiori la decina di metri. Età: Pleistocene superiore – attuale.

1.5.4. Deposito torrentizio (to)

Sedimenti relativi alla dinamica evolutiva attuale delle aste di fondovalle del reticolo locale, costituito principalmente da linee di drenaggio con limitato sviluppo, portate idriche modeste e deflussi idrici con regime temporaneo. Limi e limi argillosi inglobanti scaglie di marna alterata e clasti di arenaria poco elaborati con dimensioni sino a decimetriche. Localmente sottili intercalazioni di sabbie e ghiaie a composizione prevalentemente arenacea. Colore da grigio chiaro a giallo avana. Architettura deposizionale lentiforme o in corpi di limitata continuità laterale in contatto tra loro tramite superfici di tipo erosivo. Spessore 1 ÷ 5 m, nell'insieme aumentante procedendo verso la valle del F. Bormida. Età: Olocene – attuale.

1.5.5. Deposito antropico (da)

Deposito temporaneo di materiali connessi alla produzione di laterizi (argille e marne argillose poste a svernamento). Scaglie e blocchi eterometrici di marne associati a limi argillosi e limi sabbiosi inglobanti frammenti centimetrici di marne. In

alcuni settori la frazione fine costituisce l'intero accumulo. La struttura del deposito si presenta caotica con spessore plurimetrico.

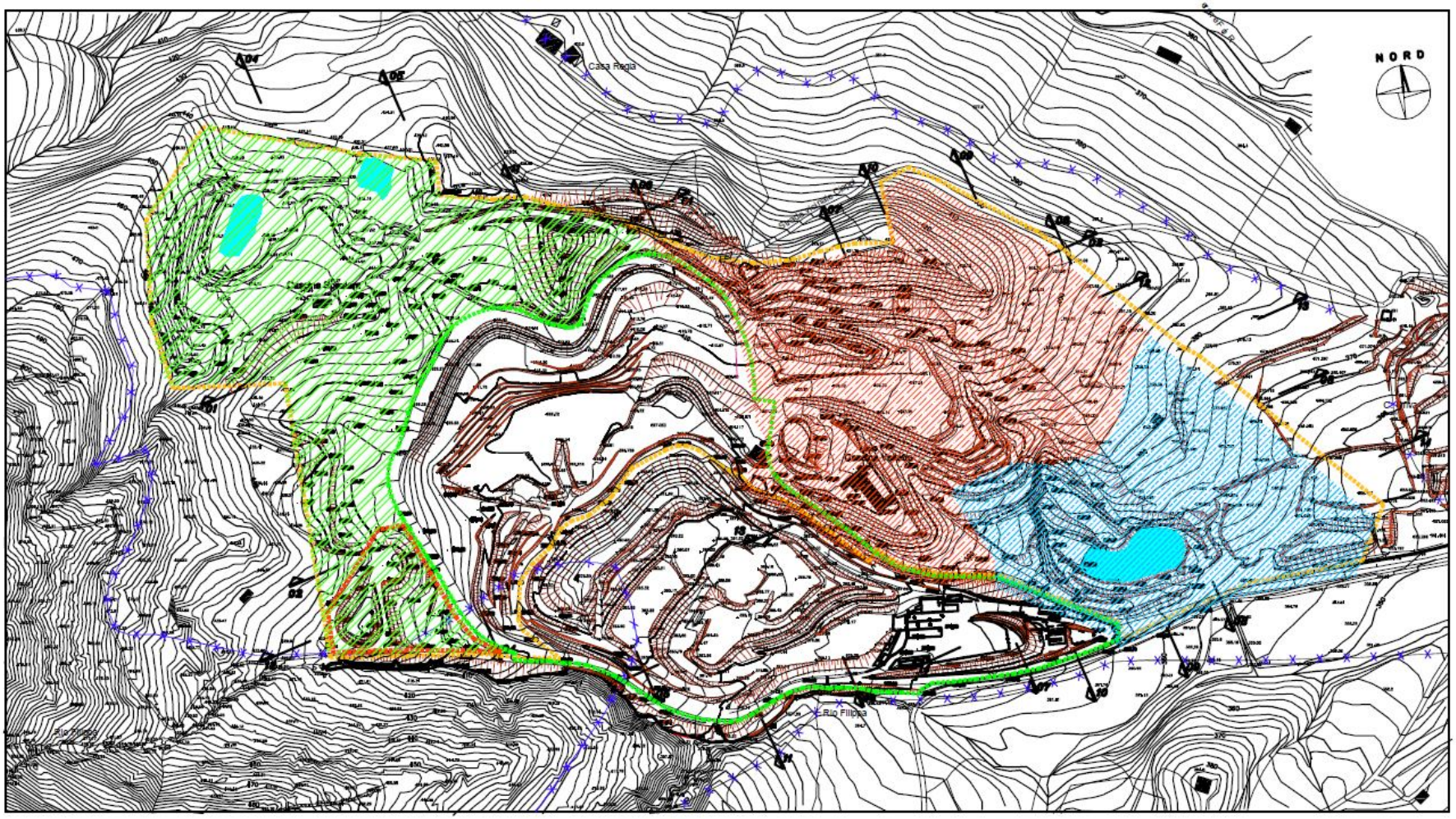
1.6. Sviluppo estrattivo del sito e programma di intervento

L'attività estrattiva presso Cava Ferrere, negli anni, si è sviluppata prevalentemente all'interno di volumi utili riconducibili alla Formazione di Rocchetta-Monesiglio, nella fattispecie interessando prevalentemente la sub unità più antica riconducibile alla *litofacies 1* composta da marne argilloso-siltose e marne argillose grigie in strati con spessore da centimetrico a decimetrico.

Sebbene apparentemente riconducibili ad una unità singola, i volumi di cui sopra, hanno sempre presentato caratteristiche mineralogiche differenti e tali da suggerire una coltivazione selettiva, settorializzata in diversi ambiti giacimentologici, al fine di produrre una miscela di argille tecnologicamente idonee al confezionamento di laterizi presso l'industria LPL S.p.A. Tale suddivisione ha portato ad individuare tre distinte aree giacimentologiche:

- *area Speziera*: localizzata nel settore Occidentale della disponibilità è caratterizzata dalla presenza diffusa di una argilla rossa ed una marna estremamente compatta; l'estensione dell'area interessa tutto il fronte attualmente sovrastante la discarica LA FILIPPA assumendo una forma di ferro di cavallo sul bacino di discarica.
- *area Vallone:* localizzata nel settore Centrale- Settentrionale della disponibilità è invece caratterizzata da una marna compatta;
- *area Griva*: localizzata nel settore Occidentale-Settenrionale della disponibilità è invece caratterizzata dalla presenza di marne ed argille intercalate da orizzonti arenacei diffusi in zona sommitale.

Il tutto come illustrato nella seguente mappatura giacimentologica generale:



CARTA GIACIMENTOLOGICA

Allo stato attuale le tre aree giacimentologiche, anche in funzione delle proprietà mineralogiche che ne hanno dettato lo sviluppo minerario passato, sono caratterizzate da uno specifico assetto, così descrivibile:

- area Speziera - ZONA SOMMITALE : localizzata in corrispondenza del limite Nord - Occidentale della disponibilità, a monte di C.na Speziera quota media pari a ca. 445,00 m slm, si contraddistingue per la presenza di due singolari specchi d'acqua ed un assetto ambientalmente recuperato, ormai in grado di mascherare perfettamente la trascorsa attività mineraria. La litostratigrafia del luogo suggerisce la diffusa presenza dell'unità marnosa *litofacies* 2 di cui alla Formazione di Rocchetta-Monesiglio, su cui su cui venne impostato l'intervento di recupero ambientale del sito, previa deposizione di terreni vegetali originari che oggi mascherano in maniera esauriente il substrato. Lateralmente le scarpate di scavo presentano ancora una latente nudità, spesso occultata da vegetazione diffusa, su cui è possibile distinguere la successione sommitale tra le sub unità *litofacies 1 e 2*, sempre riconducibili alla unità del substrato *Formazione di Rocchetta-Monesiglio.*

Presso tale area non si prevedono ulteriori interventi, risultando di fatto una superficie recuperata è già reinserita nel contesto geomorfologico territoriale contiguo.

- area Speziera - ZONA BASALE : localizzata tra la zona sommitale e l'attuale limite del bacino di discarica LA FILIPPA, ovvero a valle di C.na Speziera a quota media pari a ca. 430,00 m slm, si contraddistingue per un assetto prevalentemente intonso ed originario, in quanto il parziale sviluppo delle attività estrattive non ha indotto l'interessamento di tale porzione. Fa eccezione la fascia perimetrale alla pista di servizio superiore della discarica presso cui l'impostazione della suddetta viabilità ha indotto una incisione localizzata della topografia originaria.

L'area intonsa presenta un assetto litostratigrafico caratterizzato dalla diffusa presenza di coperture di deposito di versante (dt) ovvero sedimenti di origine

detritico-colluviale derivanti dal rimaneggiamento e limitato trasporto ad opera della gravità e delle acque di ruscellamento dei terreni originati dalla degradazione del sub strato. Localmente presso le scarpate incise artificiali e naturali affiorano i litotipi del sub strato (litofacies 1) anche localmente alterati.

Presso tale area non si prevedono ulteriori interventi, fatto salvo locali modellature atte all'inserimento morfologico delle fasce perimetrali contigue alla discarica ed il raccordo con il relativo assetto post- coltivazione.

- area Vallone : localizzata ad Est di C.na Vallone presenta una tipica conformazione caratterizzata dalla presenza di due nasi morfologici con asse NO-SE. Il primo ha origine naturale ed è posto a quota 400,00 m slm e su di esso sorge la C.na Vallone.

Il secondo ha origine artificiale, deriva dall'accumulo di argille in svernamento, ed è localizzato a partire da quota inferiore 380,00 m slm circa sino a raggiungere la testa del versante posta quota 410,00 m slm circa. Tale deposito antropico (da) risulta poggiare sulla ex superficie di scavo minerario rilevata alla data del 2006 e funge da raccordo con la topografia circostante. A monte del deposito si evidenziano invece le pareti gradonate ed ambientalmente recuperate di cui trascorse attività minerarie. Presso tale area risultano diffusi gli affioramenti del substrato riconducibile alla Formazione di Rocchetta - Monesiglio con prevalenza della sub unità *litofacies 1* ovvero locali zone coperte da deposito di versante (dt) con prevalenza del deposito antropico (da) di minerali argillo-marnosi a scaglie e blocchi eterometrici. La struttura del deposito si presenta caotica con spessore plurimetrico, tuttavia una idonea regimazione idraulica ed una consona sistemazione morfologica evidenzia sostanziali condizioni di stabilità.

Tale area sarà interessata da attività di sistemazione morfologica con azioni di scavo - riporto ed ulteriori abbancamenti di materiali da scavo, al fine di raggiungere una conformazione topografica che ne consenta un corretto

inserimento nel contesto territoriale circostante ed attività di recupero correlabili alla presenza di rustici esistenti (vedi C.na Vallone).

- area Griva : localizzata presso la zona Orientale della disponibilità, è caratterizzata dalla presenza valliva di un bacino artificiale di raccolta e rilancio dei flussi idraulici di apporto zenitale e competenti al bacino idraulico del versante di cava che immerge verso SO. La zona presenta una diffusa esposizione del substrato riconducibile alla Formazione di Rocchetta - Monesiglio con prevalenza della sub unità *litofacies 1 ovvero* locali zone coperte da deposito antropico (da).

Tale area sarà interessata da attività di sistemazione morfologica con azioni di scavo - riporto ed ulteriori abbancamenti di materiali da scavo, al fine di raggiungere una conformazione topografica che ne consenta un corretto inserimento nel contesto territoriale circostante.

2.0. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

2.1. Conoscenze pregresse

Facendo riferimento alle conoscenze geotecniche estrapolabili dalle precedenti documentazioni progettuali di cui alla RELAZIONE GEOMINERARIA E GEOTECNICA allegata all'istanza di autorizzazione alle attività estrattive presentata in ottobre 2006, emerge sulla base della interpretazione di prove S.P.T. effettuate in sondaggi (SI5 ed SI9) condotti dalla ditta SO.RI.GE nel periodo luglio-agosto 2006, la seguente caratterizzazione :

Coperture detritiche

PROPRIETA' GEOTECNICHE

peso di volume naturale	γ_n =	19 kN/m^3
resistenza a taglio	c =	5 kPa
angolo di attrito efficacie	ϕ' =	25°

Limo argilloso (alterazione del substrato)

PROPRIETA' GEOTECNICHE

peso di volume naturale	γ_n =	19 kN/m^3
resistenza a taglio	c =	0.5 kg/cm^2
angolo di attrito efficacie	ϕ' =	23°

Substrato marnoso in posto

PROPRIETA' GEOTECNICHE

peso di volume naturale	γ_n =	20-22 kN/m^3
resistenza a taglio	c =	3 kg/cm^2
angolo di attrito efficacie	ϕ' =	35°

2.2. Conoscenze recenti

Ulteriori campagne d'indagine (2001-2010) condotte sia in via propedeutica allo sviluppo del cantiere estrattivo, sia allo sviluppo dei progetti della discarica LA FILIPPA, permettono oggi di affinare le conoscenze geotecniche relative ai litotipi oggetto di analisi e quindi aggiornare ulteriormente il quadro conoscitivo.

La nuova caratterizzazione deriva dall'analisi dei risultati delle seguenti campagne:

Anno	Descrizione attività	Ditta esecutrice
2000	Campagna geognostica per la progettazione dell'impianto di discarica attuale	Termoeuganea srl
2000	Prove geotecniche di laboratorio	Servizi Geotecnici Liguri srl
2000	Prospezione sismica a rifrazione	S.G.G. snc
2001	Campagna geognostica integrativa per la progettazione dell'impianto attuale	Terra srl
2005	Installazione strumentazione monitoraggio piezometrico	Ligure Piemontese Laterizi spa
2005	Indagini geognostiche integrative	Borghi Drill srl
2006	Indagini geognostiche e installazione strumentazione di monitoraggio a seguito richiesta integrazioni conoscitive Provincia di Savona del 2005.	SO.RI.GE. srl
2010	Indagini esplorative per l'attività di cava. Prima fase.	Ligure Piemontese Laterizi spa
2010	Indagini esplorative per l'attività di cava. Seconda fase.	Ligure Piemontese Laterizi spa
2010	Indagini geofisiche per la caratterizzazione del sottosuolo e la classificazione sismica dei terreni	Techgea sas
2010	Campagna indagini geognostiche e installazione strumentazione di monitoraggio per il Progetto di completamento dell'impianto	SO.RI.GE. srl

Si evidenzia che la massima densità delle indagini è localizzata nella zona di potenziale sviluppo della attività estrattiva (vedi campagne 2010) ovvero nella zona di potenziamento dell'impianto di discarica LA FILIPPA.
Per quanto concerne la rappresentatività dei medesimi parametri relativamente alle altre aree di cava, si ritiene tuttavia che l'assetto litostratigrafico diffuso permetta una interpolazione delle conoscenze anche in zone contigue a quelle specificamente investigate. Inoltre risultano fondamentali i rilievi planoaltimetrici condotti durante le attività minerarie nel substrato in quanto le sezioni di coltivazione ed i relativi profili permettono oggi la restituzione di profili geotecnici che verranno modellati per le verifiche di stabilità dei volumi di riporto.

Nella fattispecie nella seguente planimetria e legenda vengono riportati i punti in cui sono state condotte le indagini delle campagne 2001-2010:

1 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

1.1 - Campagna geognostica 2010 (SO.RI.GE. srl)

SA.. Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato con piezometro a tubo aperto (diam. 4").

SA.. Sondaggio geotecnico a carotaggio continuo con installazione di tubo inclinometrico.

1.2 - Indagini relative all'attività di cava 2010 (LPL srl)

SD2 Sondaggio a distruzione di nucleo.

1.3 - Campagna geognostica 2006 (SO.RI.GE. srl)

SI1+SI4 Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con piezometro a tubo aperto (diam. 4").

SI5, SI9, SI10 Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con piezometro a tubo aperto (diam. 2").

SI6 Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato.

SI7+SI8 Sondaggio geotecnico a carotaggio continuo con installazione di tubo inclinometrico.

SI7bis SI8bis Sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato con piezometro a tubo aperto (diam. 2").

1.4 - Campagna geognostica 2005 (BORGHI DRILL srl)

PZ7, S101 Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con piezometro a tubo aperto (diam. 2").

PZ.. Sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato con piezometro a tubo aperto (diam. 6").

1.5 - Campagna geognostica 2000 - 01 (S.G.G. srl)

S.. Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con piezometro a tubo aperto (diam. 2").

2 - INDAGINI GEOFISICHE

2.1 - Campagna Techgea 2010

MASW 3 Stendimento linea MASW, con indicazione del profilo (punto intermedio) per la misura delle Vs30.

SIS Stendimento linea SIS - sismica a rifrazione.

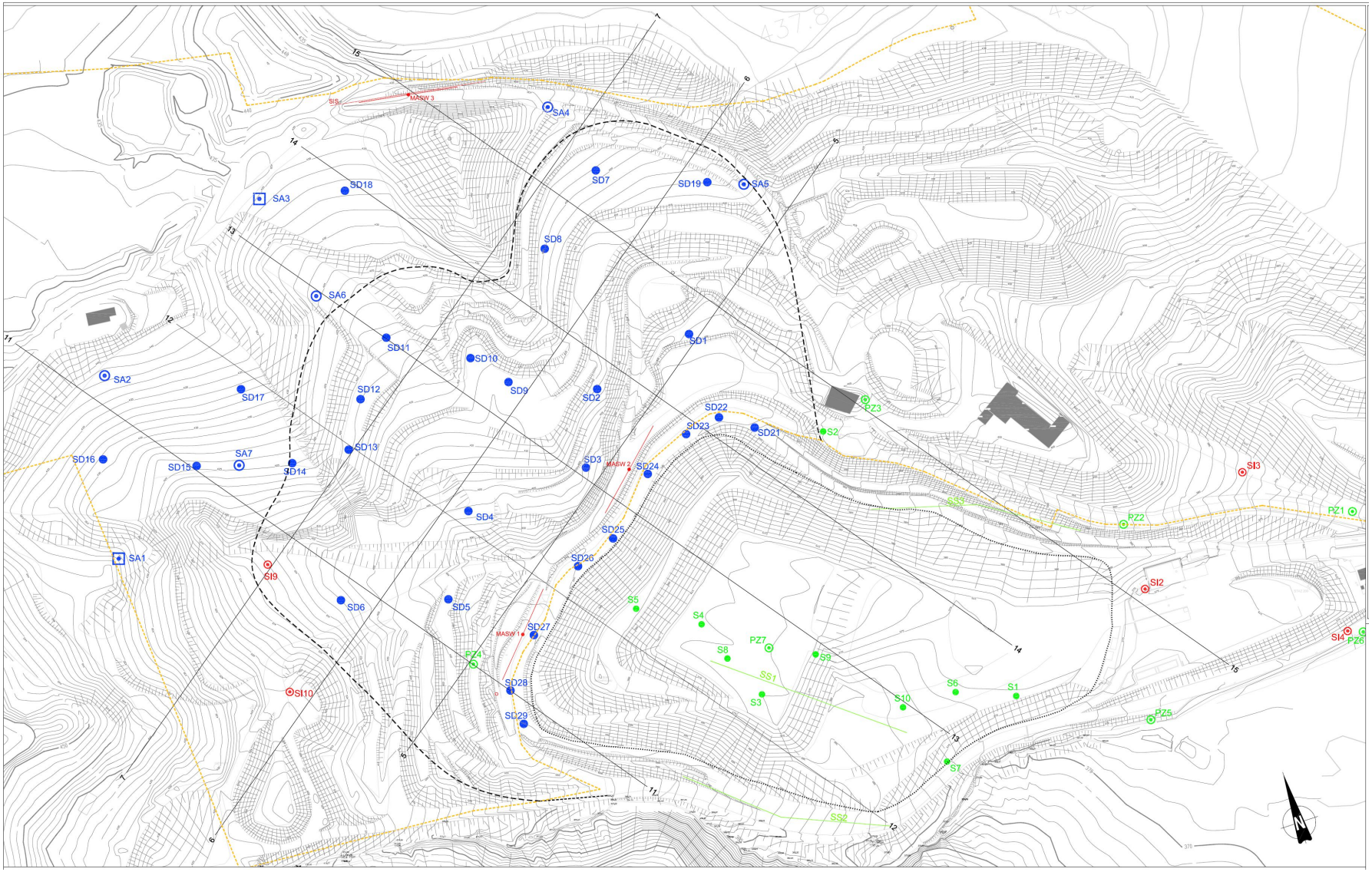
2.2 - Campagna SGG 2000

SS. Stendimento sismica a rifrazione.

Limite area di coltivazione per attività di cava autorizzata.

Limite area impianto attuale.

Limite area di completamento dell'impianto di discarica.


SA1
SA2
SA3
SA4
SA5
SA6
SA7
SD1
SD2
SD3
SD4
SD5
SD6
SD7
SD8
SD9
SD10
SD11
SD12
SD13
SD14
SD15
SD16
SD17
SD18
SD19
SD21
SD22
SD23
SD24
SD25
SD26
SD27
SD28
SD29
SI1
SI2
SI3
SI4
SI9
SI10
PZ1
PZ2
PZ3
PZ4
PZ5
PZ6
PZ7
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
S10
SS1
SS2
MASW 1
MASW 2
MASW 3

Ne deriva il seguente nuovo quadro conoscitivo.

2.2.1. Coperture detritiche

Le coperture comprendono i depositi detritico colluviali di versante (unità dt in Carta geologica) originati dal rimaneggiamento e limitato trasporto dei prodotti di alterazione del substrato marnoso.

Limi e limi argillosi, localmente debolmente sabbiosi, inglobanti scaglie con dimensione centimetrica di marne alterate o, subordinatamente, di arenarie. La struttura del deposito è generalmente di tipo massivo, negli accumuli maggiori si rileva localmente un'organizzazione in lenti con diversa granulometria o livelli con assetto cuneiforme disposti con inclinazione d'insieme analoga al pendio.

Terreno con comportamento di tipo coesivo, improntato dalla frazione fine. Stato del deposito da poco a moderatamente consistente. La permeabilità, di tipo primario per porosità, è caratterizzata da valori relativi medi.

La distribuzione in affioramento delle coperture risulta fortemente improntata dalle precedenti attività di cava che hanno comportato l'asportazione o il rimodellamento di gran parte di questi terreni. Allo stato attuale dei luoghi, i depositi di maggiore estensione ma con spessori non elevati si rinvengono al margine ovest dell'area di completamento, sui pendii intonsi alla base di Cascina Speziere. Altri lembi residui, di più limitata estensione, sono presenti nella parte settentrionale dell'area di progetto e, al di fuori di questa, nell'intorno di Cascina Vallone.

Lo spessore è generalmente compreso tra 1 ÷ 3 m, con accumuli di potenza maggiore, sino a 5 ÷ 7 m in corrispondenza del colmamento di paleo-incisioni sepolte.

Con riferimento specifico all'intervento di chiusura di cava Ferrere, i terreni delle coperture verranno mantenuti intatti, in quanto sede di rinverdimenti naturali e localizzati presso zone intonse/recuperate su cui non si prevede alcuna modificazione.

I terreni delle coperture verranno modellati sulle sezioni geotecniche oggetto di verifica assumendo spessori caratteristici e proprietà riconducibili alla valutazioni di correlazione sperimentale dei dati disponibili.

I parametri ottenuti sulla base della valutazione complessiva della natura e composizione dei terreni, del complesso delle indagini in sito e delle prove di laboratorio eseguite nel comprensorio con le diverse Campagne d'indagine (2001-2006) per i terreni di copertura sono i seguenti:

Peso di volume naturale	**γ_n = 18,5 kN/m³**
Angolo di attrito	**ϕ' = 24,0°**
Coesione	**c' = 0 kPa**
Coefficiente di permeabilità	**k = 10^{-5} ÷ 10^{-6} m/s**

2.2.2. Orizzonte di alterazione del substrato marnoso

Orizzonte di alterazione che caratterizza la parte più superficiale del substrato in posto costituito dalla Formazione di Rocchetta-Monesiglio.

Marne siltose e marne siltoso-argillose, con sporadiche intercalazioni di livelli arenacei con spessore centimetrico. Lo stato di fratturazione è variabile, ordinariamente, da medio ad elevato.

La roccia nel complesso si presenta più o meno profondamente alterata e ossidata, con colore variabile dal grigio chiaro al marrone bruno. La consistenza risulta minore, anche sensibilmente, rispetto alla roccia integra sottostante. L'ammasso fratturato e detensionato risulta localmente separabile in frammenti e blocchi con geometria a scaglie.

La permeabilità è di tipo secondario per fratturazione, con limitata circolazione di tipo puntuale in corrispondenza delle zone maggiormente fessurate. L'ammasso nel complesso presenta valori relativi da medi a bassi.

L'orizzonte di alterazione della sequenza marnosa sottostante, in origine diffuso con continuità nell'intero areale indagato, si rinviene attualmente con i caratteri originari lungo alcuni tratti tra Cascina Vallone e Cascina Speziere. Gli spessori rilevati nelle sezioni di scavo o riscontrati in sondaggio sono generalmente compresi in 1,0 ÷ 3,0 m.

Con riferimento specifico all'intervento di chiusura di cava Ferrere, l'orizzonte di alterazione del substrato marnoso non verrà interessato da interventi sistematori. Va da sè che verranno modellati sulle sezioni geotecniche, oggetto di verifica, assumendo spessori caratteristici e proprietà riconducibili alla valutazioni di correlazione sperimentale dei dati disponibili.

I parametri ottenuti sulla base della valutazione complessiva della natura e composizione dei terreni, del complesso delle indagini in sito e delle prove di laboratorio eseguite nel comprensorio con le diverse Campagne d'indagine (2001-2006) per l'orizzonte di alterazione sono i seguenti:

Peso di volume naturale	**γ_n = 22,0 kN/m³**
Angolo di attrito	**ϕ' = 20,0°**
Coesione	**c' = 30 kPa**
Coefficiente di permeabilità	**k = 10^{-5} ÷ 10^{-6} m/s**

2.2.3. Substrato marnono in posto (marne argillose)

Sequenza marnoso-siltoso-argillosa corrispondente alle litofacies 1 e 2 della Formazione di Rocchetta-Monesiglio (RTM nella Carta geologica).

Marne, marne argillose e marne siltoso-argilose, con sporadiche intercalazioni di livelli arenacei o calcarenitici con spessore centimetrico. La roccia si presenta compatta, con elevata consistenza. Il comportamento dell'ammasso è di tipo lapideo, riferibile alle rocce tenere. I valori di resistenza alla compressione, controllati dal tenore in carbonati, risultano generalmente medio-alti.

La stratificazione, non sempre ben distinguibile, presenta una giacitura generale a monoclinale immergente verso N – NNO con inclinazioni limitate (7-15°). La roccia in posto si presenta compatta o con discontinuità a basso angolo (5 ÷ 20°) generalmente serrate, corrispondenti a lamine o giunti di stratificazione, prive di alterazione e di tracce di circolazione idrica. Discontinuità a medio e alto angolo (35 ÷ 60°) sono state rinvenute solo sporadicamente in alcuni sondaggi, con l'aspetto di fratture antiche chiuse, serrate e non ossidate.

La permeabilità è di tipo secondario per fessurazione, con circolazione di tipo estremamente tipo puntuale localizzata in corrispondenza di livelli siltoso-arenacei fessurati con spessore centimetrico. L'ammasso nel complesso assume valori relativi da molto bassi a bassissimi.

Con riferimento specifico all'intervento di chiusura di cava Ferrere, il substrato marnoso non verrà interessato da interventi sistematori. Va da sè che verrà modellato sulle sezioni geotecniche, oggetto di verifica, assumendo geometrie caratteristiche e proprietà riconducibili alla valutazioni di correlazione sperimentale dei dati disponibili.
I parametri ottenuti sulla base della valutazione complessiva della natura e composizione dei terreni, del complesso delle indagini in sito e delle prove di laboratorio eseguite nel comprensorio con le diverse Campagne d'indagine (2001-2006) per il substrato sono i seguenti:

Peso di volume naturale	**γ_n = 24,8 kN/m³**
Angolo di attrito	**ϕ' = 25,0°**
Coesione	**c' = 150 kPa**
Coefficiente di permeabilità	**k = 10^{-8} ÷ 10^{-9} m/s**

2.2.4. Depositi antropici

Depositi temporanei ed accumuli di riporto di materiali derivanti dall'attività di cava (argille e marne argillose in fase di svernamento) composti da scaglie e blocchi eterometrici di marne associati a limi argillosi e limi sabbiosi inglobanti frammenti centimetrici di marne. La struttura risulta caotica in quanto i depositi derivano da successivi abbancamenti e costipamenti di materiali naturali.
Cautelativamente tali materiali vengono considerati sotto il profilo geotecnico equivalenti agli orizzonti di copertura detritici, caratterizzati da sole proprietà attritive ed ipotizzando capacità coesive nulle.

Peso di volume naturale	**γ_n = 19 kN/m³**
Angolo di attrito	**ϕ' = 25,0°**

Coesione **c' = 0 kPa**

2.3. Parametri geotecnici caratteristici

Dal confronto tra la caratterizzazione originaria (2006) ed i successivi affinamenti propedeutici allo sviluppo del cantiere estrattivo e della discarica LA FILIPPA emerge una sostanziale convergenza dei risultati verso valori medi statistici da cui sarà possibile estrapolare i valori caratteristici, quindi di progetto secondo i disposti di cui alle NTC 2008. Sulla base di tutto quanto sopra descritto risulta un quadro conoscitivo generale dei parametri geotecnici caratteristici riassunto nel seguente prospetto:

COPERTURE DETRITICHE e RIPORTI ANTROPICI

Peso di volume naturale	γ_n = 18,5 kN/m³
Angolo di attrito	ϕ' = 25,0°
Coesione	c' = 0 kPa

STRATO DI ALTERAZIONE

Peso di volume naturale	γ_n = 22,0 kN/m³
Angolo di attrito	ϕ' = 20,0°
Coesione	c' = 30 kPa

SUBSTRATO MARNOSO

Peso di volume naturale	γ_n = 24,8 kN/m³
Angolo di attrito	ϕ' = 25,0°
Coesione	c' = 150 kPa
Coefficiente di permeabilità	k = $10^{-8} \div 10^{-9}$ m/s

3.0. VERIFICHE DI STABILITA'

3.1. Ipotesi di calcolo

La valutazione di stabilità di un pendio artificiale (o naturale) comporta la necessità di verificare l'assenza di superfici di potenziale scorrimento su cui le forze di taglio stabilizzanti sono inferiori alle forze mobilizzatici. Pertanto la stabilità è legata essenzialmente ai parametri di resistenza a taglio.

L'analisi che segue considererà solamente le condizioni presenti all'istante di temuta rottura e risulta indipendente da ogni processo deformativo che precede tale fase. Inoltre non verrà considerata, vista l'assenza di un legame costitutivo migliore, la condizione di latente instabilità, né le condizioni di eventuali post – rotture. Più semplicemente si ipotizza che lo scivolamento avvenga lungo una superficie di geometria nota (cilindrica a direttrice circolare), si assumono condizioni di deformazione piana, la resistenza al taglio lungo la superficie di scivolamento è confrontata con il valore necessario a garantire l'equilibrio.

Pertanto, il risultato finale dell'analisi sarà il fattore di sicurezza Fs inteso come il coefficiente per il quale può essere divisa la resistenza a taglio per garantire al pendio le condizioni di equilibrio limite ed assunto costante lungo l'intera superficie di scivolamento.

La stratigrafia discretizzata deriva dalle opportune analisi effettuate in funzione delle indagini geognostiche e conoscitive già descritte nel precedente della relazione.

Sono state applicate le seguenti ipotesi:

- materiale continuo, isotropo, lineare ed elastico;
- livello statico di falda assunto in funzione delle considerazioni idrogeologiche del sito;
- assenza momenti ribaltanti;
- superfici di scivolamento cilindriche passanti per il piede della scarpata di scavo e/o ritombamento;
- effetto di azioni sismiche.

3.2. Normativa di riferimento

L'analisi di stabilità viene ricondotta allo studio dei fronti di scavo, così come previsto al Cap.6.8.6 delle Norme tecniche per le costruzioni 2008 precisando che per gli aspetti non trattati nelle NTC, in tema di coltivazioni minerarie, ci si riferirà alla specifica normativa, ovvero alle regole di buona tecnica.

Ai sensi della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 le verifiche di sicurezza per fronti di scavo si intendono soddisfatte se la condizione (6.2.1) delle NTC risulta soddisfatta per tutti i possibili cinematismi di collasso.

Ovvero, per ogni stato limite ultimo (SLU) la verifica di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" e deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

dove Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E\left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d\right]$$

ovvero

$$E_d = \gamma_E \cdot E\left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d\right],$$

con $\gamma E = \gamma F$, e dove Rd è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R\left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d\right].$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto γF, Fk, dei parametri di progetto Xk/□M e della geometria di progetto ad. L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come Ed=Ek·γE. Nella formulazione della resistenza Rd, compare esplicitamente un coefficiente γ R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione può essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).
Tuttavia, per le verifiche che seguiranno verrà adottata la combinazione dei coefficienti parziali di cui al § 6.8.2 delle NTC: approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2), tipicamente impiegata per le verifiche agli stati ultimi di tipo geotecnico (GEO), in quanto maggiormente severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Si precisa che al peso dell'unità di volume della massa potenzialmente instabile verrà applicato il coefficiente A2 riportato nella colonna GEO della Tabella 2.6.I delle NTC (γG1 = 1.0).

I valori dei coefficienti correttivi di cui alla combinazione A2+M2+R2 sono quindi estrapolabili dalle seguenti tabelle:

Tabella 6.2.I – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.*

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	**(A1)** STR	**(A2)** GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	**(M1)**	**(M2)**
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.8.I – *Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.*

Coefficiente	**R2**
γ_R	1.1

3.3. Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità di base " del sito in esame, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento dell'azione sismica VR, espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valorre prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR".

La pericolosità sismica è definita in termini di :

- accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferiemtno a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento orizzontale:

-ag accelerazione orizzontale massima al sito;

- F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale, per un periodo di Ritorno determinato.

La stima di tali parametri caratteristici del sito in esame può avvenire attraverso l'interpolazione locale dei dati relativi ad una griglia nazionale di 10751 punti, per cui viene fornita la terna dei valori anzidetti per nove distinti periodi di ritorno TR.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite (sia SLU che SLE) sono individuati riferendosi alle prestazioni dell'opera del suo complesso e le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR a cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli SL considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I delle NTC:

Tabella 3.2.I – *Probabilità di superamento* P_{V_R} *al variare dello stato limite considerato*

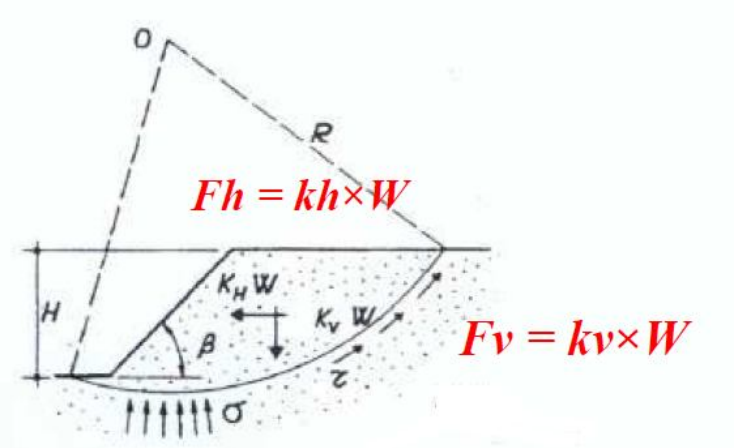
Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Premesso che per i sistemi geotecnici, riferibili alla stabilità di un fronte di cava,i riferimenti normativi indicano la necessità di procedere alle verifiche agli SL pertitenti si procederà quindi alla verifica di cui allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) come indicato nella Tab. C.7.1.I.

Tabella C7.1.I - Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso.

SL	Descrizione della prestazione	Riferimento Norme	Classe d'uso			
			I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2			x	x
	Funzionalità degli impianti	§ 7.3.7.3			x	x
SLD	Resistenza degli elementi strutturali	§ 7.3.7.1			x	x
	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2	x	x		
	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
SLV	Assenza di martellamento tra strutture contigue	§ 7.2.2	x	x	x	x
	Resistenza delle strutture	§ 7.3.6.1	x	x	x	x
	Duttilità delle strutture	§ 7.3.6.2	x	x	x	x
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Stabilità del sito	§ 7.11.3	x	x	x	x
	Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati	§ 7.11.4	x	x	x	x
	Resistenza del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Stabilità dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
	Stabilità delle paratie	§ 7.11.6.3.2	x	x	x	x
	Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi	§ 7.11.6.4.2	x	x	x	x
SLC	Resistenza dei dispositivi di vincolo temporaneo tra costruzioni isolate	§ 7.2.1	x	x	x	x
	Capacità di spostamento degli isolatori	§ 7.10.6.2.2	x	x	x	x

Ai fini delle verifiche in condizioni sismiche (dinamiche) l'applicazione del Metodo pseudo-statico consiste nell'applicare in posizione baricentrica ad ogni concio una forza orizzontale e verticale, proporzionale al peso del concio stesso secondo il seguente schema:



Nei metodi pseudostatici l'azione sismica e rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo,proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacita di talevolume di subire spostamenti senza significative riduzioni resistenza di.

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti Ko e Kv in dipendenza di vari fattori:

$$K_0 = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_0$$

dove:

- βs rappresenta il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

Tabella 7.11.I – *Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.*

	Categoria di sottosuolo	
	A	**B, C, D, E**
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

- amax rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g rappresenta accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifica delle risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

amax = SS ST ag

dove:

- SS (effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90 ≤Ss≤ 1.80; è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

Tabella 3.2.V – *Espressioni di* S_S *e di* C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80 \cdot$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

- ST (effetto di amplificazione topografica).
-ag accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

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

Tabella 3.2.VI – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Le azioni sismiche sull'opera oggetto di analisi vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava per ciascun tipo di opera moltiplicandone la vita nominale VN (numero di anni nel quale l'opera-struttura, purchè soggett alla manutenzione, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata) per il coefficiente d'uso CU (parametro compreso tra 0,7 e 2,0 in funzione della classe d'uso in cui ricade l'opera in esame).

Per quanto concerne la vita nominale dell'opera è possibile riferirsi alla Tab. 2.4.I delle NTC:

Tabella 2.4.I – *Vita nominale* V_N *per diversi tipi di opere*

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva[1]	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

In funzione delle 4 classi d'uso definite al parag. 2.4.2. delle NTC è possibile quantificare il coefficiente d'uso, così come descritto nella Tab. 2.4.II delle NTC:

Tab. 2.4.II – *Valori del coefficiente d'uso* C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Incrociando i valori dettati dalle suddette parametrizzazioni è possibile giungere ad un quadro completo dei possibili valori del periodo di riferimento dell'azione sismica, ricordando che comunque il valore minimo assumibile è pari a 35 anni.

Tabella C8.1 Periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = V_N C_U$ (anni)

	Classe d'uso →	I	II	III	IV
	Coeff. C_U →	0,70	1,00	1,50	2,00
TIPI DI COSTRUZIONE	V_N	V_R			
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200

Definito il periodo di riferimento dell'azione sismica è possibile ottenere per lo stato limite esaminato e relativa proabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento il periodo di ritorno TR del sisma, come nella Tab. C.3.2.I.:

$$T_R = -V_R / \ln(1-PVR) = - C_U V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

In funzione delle PVR associate ai singoli stati limite si evince il seguente prospetto:

Tabella C.3.2.I.- Valori di T_R espressi in funzione di V_R

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	(2) 30 anni $\leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq$ 2475 anni (1)

3.4. Modello sismico del sito

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica è intesa come accelerazione massima orizzontale ag in condizioni di campo libero su suolo rigido (Vs30>800 m/s), con superficie topografica orizzontale (di categoria di sottosuolo A; NTC, ξ 3.2.2), ma è definita

anche in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, come definite nelle NTC nel periodo di riferimento VR. In alternativa è consentito l'uso di accelerogrammi, purchè congruenti con la pericolosita sismica del sito.Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). Le forme spettrali vengono definite, per ciascuna delle probabilita di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale: (ag;Fo T*C)

Come descritto nel paragrafo precedente, per tener conto dei fenomeni di amplificazione del moto sismico, il valore dell'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido (ag), viene moltiplicato per una serie di coefficienti che considerano l'effetto dell'amplifcazione stratigrafica e topografica. In generale l'amplifcazione tende a decrescere sotto la superficie del pendio, pertanto gli effetti topografici tendono a essere massimi lungo le creste di dorsali e rileivi, ma si riducono in frane con superfici di scorrimento profonde.

La quantificazione di tali coefficienti è pertanto funzionale della categoria di suolo e topografica relativa allo specifico sito analizzato e nel caso in esame si evincono le seguenti relazioni.

Stando all'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di studio e sulla base delle risultanze delle indagini sismiche condotte presso il sito si è definita la categoria di suolo di riferimento ai sensi della Tab. 3.2.II delle NTC 2008, assumendo rappresentativa la cat.A, così come evidenziato nel seguente estratto.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Trattandosi di una zona collinare l'area in esame è stata classificata con la categoria topografica T2, così come previsto dalla Tab. 3.2.III delle NTC 2008.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Infine dovendo abbinare all'opera oggetto di verifica una classe d'uso, trattandosi di un'area estrattiva a ridosso di un impianto di discarica si è scelto di abbinarla alla Classe III, così come previsto al Cap.2.4.2. delle NTC 2008.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

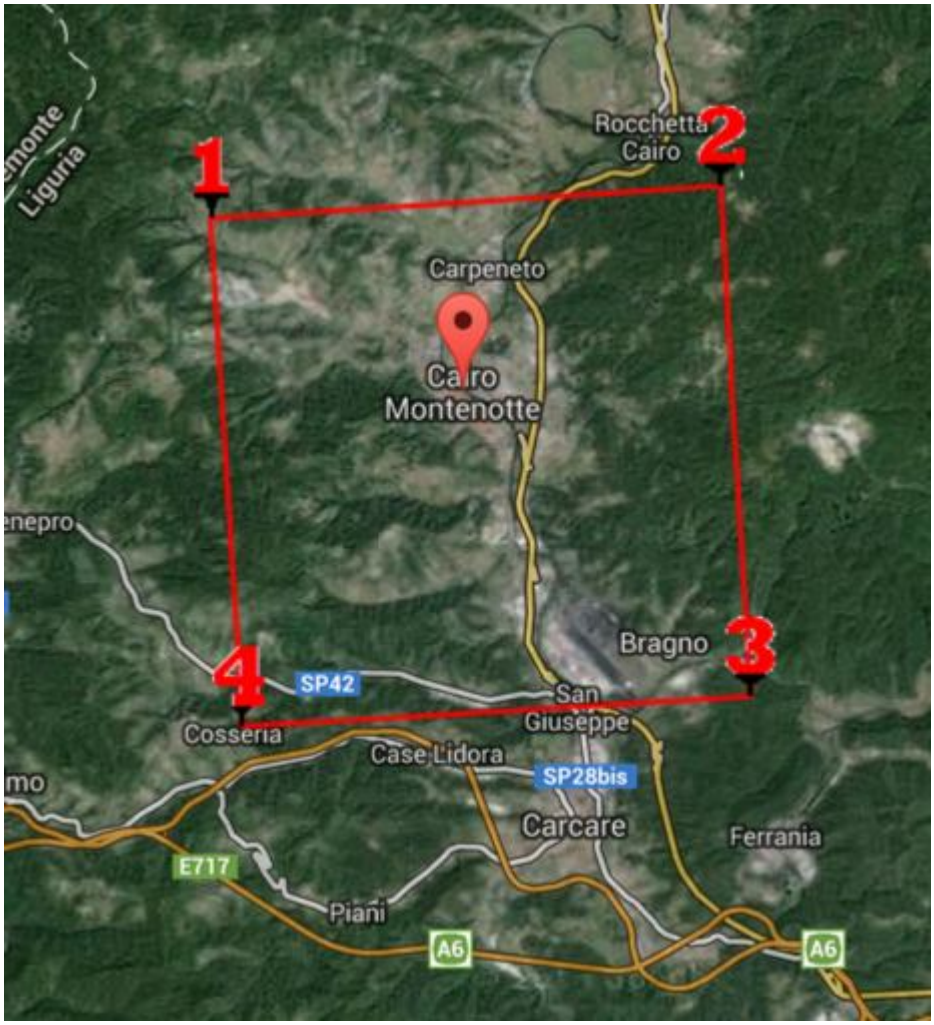
Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

I parametri sismici su sito di riferimento rigido orizzontale determinanti per il calcolo dei parametri amax, βs, K0 e Kv sono stati desunti, sulla base delle assunzioni anzidette, attraverso il confronto interpolato con i Valori di ag, Fo e T*c per i 10751 punti del reticolo di riferimento attraverso appositi software applicativi e l'inserimento delle specifiche coordinate geografiche decimali. Per la località in esame (**comune di Cairo Montenotte**) restituiscono le forme spettrali caratteristiche:



Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine:	44,401776
longitudine:	8,274306
Classe:	3
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16686	Lat: 44,4189	Lon: 8,2399	Distanza: 3329,166
Sito 2	ID: 16687	Lat: 44,4219	Lon: 8,3097	Distanza: 3592,376
Sito 3	ID: 16909	Lat: 44,3720	Lon: 8,3140	Distanza: 4569,322
Sito 4	ID: 16908	Lat: 44,3690	Lon: 8,2442	Distanza: 4364,727

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	A	
Categoria topografica:	T2	
Periodo di riferimento:	75anni	
Coefficiente cu:	1,5	

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	45	[anni]
ag:	0,023 g	
Fo:	2,560	

Tc*:		0,181	[s]
Danno (SLD):			
Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:		75	[anni]
ag:		0,029 g	
Fo:		2,564	
Tc*:		0,209	[s]
Salvaguardia della vita (SLV):			
Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:		712	[anni]
ag:		0,062 g	
Fo:		2,661	
Tc*:		0,317	[s]
Prevenzione dal collasso (SLC):			
Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:		1462	[anni]
ag:		0,076 g	
Fo:		2,737	
Tc*:		0,336	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:		
	Ss:	1,000
	Cc:	1,000
	St:	1,200
	Kh:	0,006
	Kv:	0,003
	Amax:	0,273
	Beta:	0,200
SLD:		
	Ss:	1,000
	Cc:	1,000
	St:	1,200
	Kh:	0,007
	Kv:	0,003
	Amax:	0,342
	Beta:	0,200
SLV:		
	Ss:	1,000
	Cc:	1,000
	St:	1,200
	Kh:	0,015
	Kv:	0,007
	Amax:	0,726
	Beta:	0,200
SLC:		
	Ss:	1,000
	Cc:	1,000
	St:	1,200
	Kh:	0,018
	Kv:	0,009
	Amax:	0,889
	Beta:	0,200

Coordinate WGS84
latitudine: 44.400807
longitudine: 8.273246

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50 - Geostru software

Dal valore di a_g(g) relativo al SLU (SLV) da considerarsi per le verifiche in oggetto si passa ad a_g (m/s^2) moltiplicando per g. Moltiplicando infine il valore di a_g per SS (1,0) ed St(1,2) si ottiene il valore di A_{max} = 0.72 m/s^2

3.5. Quantificazione dei parametri caratteristici (fk) e di progetto (fp)

Il valore di progetto della resistenza Rd del sistema geotecnico, intendendo come Rd l'insieme delle proprietà geotecniche/geomeccaniche rappresentative del volume e della condizione interessati dalla verifica, può essere determinato in tre modi:

1. in modo analitico con riferimento al valore caratteristico f_k dei parametri geotecnici diviso per uno specifico coefficiente parziale γ_M, e tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi al tipo di opera;

2. in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi al tipo di opera;

3. sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi al tipo di opera.

Seguirà la trattazione per definire, in funzione del criterio di cui al punto 1 sopra esposto, i valori di progetto.

Attraverso la caratterizzazione geotecnica di cui al presente elaborato è stato possibile definire e quantificare le proprietà attritive e coesive medie dei litotipi disaminati, ottenendo pertanto un inquadramento geotecnico generale così rappresentabile (valori medi statistici):

COPERTURE DETRITICHE e RIPORTI ANTROPICI

Peso di volume naturale	γ_n = 18,5 kN/m³
Angolo di attrito	ϕ' = 25,0°
Coesione	c' = 0 kPa

STRATO DI ALTERAZIONE

Peso di volume naturale	γ_n = 22,0 kN/m³
Angolo di attrito	ϕ' = 20,0°
Coesione	c' = 30 kPa

SUBSTRATO MARNOSO

Peso di volume naturale	γ_n = 24,8 kN/m³
Angolo di attrito	ϕ' = 25,0°
Coesione	c' = 150 kPa
Coefficiente di permeabilità	k = 10^{-8} ÷ 10^{-9} m/s

Da tali valori occorre estrapolare i valori caratteristici quindi di progetto.

Dalle Istruzioni CSLP sulle NTC è possibile individuare le seguenti indicazioni:

a) quando nello stato limite considerato è coinvolto **un elevato volume di terreno** (pendii con eventuali frane e fronti di scavo estesi), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti, appare giustificato considerare i **valori caratteristici circa uguali ai valori medi** (media statistica o media spaziale o media probabilitstica) dei parametri geotecnici;

b) quando nello stato limite considerato è coinvolto **un modesto volume di terreno** (fronti di scavo di modesta ampiezza) con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo appare giustificato considerare **i valori caratteristici circa uguali ai valori minimi** dei parametri geotecnici;

Secondo invece l'Euro Codice 7 è inteso per valore caratteristico, quel valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento, essendo numericamente la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

I valori caratteristici dei parametri coesivi e attritivi sono quindi determinabili con le seguenti relazioni:

$$\varphi'_k = \varphi'_m (1+X.V\varphi)$$

$$c'_k = c'_m (1+X.Vc)$$

dove:

φ'_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno;

c'_k = valore caratteristico della coesione;

φ'_m = valore medio dell'angolo di attrito;

c'm = valore medio della coesione;

Vφ = coefficiente di variazione (COV) di φ', definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di φ';

Vc = coefficiente di variazione (COV) di c', definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di c';

X = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata. L'EC 7 fissa, per i parametri di resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X pari a - 1,645.

Per i valori di COV da assumersi vedasi la seguente tabella (Simeone,2008).

Grandezza geotecnica	**Range COV**	**Valore Consigliato COV**	
		Harr (1987)	Cherubini & Orr (1999)
Peso di volume		0,03	
Coesione		0,4	
Resistenza non drenata	01,-0,9		0,55
Coesione efficace	01,-0,7		0,45
Angolo di attrito			
Argilla	0,1-0,5		0,30
Limo	0,05-0,25	0,12	0,15
Sabbia	0,05-0,15	0,07	0,10

Sulla base di quanto sopra descritto si precisa che verrà adottata l'indicazione di cui alla lett. a) delle istruzioni CSLP sulle NTC sopra indicate, assumendo quale valore caratteristico il valore minimo dell'angolo di attrito.

Infine, i valori di progetto (fd) dei parametri coesivi ed attritivi da adottare nelle calcolazioni si ottengono dividendo i valori caratteristici (fk) per un coefficiente riduttivo parziale, che nel caso dell'approccio 1 - combinazione 2 è identificato nel gruppo M2, secondo quanto indicato alla Tab. 6.2.II. delle NTC 2008.

Tabella 6.2.II – *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Si evince pertanto quanto segue :

COPERTURE DETRITICHE e RIPORTI ANTROPICI	
-peso di volume naturale	$\gamma_{n,1} = \gamma_{k,ster} = 18.5$ kN/m^3
- coesione	$c'_{d,1} = c'_k / 1,25 = 0$ kPa
-angolo d'attrito	$\varphi_{r\,d,1} = \text{arctg}(\text{tg}\,\varphi_{k,\,ster} / 1,25) = 20.5$ °
STRATO DI ALTERAZIONE	
-peso di volume naturale	$\gamma_{n,2} = \gamma_{k,ster} = 22.0$ kN/m^3
- coesione	$c'_{d,2} = c'_k / 1,25 = 24$ kPa
-angolo d'attrito	$\varphi_{p\,d,2} = \text{arctg}(\text{tg}\,\varphi_{k,\,ster} / 1,25) = 16.5°$
SUBSTRATO MARNOSO	
-peso di volume naturale	$\gamma_{n,2} = \gamma_{k,ster} = 24.8$ kN/m^3
- coesione	$c'_{d,2} = c'_k / 1,25 = 120$ kPa
-angolo d'attrito	$\varphi_{p\,d,2} = \text{arctg}(\text{tg}\,\varphi_{k,\,ster} / 1,25) = 20.5°$

Si precisa che il software impiegato per simulare le verifiche di stabilità che seguono effettua automaticamente, inseriti i valori caratteristici dei parametri geotecnici, il calcolo dei valori di progetto applicando i coefficienti riduttivi di cui alla suddetta Tab. 6.2.II.

3.6. Modello di analisi

Fatta salva l'applicazione dei coefficienti in combinazione A2-R2-M2 rispettivamente alle azioni, ai parametri geotecnici ed alle resistenze 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 (nel caso in esame si ipotizza una totale assenza di coesione per il materasso alluvionale) 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.

3.6.2. 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.). La massa interessata dallo scivolamento viene infatti 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 Ni agenti sulla base di ciascun concio;
n valori delle forze di taglio alla base del concio Ti
(n-1) forze normali Ei agenti sull'interfaccia dei conci;
(n-1) forze tangenziali Xi agenti sull'interfaccia dei conci;
n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle Ei;
(n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle Xi;
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.
La stabilità dei pendii nei confronti dell’azione sismica viene verificata con il metodo pseudostatico.

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 vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$
$$F_V = K_y W$$

Essendo:
- FH e FV rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W: peso concio

3.6.3. 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:

$\Sigma Fv = 0$, $\Sigma M,0 = 0$, 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 %.

3.7. Calcolo dei fattori di sicurezza : considerazioni generali

Obiettivo delle seguenti analisi è la determinazione dei fattori di sicurezza di stabilità dei versanti, al fine di attestare la sostenibilità delle scarpate derivanti dai lavori di chiusura di cava Ferrere.

Come ampiamente descritto nelle documentazioni progettuali, il progetto di Variante in oggetto prevede sostanzialmente due tipologie di intervento:

1) l'abbandono di superfici intonse ed originarie alla situazione ante-operam (rispetto alla attività estrattiva);

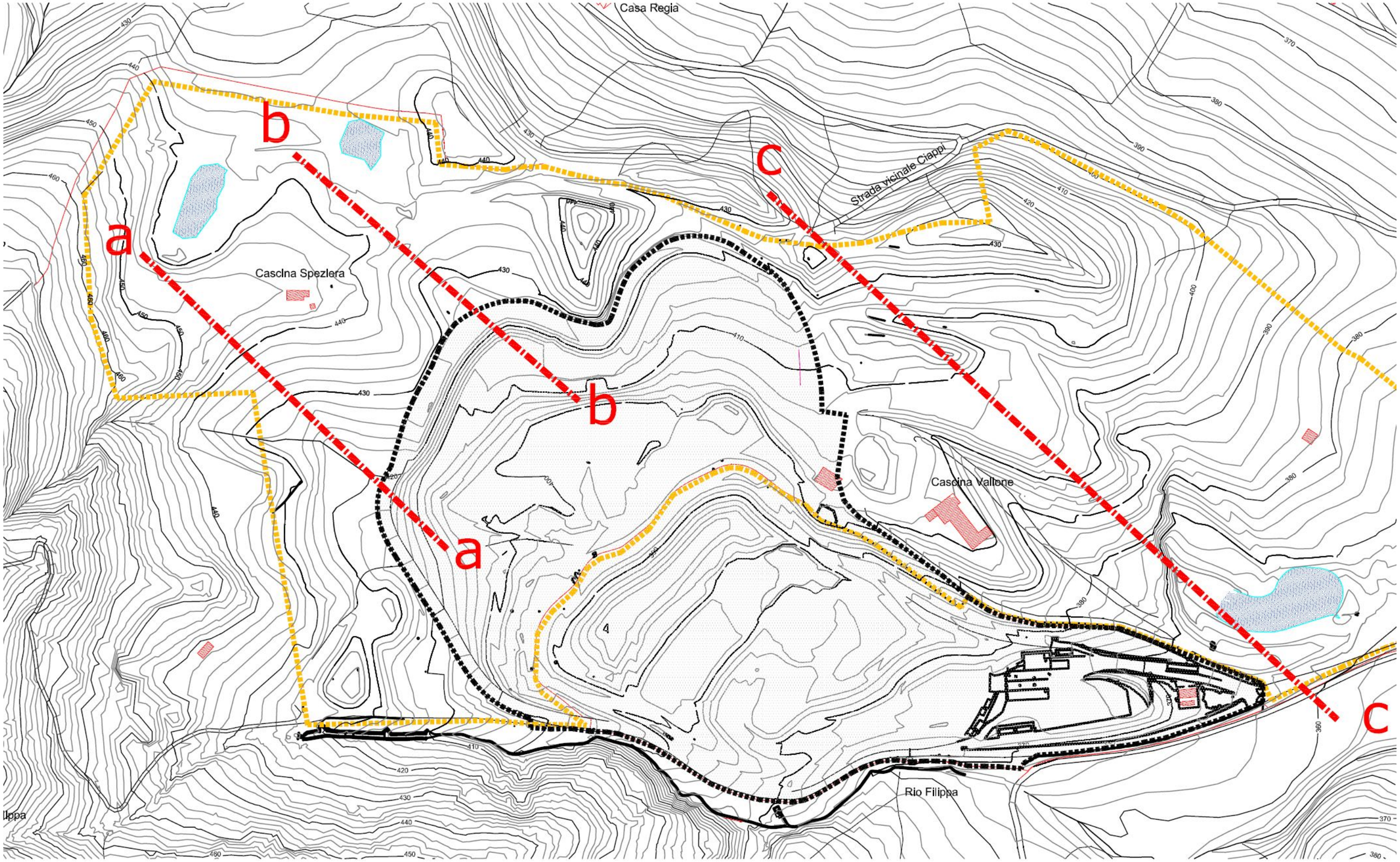
2) la profilatura di versanti mediante opere di riporto e profilatura mediante l'impiego di materiali da scavo a successive attività di recupero ambientale.

Stando alla suddetta tipologia di interventi caratteristici emerge che le attività di cui al p.to 1) e i relativi profili residui possono essere cautelativamente rappresentati e modellati mediante l'inviluppo delle sezioni a-a e b-b: le relative tracce interessano la porzione valliva di zona C.na Speziera intonsa e di raccordo con il sottostante bacino della discarica LA FILIPPA. In tale zona la stratigrafia caratteristica evidenzia la presenza di orizzonti di materiali di copertura sovrastanti al substrato marnoso previa interposizione di uno strato di alterazione del medesimo. Le due sezioni interessano anche due impluvi naturali preservati dagli scavi e che si impongono sulla vasca di discarica inferiore. In tali zone di cava non è previsto alcun intervento sistematorio finale (fatti salvi piccoli interventi di dettaglio, irrisori in termini di analisi di stabilità) in quanto tali aree risultano pressochè intonse, pertanto la modellazione che segue è rappresentativa sia dello stato attuale sia dello stato finale di chiusura di cava Ferrere.

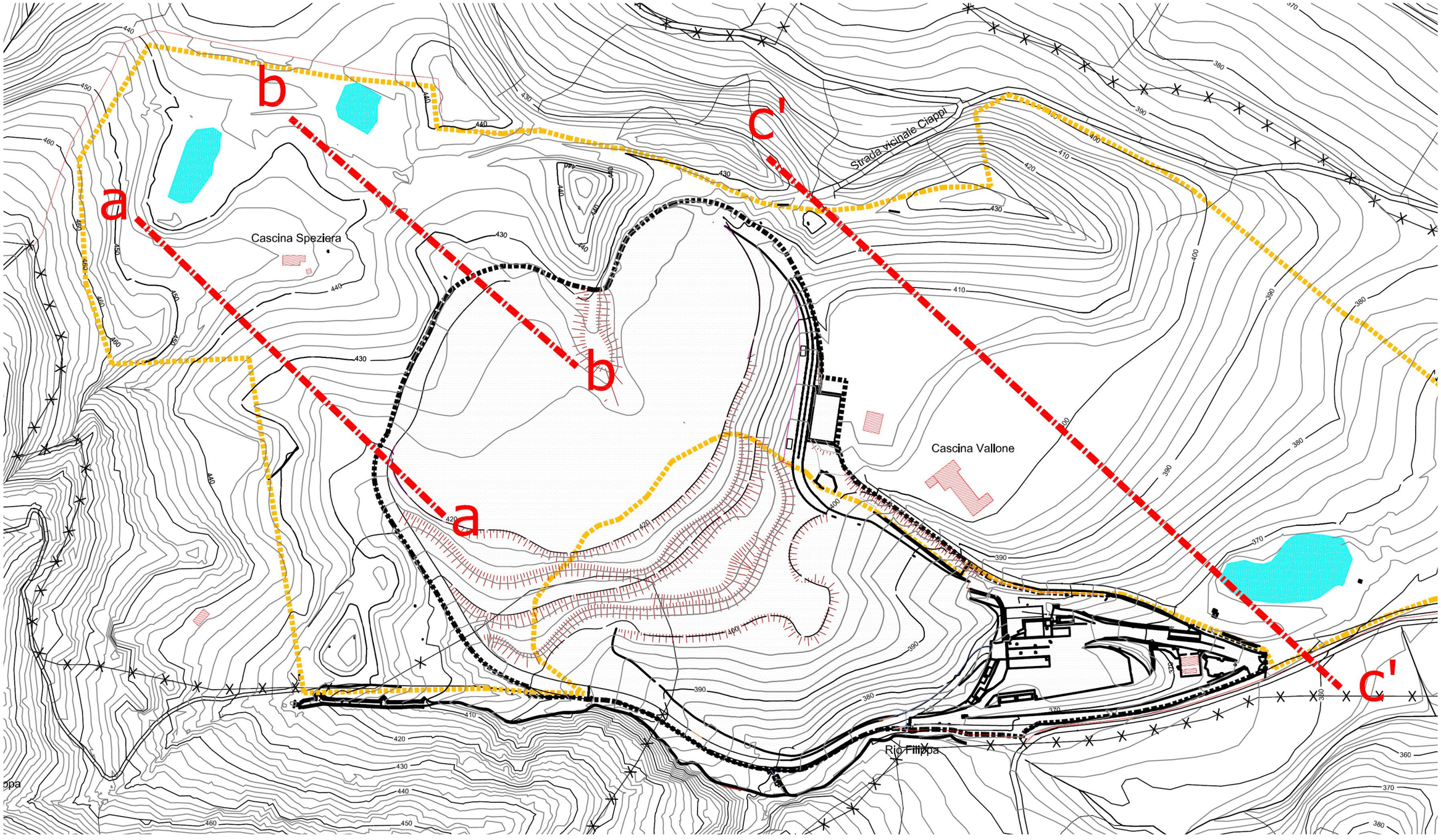
Invece, stando alla suddetta tipologia di interventi caratteristici emerge che le attività di cui al p.to 2) e i relativi profili residui rappresentativi possono essere cautelativamente modellati in riferimento alla sezione c-c (STATO ATTUALE) e c'-c' (STATO FINALE): la traccia interessa, in zona C.na Vallone sia la porzione sommitale di versante gradonato residuo di passate coltivazioni, sia la porzione centrale caratterizzata dal cumulo di stoccaggio delle argille che sarà oggetto di

rimodellamento mediante ulteriori apporti finalizzati alla organizzazione del versante con l'impostazione di due gradoni pseudo orizzontali e scarpate laterali di raccordo con la morfologia circostante. Il tutto come rappresentato nelle seguente immagini in cui sono state evidenziate le tracce c-c e c'-c' delle sezioni di verifica sullo stato attuale e finale di progetto. Su tali tracce è interessante il confronto tra lo stato attuale e finale in quanto la zona è oggetto di interventi sistematori che ne permetteranno un idoneo inserimento morfologico ed un idoneo successivo recupero ambientale.

La stratigrafia caratteristica di tali sezioni deriva dai rilevamenti del profilo di scavo in banco marnoso datati 2006 e dal'odierno profilo rilevato, dal cui confronto emerge l'entità del volume di ex minerale abbancato ed oggetto di ulteriore modellamento in progetto.



Traccia delle sezioni a-a, b-b e c-c oggetto di verifica per il progetto di chiusura cava Ferrere (SITUAZIONE STATO ATTUALE)

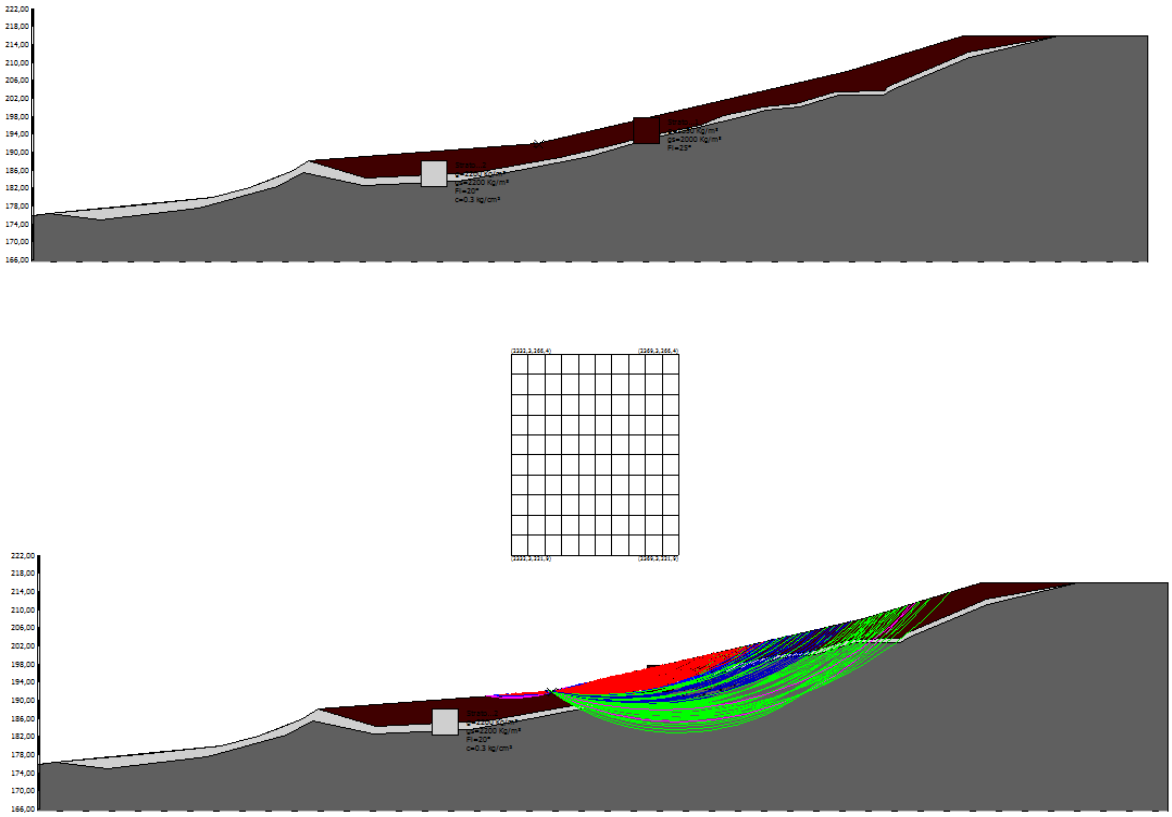


Traccia delle sezioni a-a, b-b e c'-c' oggetto di verifica per il progetto di chiusura cava Ferrere (SITUAZIONE STATO FINALE)

3.9. Verifica di stabilità sezione a-a (stato attuale e stato finale con mantenimento dell'attuale profilo esistente intonso)

La sezione oggetto di verifica comprende il tratto di versante intonso che immerge verso SE soprastante al limite del bacino di discarica e caratterizzato da una dolce pendenza pari a circa 14° sull'orizzontale. In sommità il versante si appiattisce con dolce altopiano per degradare simmetricamente verso NO.

Il modello geotecnico del tratto di sezione che immerge verso SE, estrapolato dalle stratigrafie geognostiche, prevede la presenza di un cospicuo orizzonte di copertura detritica con potenza 4-5 metri, superiore ad un orizzonte di alterazione avente spessore medio pari 1 m, il tutto sovrastante al substrato marnoso diffuso, come illustrato nella seguente immagine:



Modello geotecnico sez. a-a e traccia delle superfici di scivolamento calcolate

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2332,31 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	221,94 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2369,3 m
Ordinata vertice destro superiore ys	266,38 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Azione sismica

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido	0,608 m/sec²
Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale	2,661
Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale	0,317 sec

Parametri di Zona

Categoria sottosuolo	A
Categoria topografica	T2

Coefficienti

Amplificazione stratigrafica	1,0
Coef. funzione categoria suolo	1,0
Amplificazione topografica	1,2
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	0,73 m/sec²
Accelerazione massima (amax/g)	0,074
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito	0,2

Coefficiente azione sismica orizzontale Kh	0,015
Coefficiente azione sismica Verticale Kv	0,007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	2227,59	169,4
2	2227,59	175,83
3	2228,19	175,89
4	2231,44	176,2
5	2268,21	180,02
6	2276,26	182,02
7	2286,31	186,02
8	2289,46	188,02
9	2340,64	192,02
10	2410,18	208,02
11	2436,13	216,02
12	2457,45	216,02

13	2477,39	216,02

Vertici strato 1

N	X m	y m
1	2227,59	169,4
2	2227,59	175,83
3	2229,82	176,05
4	2231,44	176,2
5	2249,82	178,11
6	2268,21	180,02
7	2276,26	182,02
8	2281,29	184,02
9	2286,31	186,02
10	2289,46	188,02
11	2302,21	184,12
12	2326,69	185,32
13	2345,71	188,82
14	2358,27	191,62
15	2364,5	193,26
16	2377,21	195,93
17	2382,53	198,05
18	2391,37	200,03
19	2398,64	200,84
20	2407,5	203,51
21	2418,55	203,76
22	2419,36	204,56
23	2437,23	212,37
24	2457,45	216,02
25	2477,39	216,02

Vertici strato 2

N	X m	y m
1	2227,59	169,4
2	2227,59	175,83
3	2229,82	176,05
4	2231,44	176,2
5	2242,85	174,86
6	2265,01	177,52
7	2282,66	182,27
8	2288,29	185,49
9	2301,8	182,67
10	2323,3	183,51
11	2337,84	186,27
12	2352,38	189,04
13	2364,73	192,7
14	2386,72	197,92
15	2391,81	199,25
16	2399,58	200,17
17	2408,21	202,72
18	2418,36	202,72
19	2420,17	203,92
20	2437,53	211,2

21	2457,45	216,02
22	2477,39	216,02

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	25	1850	2000	0,00		
2	0.3	20	2200	2200	0,00		
3	1.5	25	2480	2480	0,00		

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato 1,55
Ascissa centro superficie 2339,71 m
Ordinata centro superficie 266,38 m
Raggio superficie 74,6 m

==========

==========

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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

==========

Analisi dei conci. Superficie...xc = 2339,711 yc = 266,38 Rc = 74,604 Fs=1,5472

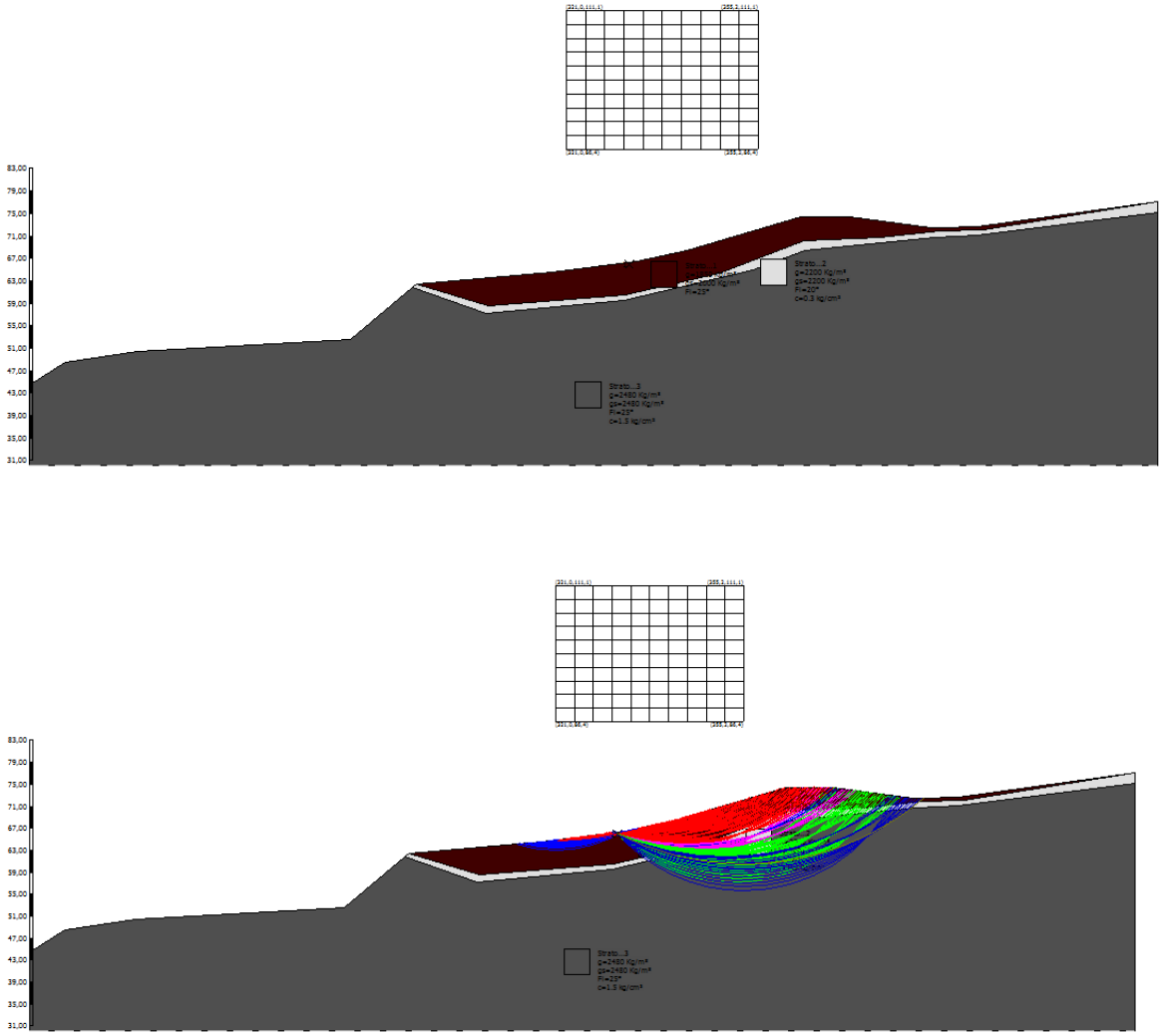
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,75	-0,5	2,75	684,12	10,26	4,79	0,0	20,5	0,0	685,7	165,3
2	4,16	2,4	4,16	5070,87	76,06	35,5	0,0	20,5	0,0	5025,3	1211,6
3	3,45	5,3	3,47	8172,24	122,58	57,21	0,0	20,5	0,0	8027,9	1935,6
4	3,45	7,8	3,48	10702,12	160,53	74,91	0,0	20,5	0,0	10456,4	2521,1
5	3,45	10,6	3,51	12218,25	183,27	85,53	0,0	20,5	0,0	11893,4	2867,6
6	3,45	13,4	3,55	12609,46	189,14	88,27	0,0	20,5	0,0	12258,3	2955,5
7	3,45	16,1	3,59	11905,42	178,58	83,34	0,0	20,5	0,0	11584,9	2793,2
8	3,45	18,8	3,65	10090,09	151,35	70,63	0,0	20,5	0,0	9849,5	2374,8
9	3,45	21,7	3,71	7017,18	105,26	49,12	0,0	20,5	0,0	6890,4	1661,3
10	3,45	24,6	3,8	2688,05	40,32	18,82	0,0	20,5	0,0	2662,6	642,0

Si precisa che impostando le verifiche di stabilità con punto vincolato coincidente con il piede della scarpata su cui affiora il substrato (già di competenza del bacino di discarica LA FILIPPA) si ottengono fattori di sicurezza maggiori e comunque già valutati nel progetto di discarica. Per tale motivo le verifiche di cui sopra sono state impostate con punto vincolato localizzato in ginocchio del profilo, rappresentativo ai fini della stabilità locale e globale.

3.10. Verifica di stabilità sezione b-b (stato attuale e stato finale con mantenimento dell'attuale profilo esistente intonso)

La sezione oggetto di verifica comprende il tratto di versante intonso che immerge verso SE soprastante al limite del bacino di discarica e caratterizzato da una dolce pendenza. In sommità il versante si appiattisce con dolce altopiano per degradare simmetricamente verso NO.

Il modello geotecnico del tratto di sezione che immerge verso SE, estrapolato dalle stratigrafie geognostiche prevede la presenza di un cospicuo orizzonte di copertura detritica con potenza 4-5 metri, superiore ad un orizzonte di alterazione avente spessore medio pari 1 m, il tutto sovrastante al substrato marnoso diffuso, come illustrato nella seguente immagine:



Modello geotecnico sez. b-b e traccia delle superfici di scivolamento calcolate

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

==========

Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	320,96 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	86,38 m
Ascissa vertice destro superiore xs	355,2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	111,14 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Azione sismica

==========

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido	0,608 m/sec²
Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale	2,661
Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale	0,317 sec

Parametri di Zona

Categoria sottosuolo	A
Categoria topografica	T2

Coefficienti

Amplificazione stratigrafica	1,0
Coef. funzione categoria suolo	1,0
Amplificazione topografica	1,2
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	0,73 m/sec²
Accelerazione massima (amax/g)	0,074
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito	0,2

==========

Coefficiente azione sismica orizzontale Kh	0,015
Coefficiente azione sismica Verticale Kv	0,007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	225,21	34,12
2	225,21	44,46
3	231,58	48,46
4	244,55	50,46
5	282,39	52,46
6	293,57	61,79
7	294,36	62,46
8	318,43	64,46
9	333,55	66,46
10	342,51	68,46
11	362,76	74,46
12	371,45	74,46
13	386,05	72,46
14	387,42	72,49
15	394,27	72,68
16	426,38	77,07
17	426,38	66,46

Vertici strato 1

N	X m	y m
1	225,21	34,12
2	225,21	44,46
3	231,58	48,46
4	244,55	50,46
5	282,39	52,46
6	293,57	61,79
7	294,36	62,46
8	307,1	58,56
9	331,31	60,53
10	348,28	64,24

11	363,29	70,05
12	376,85	70,7
13	387,55	71,86
14	395,32	72,01
15	426,38	77,07
16	426,38	66,46

Vertici strato 2

N	X m	y m
1	225,21	34,12
2	225,21	44,46
3	231,58	48,46
4	244,55	50,46
5	282,39	52,46
6	293,57	61,79
7	306,69	57,11
8	331,21	59,51
9	354,15	65,0
10	363,58	68,48
11	386,63	70,67
12	394,34	71,07
13	426,38	75,21
14	426,38	66,46

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	25	1850	2000	0,00		
2	0.3	20	2200	2200	0,00		
3	1.5	25	2480	2480	0,00		

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	1,35
Ascissa centro superficie	336,37 m
Ordinata centro superficie	109,9 m
Raggio superficie	44,22 m

==========

Analisi dei conci. Superficie...xc = 336,365 yc = 109,903 Rc = 44,221 Fs=1,3508

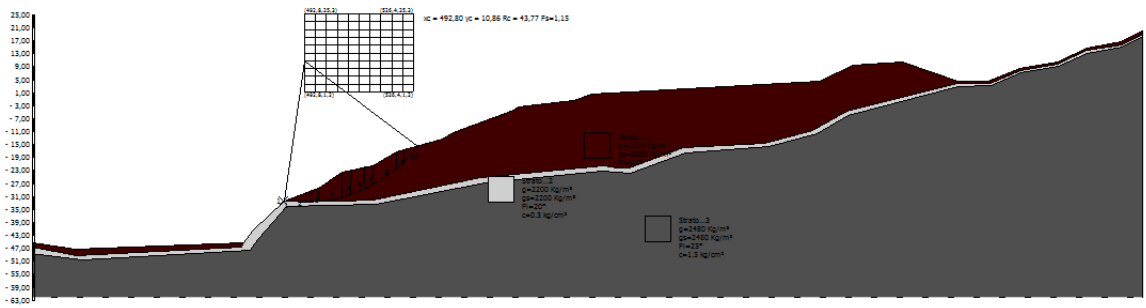
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,97	-5,6	2,99	2021,59	30,32	14,15	0,0	20,5	0,0	2087,7	576,5
2	3,47	-1,4	3,47	7375,53	110,63	51,63	0,0	20,5	0,0	7427,9	2051,3
3	3,22	2,9	3,23	11034,59	165,52	77,24	0,0	20,5	0,0	10894,6	3008,7
4	2,27	6,5	2,28	9371,67	140,58	65,6	0,0	20,5	0,0	9144,4	2525,4
5	4,18	10,7	4,26	20266,33	303,99	141,86	0,0	20,5	0,0	19600,9	5413,1
6	3,22	15,7	3,35	16986,51	254,8	118,91	0,0	20,5	0,0	16373,7	4521,9

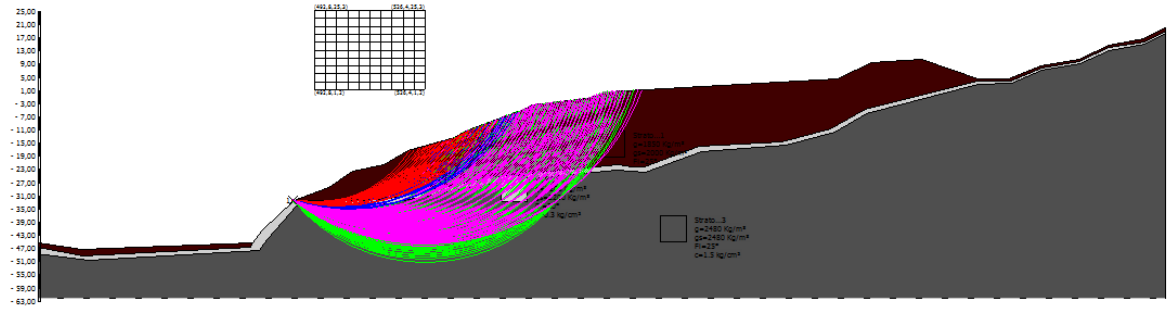
7	3,22	20,1	3,43	16489,54	247,34	115,43	0,0	20,5	0,0	15946,5	4403,9
8	3,22	24,6	3,54	14299,63	214,49	100,1	0,0	20,5	0,0	13961,1	3855,6
9	3,22	29,3	3,69	10242,29	153,63	71,7	0,0	20,5	0,0	10167,7	2808,0
10	3,22	34,2	3,9	4065,72	60,99	28,46	0,0	20,5	0,0	4138,8	1143,0

Si precisa che impostando le verifiche di stabilità con punto vincolato coincidente con il piede della scarpata su cui affiora il substrato (già di competenza del bacino di discarica LA FILIPPA) si ottengono fattori di sicurezza maggiori e comunque già valutati nel progetto di discarica. Per tale motivo le verifiche di cui sopra sono state impostate con punto vincolato localizzato in ginocchio del profilo, rappresentativo ai fini della stabilità locale e globale.

3.11. Verifica di stabilità sezione c-c (stato attuale)

La sezione oggetto di verifica comprende il tratto di versante interessato dall'accumulo di svernamento delle argille marnose estratte un tempo presso cava Ferrere. Lo stoccaggio poggia su un profilo di scavo rilevato nell'anno 2006 e su cui può essere modellato lo strato di alterazione intermedio ed il substrato marnoso.
Il volume di svernamento è stato cautelativamente modellato quale un volume di riporto antropico, privo di proprietà coesive, il tutto come illustrato nella seguente immagine.





Modello geotecnico sez. c-c e traccia delle superfici di scivolamento calcolate

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	492,8 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1,24 m
Ascissa vertice destro superiore xs	526,45 m
Ordinata vertice destro superiore ys	25,27 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Azione sismica

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido	0,608 m/sec²
Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale	2,661
Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale	0,317 sec

Parametri di Zona

Categoria sottosuolo	A
Categoria topografica	T2

Coefficienti

Amplificazione stratigrafica	1,0
Coef. funzione categoria suolo	1,0
Amplificazione topografica	1,2
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	0,73 m/sec²
Accelerazione massima (amax/g)	0,074
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito	0,2
Coefficiente azione sismica orizzontale Kh	0,015
Coefficiente azione sismica Verticale Kv	0,007

Vertici profilo

N	X m	y m

1	408,63	-58,02
2	408,63	-49,22
3	408,63	-46,59
4	408,63	-45,38
5	421,74	-47,38
6	473,9	-45,38
7	476,93	-41,38
8	486,65	-32,38
9	497,16	-28,38
10	504,33	-23,38
11	513,88	-21,38
12	521,18	-17,38
13	535,49	-13,38
14	538,54	-11,38
15	557,46	-4,38
16	558,94	-3,38
17	576,03	-1,38
18	581,5	0,62
19	651,78	4,62
20	662,32	9,62
21	677,5	10,62
22	694,82	4,62
23	704,21	4,62
24	714,1	8,62
25	725,4	10,62
26	734,61	14,62
27	745,33	16,62
28	751,92	19,97
29	751,92	19,09
30	751,92	18,31
31	751,92	13,82

Vertici strato 1

N	X m	y m
1	408,63	-58,02
2	408,63	-49,22
3	408,63	-46,59
4	422,06	-49,2
5	473,35	-46,56
6	473,9	-45,38
7	476,93	-41,38
8	486,65	-32,38
9	504,06	-32,4
10	513,96	-31,99
11	547,22	-25,2
12	585,19	-21,41
13	589,67	-22,1
14	593,2	-22,27
15	609,89	-16,08
16	635,23	-14,6
17	649,95	-10,65
18	660,36	-4,71
19	694,98	3,88

20	704,56	3,95
21	714,21	7,94
22	725,48	9,95
23	734,75	14,03
24	745,53	15,89
25	751,92	19,09
26	751,92	18,31
27	751,92	13,82

Vertici strato 2

N	X m	y m
1	408,63	-58,02
2	408,63	-49,22
3	410,75	-49,08
4	424,04	-50,75
5	475,93	-47,52
6	478,28	-44,31
7	483,26	-38,76
8	487,13	-34,06
9	515,01	-33,45
10	548,55	-26,82
11	584,83	-23,06
12	593,6	-23,78
13	610,6	-17,43
14	636,24	-15,53
15	651,09	-11,69
16	660,67	-6,14
17	694,91	2,89
18	704,95	3,2
19	714,18	7,22
20	725,95	9,22
21	734,65	13,2
22	745,6	15,09
23	751,92	18,31
24	751,92	13,82

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	25	1850	2000	0,00		
2	0.3	20	2200	2200	0,00		
3	1.5	25	2480	2480	0,00		

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	1,15
Ascissa centro superficie	492,8 m
Ordinata centro superficie	10,86 m
Raggio superficie	43,77 m

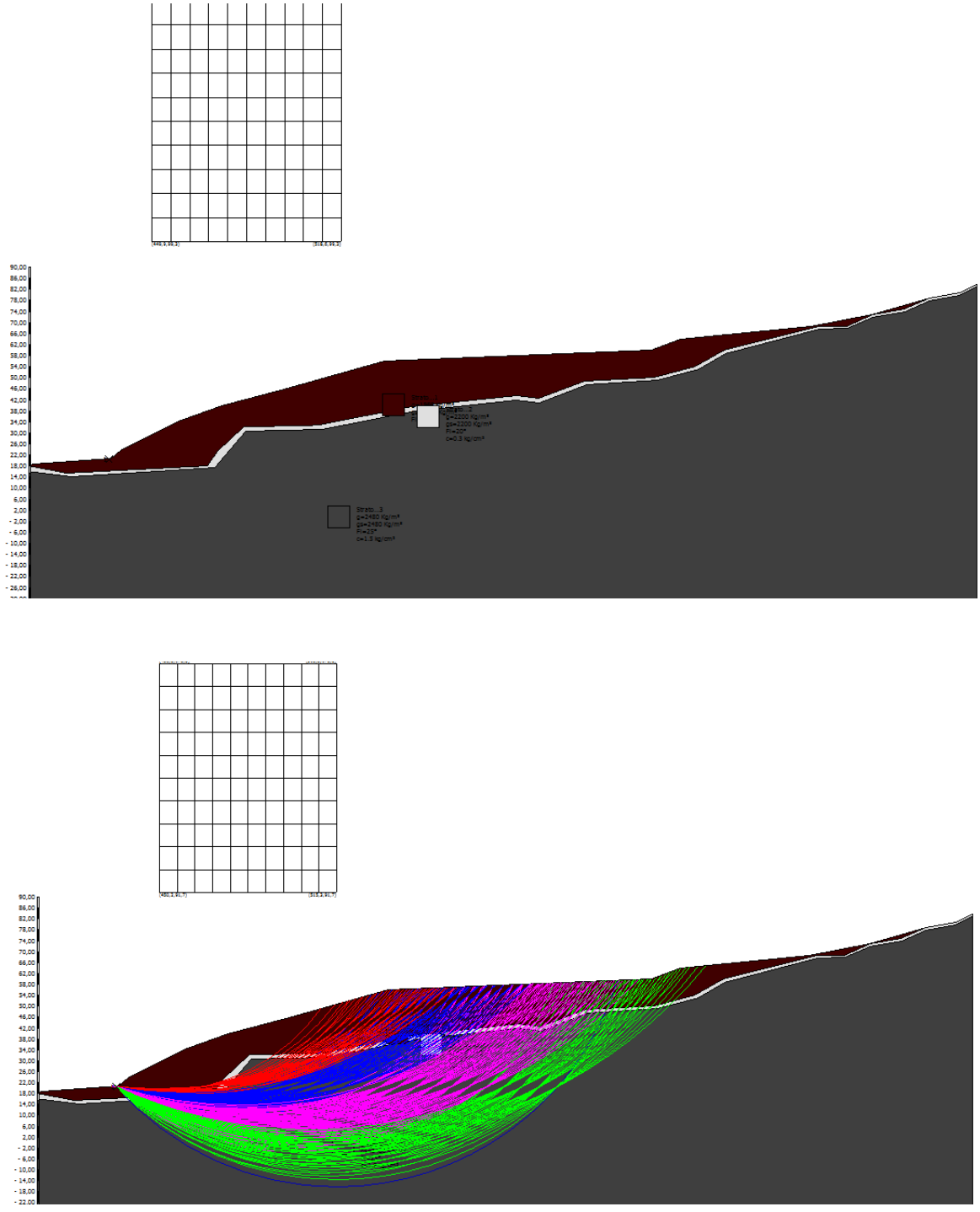
==========

Analisi dei conci. Superficie...xc = 492,80 yc = 10,855 Rc = 43,766 Fs=1,1543

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,09	-8,3	0,09	9,32	0,14	0,07	0,24	16,2	0,0	38,1	196,9
2	8,14	-2,7	8,15	31891,6	478,37	223,24	0,24	16,2	0,0	33138,3	25299,6
3	2,38	4,2	2,38	17771,39	266,57	124,4	0,24	16,2	0,0	17143,9	9282,3
4	7,17	10,5	7,29	83585,15	1253,78	585,1	0,0	20,5	0,0	80204,6	25919,4
5	2,79	17,2	2,93	40683,66	610,25	284,79	0,0	20,5	0,0	38715,4	12511,5
6	4,11	22,0	4,44	56047,63	840,71	392,33	0,0	20,5	0,0	53469,3	17279,5
7	2,64	26,9	2,96	31896,87	478,45	223,28	0,0	20,5	0,0	30725,2	9929,4
8	7,3	34,6	8,87	79355,33	1190,33	555,49	0,0	20,5	0,0	78834,0	25476,5
9	2,4	42,6	3,26	19366,27	290,49	135,56	0,0	20,5	0,0	20276,1	6552,5
10	4,11	48,8	6,24	14785,64	221,78	103,5	0,0	20,5	0,0	16392,4	5297,5

3.12. Verifica di stabilità sezione c'-c' (stato finale)

La sezione oggetto di verifica comprende il tratto di versante interessato dall'accumulo di svernamento delle argille marnose estratte un tempo presso cava Ferrere e modificato con un intervento di scavo-riporto e modellazione morfologica.
Il volume di riporto nuovo ed esistente è stato cautelativamente modellato quale un volume di riporto antropico, privo di proprietà coesive.
Il tutto sovrastante ad uno strato di alterazione intermedio con il substrato marnoso diffuso sottostante, il tutto come illustrato nella seguente immagine.



Modello geotecnico sez. c'-c' e traccia delle superfici di scivolamento calcolate

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

==========

Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	450,23 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	91,69 m
Ascissa vertice destro superiore xs	515,25 m
Ordinata vertice destro superiore ys	175,53 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Azione sismica

==========

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido	0,608 m/sec²
Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale	2,661
Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale	0,317 sec

Parametri di Zona

Categoria sottosuolo	A
Categoria topografica	T2

Coefficienti

Amplificazione stratigrafica	1,0
Coef. funzione categoria suolo	1,0
Amplificazione topografica	1,2
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	0,73 m/sec²
Accelerazione massima (amax/g)	0,074
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito	0,2

==========

Coefficiente azione sismica orizzontale Kh	0,015
Coefficiente azione sismica Verticale Kv	0,007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	405,33	6,76
2	405,33	15,56
3	405,33	18,19
4	406,85	18,6
5	435,05	20,72
6	438,79	23,76
7	460,47	34,46
8	475,43	39,96
9	497,68	45,96
10	534,2	55,96
11	630,85	59,96
12	641,49	63,96
13	688,65	68,64
14	710,72	72,94
15	731,45	78,81
16	742,24	80,67
17	748,63	83,87
18	748,63	83,09
19	748,63	78,6

Vertici strato 1

N	X m	y m

1	405,33	6,76
2	405,33	15,56
3	405,33	18,19
4	418,77	15,58
5	470,06	18,22
6	473,64	23,4
7	483,35	32,4
8	505,72	32,59
9	510,67	32,79
10	543,93	39,58
11	581,9	43,37
12	589,9	42,51
13	606,6	48,7
14	631,94	50,18
15	646,65	54,13
16	657,06	60,07
17	691,69	68,66
18	701,27	68,73
19	710,92	72,72
20	722,18	74,73
21	731,45	78,81
22	742,24	80,67
23	748,63	83,87
24	748,63	83,09
25	748,63	78,6

Vertici strato 2

N	X m	y m
1	405,33	6,76
2	405,33	15,56
3	407,46	15,7
4	420,74	14,03
5	472,63	17,26
6	483,84	30,72
7	511,71	31,33
8	545,26	37,96
9	581,53	41,72
10	590,3	41,0
11	607,31	47,35
12	632,94	49,25
13	647,8	53,09
14	657,38	58,64
15	691,62	67,67
16	701,66	67,98
17	710,89	72,0
18	722,65	74,0
19	731,36	77,98
20	742,31	79,87
21	748,63	83,09
22	748,63	78,6

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	25	1850	2000	0,00		
2	0.3	20	2200	2200	0,00		
3	1.5	25	2480	2480	0,00		

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	1,44
Ascissa centro superficie	450,23 m
Ordinata centro superficie	91,69 m
Raggio superficie	73,05 m

==========

==========

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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

==========

Analisi dei conci. Superficie...xc = 450,225 yc = 91,689 Rc = 73,048 Fs=1,4394

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,61	-12,6	1,65	735,52	11,03	5,15	0,0	20,5	0,0	800,3	207,4
2	3,74	-10,5	3,8	16428,67	246,43	115,0	0,0	20,5	0,0	17551,7	4548,7
3	17,52	-2,1	17,53	304333,7	4565,01	2130,34	0,0	20,5	0,0	307485,5	79687,9
4	4,16	6,4	4,19	110407,5	1656,11	772,85	0,0	20,5	0,0	107956,6	27978,0
5	11,09	12,5	11,36	330790,1	4961,85	2315,53	0,0	20,5	0,0	320408,4	83037,0
6	3,87	18,6	4,09	121410,2	1821,15	849,87	0,24	16,2	0,0	117787,1	30639,7
7	11,38	25,1	12,56	362165,8	5432,49	2535,16	1,2	20,5	0,0	312876,1	185819,8
8	10,87	35,3	13,32	254711,6	3820,67	1782,98	0,24	16,2	0,0	259207,3	74642,7
9	4,37	42,9	5,97	68465,59	1026,98	479,26	0,0	20,5	0,0	75291,1	19512,4
10	7,62	49,8	11,82	54210,37	813,16	379,47	0,0	20,5	0,0	64303,6	16664,9

3.13. Considerazioni conclusive

Le verifiche di stabilità sono state impostate, considerando l'assetto come derivante da fronti esistenti (vedi sezione a-a e b-b) ovvero lungo profili di riporto attuale e di fine lavori (vedi sezione c-c e c'-c'), al fine di effettuare verifiche omogenee e cautelative.

I parametri geotecnici operativi dei terreni sono stati ottenuti con la caratterizzazione delle varie unità geotecniche e dei materiali conferiti sulla base di un'ampia indagine geognostica, delle prove di laboratorio, dell'analisi geomeccanica e delle prospezioni

geofisiche in sito, da cui sono stati estrapolati valori caratteristici cautelativi ed a favore di sicurezza.

L'azione sismica è stata definita tramite la procedura prescritta dalle NTC.

Le verifiche sono state condotte facendo riferimento alle condizioni morfologiche, geotecniche, dimensionali e di progetto più severe dell'area di cava .

Per ogni sezione si è proceduto alla verifica di diverse sezioni circolari di potenziale scivolamento generate automaticamente dal modello di calcolo e coinvolgenti l'intera stratigrafia modellata.

Nel complesso dei casi considerati le analisi forniscono sempre Fattori di Sicurezza superiori a quanto previsto dalla Normativa (NTC), che nel caso di interesse comporta l'applicazione di un coefficiente parziale (R2) per le verifiche di sicurezza pari a 1,1.

In definitiva, la serie di verifiche di sicurezza, condotte sempre con modalità cautelative e sulla base della modellazione geologica, geotecnica ed idrogeologica di riferimento di elevato dettaglio, evidenzia la piena compatibilità dell'intervento con l'assetto del territorio ed i processi naturali in atto o potenziali.

Per quanto concerne le sezioni caratteristiche a-a e b-b (di mantenimento della situazione attuale intonsa sulle zone perimetrali del bacino di discarica LA FILIPPA)

emerge che, nonostante la diffusa e potente coltre di materiali di copertura tipicamente incoerenti**, la debola pendenza naturale del sito consente di rilevare fattori di sicurezza che,** al netto delle misure cautelative di carico**, rappresentano una evidente condizione di stabilità.**

Per quanto concerne invece l'analisi condotta lungo la sezione c-c caratteristica e cautelativa per la situazione di stato attuale (presenza del cumulo di svernamento delle argille) **e lungo la sezione c'-c' di chiusura di cava Ferrere** (con adeguamento morfologico del cumulo di svernamento delle argille mediante operazioni di scavo - riporto) **si evidenzia un miglioramento delle evidenti condizioni di sicurezza attuali, nel contempo garantendo un ottimale inserimento geomorfologico dell'area nel contesto territoriale circostante.**

Tutto quanto sopra previo rispetto delle pendenze di progetto ed opportuna manutenzione delle aste di regimazione idraulica.

4.0. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Il settore in esame è compreso all'interno della valle Bormida di Spigno in cui l'evoluzione plio-quaternaria del reticolo idrografico è strettamente legata alle ultime fasi di sollevamento delle Alpi Liguri. L'area rientra all'interno del bacino del Rio Filippa, in particolare, si localizza in corrispondenza del passaggio tra unità morfologiche riferibili a paesaggi ben differenziabili.

Il settore occidentale (parte alta della foto aerea nella pagina seguente), esteso dalla zona Rocchetta di Cengio sino all'allineamento del crinale Bric Morocchi – Case Clini, è impostato nei termini prevalentemente arenaceo-marnosi (litofacies 3) della Formazione di Rocchetta-Monesiglio. Le quote sommitali raggiungono frequentemente i 600 ÷ 700 m slm. Il paesaggio nel complesso presenta i caratteri tipici del rilievo collinare delle Langhe, con profili dei versanti nettamente asimmetrici e morfologia dei crinali piuttosto articolata. Il reticolo idrico di superficie confluisce verso il corso del Bormida di Millesimo.

In corrispondenza del versante Est del crinale di Case Clini si imposta il tratto superiore del bacino del Rio Filippa, caratterizzato dalla mancanza di un apice ben definito nella zona di testata, normalmente associato all'origine dell'asta di maggiore sviluppo ed alla culminazione altimetrica dello spartiacque. L'assetto complessivo assunto dal crinale e dal relativo versante Est, disposti secondo uno sviluppo nettamente lineare orientato N – S e con quote piuttosto omogenee, ha improntato il modellamento del paesaggio collinare e l'evoluzione del bacino imbrifero. Tale configurazione, controllata dall'assetto giaciturale della monoclinale costituita dai vari termini litologici della Formazione di Rocchetta-Monesiglio, è direttamente riferibile all'evoluzione recente dello spartiacque ligure-piemontese.

Il bacino del Rio Filippa nel suo insieme risulta quasi interamente modellato nell'ambito dell'unità marnoso-arenacea della Formazione di Rocchetta-Monesiglio. Ne deriva un paesaggio ben differenziabile da quello afferente al limitrofo Bormida di Millesimo. Il rilievo assume un assetto più "morbido" con un insieme di crinali

minori (Suria, Vogarone, Da Deina, Vallone, Speziere, nonché, in sinistra del Rio Ferrere, Bric Vallone, Val Gelata, M. Castello, ecc.) riferibili al rimodellamento di un'antica superficie morfologica posta a quote decisamente inferiori rispetto al paesaggio delle Langhe. Nell'ambito del bacino la sommità dei crinali si sviluppa tra i 400 e i 500 m slm, mentre il fondovalle dei Rii Filippa – Ferrere si dispone a 330 ÷ 340 m slm e la piana alluvionale del F. Bormida si trova attorno ai 320 m slm .

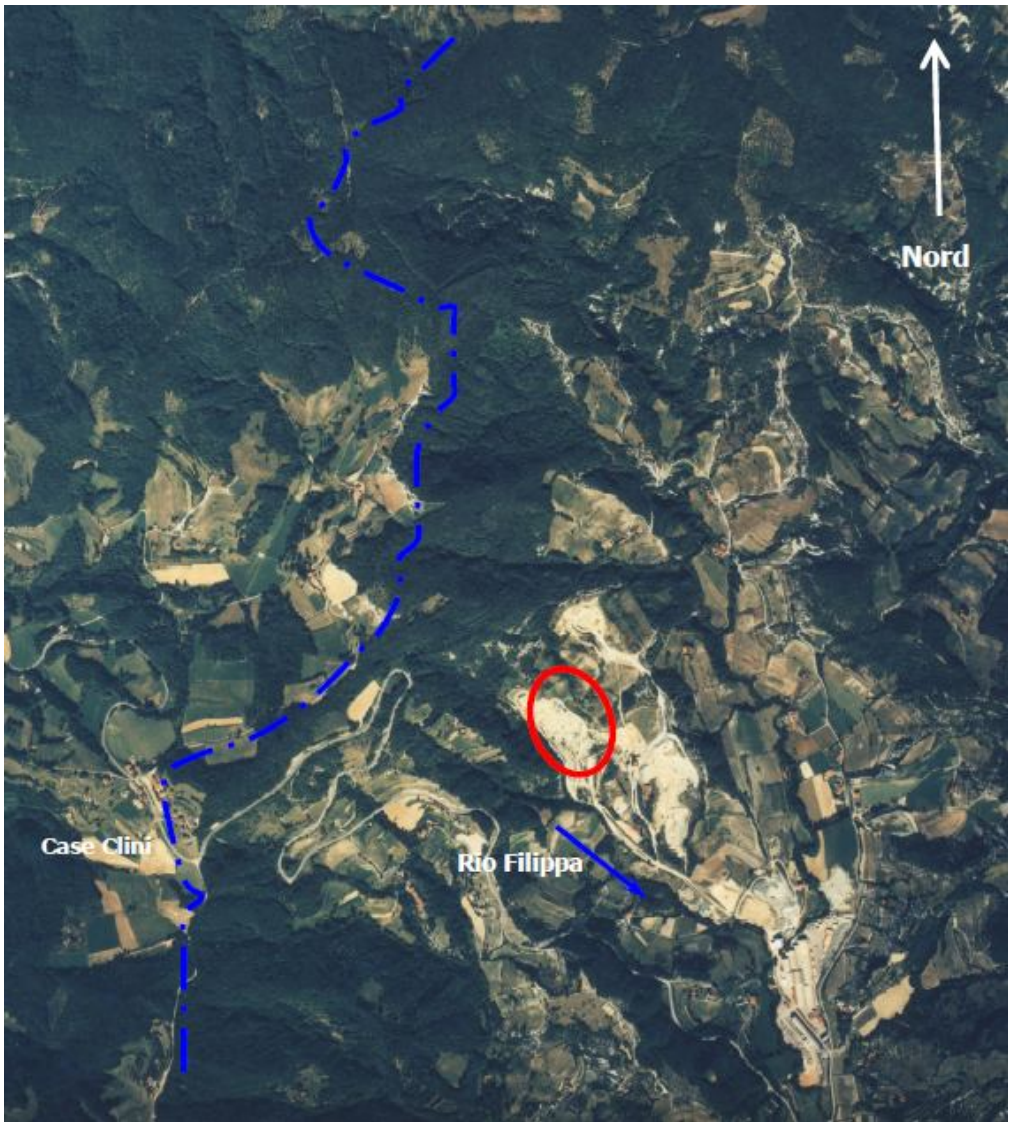


Foto aerea dell'area del sito in esame comprendente il bacino del Rio Filippa e Rio Ferrere (Volo Regione Liguria, 1992). La linea blu tratteggiata indica lo spartiacque tra la valle Bormida di Spigno (a destra) e la valle Bormida di Millesimo (a sinistra).
L'ovale in colore inquadra l'area oggetto di intervento.

I due settori individuati drenano rispettivamente verso il Bormida di Millesimo e il Bormida di Spigno, corsi d'acqua afferenti attualmente allo stesso collettore fluviale. La configurazione complessiva del rilievo evidenzia, tuttavia, un modellamento

differenziale riferibile molto probabilmente a diversi livelli di base. La zona di transizione tra i due settori è identificata da una scarpata netta, con altezze di 200 ÷ 250 m, attraverso la quale si realizza il dislivello topografico.
Nell'insieme le acclività sono rilevanti, con valori medi superiori ai 30° e localmente dell'ordine di 45°. Sviluppo e inclinazione media dei pendii, entità dei dislivelli e periodo temporale di modellamento (presumibilmente nell'ordine delle centinaia di migliaia di anni) indicano discrete caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso e condizioni di sostanziale equilibrio complessivo nei confronti dei processi di modellamento tipici della regione.
Immediatamente a ovest di Case Clini dal crinale costituente lo spartiacque locale si origina la ripida scarpata ad esso parallela. Nel suo ambito si collocano i tratti iniziali fortemente acclivi delle aste tributarie del Rio Luviazzi, del Rianazzo, del Rio Filippa e, più a nord, del Rio Berun. Il tratto superiore del bacino del Rio Filippa corrisponde proprio a questa fascia di raccordo del versante e il suo andamento nell'insieme rettilineo conferisce al Rio questo assetto apparentemente anomalo, poiché privo di testata.

Situata alla base della dorsale principale di Case Clini, delimitante verso Ovest la vallecola del Rio di Rocchetta, l'area di cava e si adagia in un piccolo ampliamento dell'orografia conseguente al modellamento dei rilievi collinari in sinistra della valle Bormida di Spigno. Il settore costituisce una sorta di "anfiteatro" delimitato, ad Est e Nord, dal rilievo secondario di C..na Vallone – C.na Speziere, a Ovest dalle balze degradanti dal costone di Nadina, mentre il lato verso Sud, appena oltre il corso del Rio Filippa, è chiuso dalla dorsale minore di Da Deina.
Lo "spazio" morfologico, originariamente derivante dall'evoluzione naturale del modellamento, è stato evidentemente ampliato dall'attività estrattiva in oggetto, anche se allo stato attuale le porzioni di testa del giacimento (zona frontale presso C.na Speziera e laterale sommitale presso C.na Vallone) risultano ambientalmente recuperate e geomorfologicamente reinserite in accordo con caratteri tipici del contesto ad ampia scala sopra descritto.

Per contro la fascia frontale-centrale dell'anfiteatro risulta intonsa (valle di C.na Speziera), non essendo mai stata raggiunta dai progressivi ribassi della coltivazione mineraria delle zone di culmine.
Per contro risultano ancora sostanziali caratteri minerari in corrispondenza della fascia perimetrale al limite superiore dell'impianto di discarica LA FILIPPA, a cui si porrà rimedio attraverso locali interventi sistematori finalizzati ad un ottimale raccordo morfologico tra le zona intonse di cava - la fascia di transizione cava-discarica - ed il profilo di chiusura finale della discarica.
Infine, l'abbancamento per svernamento di argille marnose a ridosso dei pregressi profili di scavo posti a Est di C.na Vallone costituisce un oggetto elemento antropico caratterizzato da una profilatura frontale gradonata che disaccordano con la morfologia ad ampia scala sopra descritta.

Per ovviare a tale incongruenza si procederà con un rimodellamento dell'area posta ad Est di C.na Vallone mediante operazioni di scavo - riporto (con eccesso dei volumi di riporto derivanti dall'apporto di materiali da scavo originati dal cantiere per la realizzazione della contigua discarica) che permetteranno di addolcire l'attuale scarpata gradonata del cumulo di svernamento e nel contempo ottenere aree piane e livellate utili per un successivo recupero. Al fine di omogeneizzare l'intervento saranno utili anche profilature di raccordo tra le nuove superfici in progetto e le pregresse scarpate di recupero poste in zona sommitale.

Il risultato finale sarà un versante di raccordo con la morfologia perimetrale dei luoghi ed interessanti aree pseudopianeggianti, prossime alle strutture di C.na Vallone facilmente fruibili e sostanzialmente recuperabili.

In corrispondenza dell'area di cava e del suo intorno significativo non sono presenti dissesti connessi all’azione della gravità (frane, ecc.), alla dinamica dei corsi d’acqua, a fenomeni di erosione accelerata, o allo sviluppo della subsidenza.
Si registrano solamente frane superficiali di piccole dimensioni individuate al margine del bacino del Rio Filippa che, peraltro in uno stato di quiescenza, anche in

caso di rimobilizzazione non possono giungere ad interferire le zone oggetto di intervento.

Tutte le aree di intervento saranno oggetto di opportuni processi di recupero ambientale, finalizzati alla copertura ed alla naturalizzazione delle attuali superfici denudate dagli scavi minerari e dai riporti.

Alla luce di tutto quanto sopra si evince che l'intervento in progetto, finalizzato alla chiusura di cava Ferrere, consente l'ottimizzazione dell'attuale assetto geomorfologico del sito andando ad integrare paesaggisticamente ed ambientalmente l'area in esame con il contesto territoriale circostante.

5.0. REGIMAZIONE IDRAULICA

5.1. Reticolo idrografico su area vasta

Il F. Bormida, affluente in destra del F. Tanaro, nasce sullo spartiacque ligure – padano, nel territorio della provincia di Savona. Il tratto medio-superiore del corso d'acqua è organizzato su tre sottobacini imbriferi adiacenti relativi a tre aste fluviali con denominazione omonima. Procedendo da Sud–Est verso Nord–Ovest, si incontra il Bormida di Mallare, il Bormida di Spigno e, infine, il Bormida di Millesimo. La zona in esame interessa un tratto del rilievo collinare compreso nel bacino in destra della valle Bormida di Spigno, dove il drenaggio superficiale è impostato in una serie di impluvi scolanti bacini con superficie di pochi chilometri quadrati.

La configurazione morfologica individua un settore ad anfiteatro delimitato, sul lato occidentale, dalla dorsale spartiacque con il Bormida di Millesimo, a N e a S dai rilievi minori degradanti verso la valle del Bormida di Spigno e a E, infine, da quest'ultimo corso d'acqua. In questo ambito il reticolo idrografico, in relazione all'assetto morfo-topografico e ai caratteri meteoclimatici, presenta uno sviluppo limitato con assenza di corsi d'acqua di rilievo.
L'area di cava si localizza nel sottobacino del Rio Filippa, la cui asta principale dopo un percorso di circa 1,5 km confluisce nel Rio delle Ferrere. Il bacino considerato nel suo complesso raggiunge la quota massima di 688 m slm, mentre il punto di recapito finale, nel Bormida al margine settentrionale dell'abitato di Cairo, è posto a circa 320 m slm.

Nell'area di diretto interesse l'asta drenante significativa è rappresentata dal Rio Filippa. Il regime, strettamente connesso alla distribuzione degli apporti meteorici, risulta fortemente variabile e solo nella parte inferiore dell'alveo si riscontrano deflussi, sia pure molto limitati, per gran parte dell'anno. Nel suo sottobacino non sono presenti sorgenti.
L'alimentazione allo scorrimento deriva, in parte prevalente dalle precipitazioni dirette, nei settori di fondovalle prossimi al livello di base, un modesto apporto

proviene anche dallo scorrimento idrico sotterraneo ospitato nei depositi delle coperture. Tale contributo è praticamente inesistente nell'intorno dell'intervento dove l'alveo è modellato direttamente nelle marne del substrato.

Gli impluvi maggiori confluenti nel Rio Filippa (lunghezza nell'ordine dei 500 m) costituiscono aste drenanti con deflussi occasionali durante i periodi di prolungate precipitazioni, mentre la maggior parte delle incisioni secondarie rappresentano solo dei solchi di erosione lineare sede saltuariamente di deflussi liquidi per brevissimi periodi (ore – pochi giorni), a seguito di apporti meteorici particolarmente rilevanti.

5.2. Sistema di regimazione attuale di Cava Ferrere (interfaccia con progetto LA FILIPPA)

Il sistema di regimazione idraulico di cava Ferrere si interfaccia con la necessità, dettata dal contiguo impianto di discarica LA FILIPPA, di deviare al bordo della discarica stessa, tutti i flussi di ruscellamento superficiale provenienti da monte, ivi compresi anche quelli competenti alle aree di cava.
Inoltre in sede di progettazione dell'impianto di discarica si è ritenuto che non tutti i flussi idraulici captati a monte (e quindi competenti alle aree di cava) debbano essere mantenuti presso i bacini di raccolta, ma solamente una relativa aliquota, optando pertanto per una parziale confluenza nel Rio Filippa per i flussi complementari.

Al fine di adempire ai criteri di regimazione idraulica derivanti dal progetto di impianto di discarica oggi si rileva il seguente assetto:
- ZONA IMPLUVIO SUD : un canale scavato e sagomato in terra drena la superficie scolante di cava in zona c.na Spezziera (versante immergente verso Sud) e ne permette lo scarico dei flussi idraulici di ruscellamento nel Rio Filippa, oltre un tratto intubato ed un'apposita cameretta di guardia;
- ZONA NORD (versante Nord area C.na Spezziera e versante C.na Vallone) : un apposito canale di gronda competente alla discarica la LA FILIPPA drena l'intera

superficie scolante di cava a monte, permettendo lo scarico terminale dei flussi idraulici di ruscellamento nel bacino di raccolta di valle, posto in prossimità del cancello di accesso alla discarica, per il successivo rilancio nei bacini di zona C.na Spezziera. A tale canale compete anche la superficie scolante derivante dal versante del cumulo delle argille in svernamento che immerge verso NE.
La superficie scolante derivante dal versante del cumulo delle argille in svernamento che immerge verso SO, del versante che immerge verso NE della cresta morfologica su cui sorge C.na Vallone compete invece ad un canale impostato lungo il lato occidentale della pista che sale lungo l'impluvio in oggetto e che permette la confluenza dei flussi idraulici di ruscellamento nel bacino di raccolta di valle.
Infine la superficie scolante dal versante che immerge verso SO della cresta morfologica su cui sorge C.na Vallone compete ad un canale impostato lungo il margine orientale della strada che risale lungo l'impluvio in oggetto e che permette la confluenza dei flussi idraulici di ruscellamento nel bacino di raccolta di valle.

Il tutto come illustrato nell'allegata TAV. B03 REGIMAZIONE IDRAULICA (stato attuale)

Sulla base delle anzidette considerazioni, si procede pertanto alla verifica idraulica del sistema di regimazione attuale (già comunque dimensionato in ambito di progettazione dell'impianto di discarica LA FILIPPA) ovvero al dimensionamento/verifica del sistema di regimazione che verrà allestito a completamento dei lavori propedeutici alla chiusura di cava Ferrere.

5.2.1. Calcolo delle portate affluenti

5.2.1.1. Approccio metodologico

La caratterizzazione pluviometrica dell'area vasta circostante la cava Ferrere è stata effettuata riferendosi agli studi di regionalizzazione delle precipitazioni per bacini pluviometrici omogenei definita dall’Autorità di Bacino del fiume Po (Piano

stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione, PS45).

Ai fini della determinazione dei parametri di progetto, di assetto idrogeologico ed idraulico relativi alle specifiche aree, l'Autorità di Bacino ha individuato le curve di possibilità climatica regionalizzate. La regionalizzazione, suddivide il bacino in aree pluviometriche omogenee, a partire da serie storiche regolarizzate puntuali, cioè relative alle singole stazioni di misura.

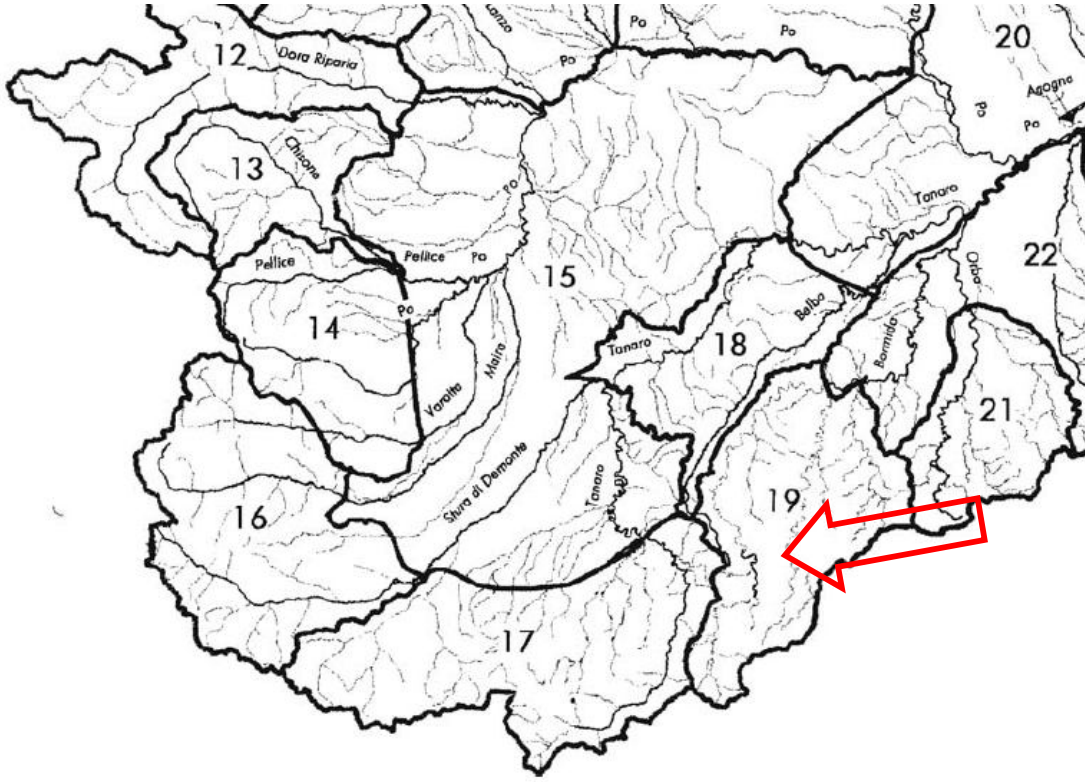


Immagine n° 1 : limiti dei sottobacini pluviometrici omogenei

Ad ogni area omogenea (bacini pluviometrici) è possibile riferire i seguenti parametri caratteristici delle curve climatiche:

B.P.O.	Tr =5 anni			Tr =10 anni			Tr =50 anni			Tr =100 anni			Tr =200 anni			Tr =500 anni		
	a	n	n'	a	n	n'	a	n	n'	a	n	n'	a	n	n'	a	n	n'
15	76,17	0,42	0,29	87,41	0,41	0,27	113,49	0,39	0,25	124,73	0,39	0,24	135,96	0,38	0,23	150,81	0,38	0,22
17	122,43	0,46	0,48	146,55	0,45	0,49	202,55	0,43	0,51	226,67	0,43	0,51	250,79	0,43	0,51	282,68	0,42	0,52
18	84,74	0,41	0,34	99,82	0,42	0,36	134,82	0,44	0,38	149,90	0,44	0,39	164,98	0,45	0,39	184,91	0,45	0,40
19	134,23	0,39	0,44	161,01	0,36	0,44	223,20	0,31	0,45	249,98	0,30	0,45	276,77	0,29	0,45	312,17	0,27	0,46
21	204,92	0,40	0,46	250,18	0,37	0,47	355,29	0,32	0,48	400,56	0,31	0,49	445,83	0,30	0,49	505,67	0,28	0,49
22	131,56	0,36	0,37	158,90	0,34	0,38	222,39	0,33	0,40	249,73	0,32	0,40	277,07	0,32	0,41	313,22	0,31	0,41

Come noto, la funzione matematica che esprime la curva di possibilità climatica per assegnato tempo di ritorno per bacini pluviometrici omogenei risulta dalla seguente espressione:

$$h_{(t)} = a\, t^{n}$$

dove:

- *h rappresenta l'altezza di pioggia [mm];*
- *t rappresenta il tempo [giorni]*
- *n' rappresenta il coefficiente per durata < 24 ore;*
- *n rappresenta il coefficiente per durata >24 ore;*

L'area in esame ricade entro la perimetrazione di cui al **Bacino Pluviometrico Omogeneo (B.P.O.) n° 19**, così come determinato dall'Autorità di Bacino del fiume Po. Mediante l'applicazione della suddetta formulazione matematica e dei relativi parametri associati al bacino, verrà calcolata l'altezza di pioggia caratteristica del tempo assegnato.

5.2.1.2. Criteri per il calcolo delle portate di progetto/verifica

Le portate di progetto/verifica verranno stimate con il *metodo del tempo di corrivazione* in quanto alle portate calcolate verrà attribuito il medesimo tempo di ritorno delle piogge che le hanno generate. Per addivenire a tale calcolo occorre sviluppare i seguenti punti:

1) analisi fisiografica dei sottobacini, ognuno di competenza ad un'asta di regimazione interna, su base cartografica di progetto (vedi allegati) al fine di definire i caratteri morfometrici di ogni sottobacino;

2) definizione del tempo di corrivazione mediante diverse formulazioni matematiche e definizione del valore caratteristico per i vari sottobacini;

3) analisi dei dati di copertura, vegetazione ed inclinazione riferibili alla superfici dei sottobacini, al fine di determinare la reale capacità di deflusso ,ovvero stimare il valore da attribuire al coefficiente di deflusso per il calcolo della portata di riferimento;

4) calcolo della portata massima di piena di ogni sottobacino applicando il metodo razionale, eventualmente valutando il contributo aggiuntivo di portata solida;

5) progetto/verifica idraulica di ogni asta di regimazione competente ad ogni sottobacino individuato sulla base della sezione caratteristica, tipo di rivestimento e pendenza longitudinale. Attraverso la modellazione dell'intero circuito idraulico di cava sarà quindi possibile individuare eventuali complementarietà tra aste diverse, quindi procedere alla verifica degli elementi terminali anche rispetto a portate competenti cumulate.

5.2.1.3. Analisi morfometrica dello stato attuale

Per i calcoli di dimensionamento delle sezioni dei dispositivi di scolo è stata analizzata la morfometria della zona di cava Ferrere oggetto di chiusura ed interventi propedeutici. Allo stato attuale si rilevano i seguenti sottobacini:
(vedi TAV. B04 REGIMAZIONE IDRAULICA (stato attuale) :

BACINO	S [km^2]	L [km]	i [%]	h_{max} [m s.l.m.]	h_c [m s.l.m.]	h_m [m s.l.m.]
Impluvio SUD	0.055	0.275	0.09	502	400	451
Gronda Vallone	0.044	0.683	0.02	435	369	402
Monte Gronda Vallone	0.03	0.250	0.02	434	417	425
Impluvi (2) C.na Vallone	0.01	0.220	0.14	402	370	386

dove

- *S rappresenta la superficie del bacino;*
- *L rappresenta la lunghezza asta principale ;*
- *i rappresenta la pendenza asta principale ;*
- *h_{max} rappresenta la quota massima del bacino ;*
- *h_c rappresenta la quota della sezione di chiusura;*
- *h_m rappresenta la quota media del bacino.*

La definizione dell'altezza media del bacino, in alternativa al metodo ipsografico, viene solitamente e cautelativamente effettuata tramite la seguente relazione:

$$h_m = 0,5 [(0,9 h_{max}) + h_c]$$

Tale equazione fornisce un risultato tecnicamente accettabile solo per:

$$h_{max} > 1,1 h_c$$

La suddetta condizione è facilmente verificabile per ampi bacini con medi dislivelli: nel caso in esame i bacini risultano di piccole dimensioni e caratterizzati da gradienti altimetrici ridotti, pertanto l'applicabilità della formula non è sempre consentita.
Sulla base di quanto detto, per i bacini con caratteristiche di cui sopra, risulta lecito assumere valori di h_m, semplicemente medi tra gli estremi dell'intervallo altimetrico h_{max} - h_c, ovvero calcolati approssimando ad 1 il fattore 0,9 nella formula sopra.

5.2.1.4. Tempo di corrivazione (tc)

La trasformazione afflussi – deflussi è una determinata sequenza di operazioni che permette, conoscendo l'altezza di precipitazione e la durata di un evento meteorico, di ottenere la portata che defluisce per la sezione di chiusura del bacino idrografico.
Nelle comuni schematizzazioni della trasformazione afflussi - deflussi si fa l'ipotesi che il tempo impiegato da una goccia di pioggia per raggiungere la sezione di chiusura del bacino scorrendo sempre in superficie sia una costante, che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta.

E' facile rendersi conto dei limiti di tale assunzione, tenendo conto del fatto che lo scorrimento superficiale avviene per la maggior parte in canalizzazioni naturali, anche di dimensioni molto ridotte: in esse, la velocità dell'acqua che scorre in superficie dipende dall'altezza d'acqua, che ovviamente varia al variare della portata.

A favore della affermazione precedentemente descritta, vi è la considerazione che la velocità dell'acqua si mantiene pressoché costante da monte verso valle, dal momento che la diminuzione di pendenza è bilanciata dai cambiamenti di larghezza, di profondità e di scabrezza.

Semplificando il modello si stabilisce che il tempo impiegato da una goccia d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura prende il nome di ***tempo di corrivazione.*** A ogni punto del bacino corrisponde dunque un particolare valore del tempo di corrivazione.

Un importante punto del bacino è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l'asta principale della rete. Il tempo di corrivazione di questo punto, che è il tempo impiegato da una goccia d'acqua per percorrere l'intera asta principale, dall'origine sullo spartiacque topografico alla sezione di chiusura, è il maggiore tra quelli di tutti i punti del bacino e prende il nome di ***tempo di corrivazione del bacino [t_c]***.

Il tempo di corrivazione si stima in genere utilizzando formule empiriche derivate dall'analisi di una gran quantità di casi reali, che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune grandezze caratteristiche del bacino di facile determinazione.

Calcolo t_c [h] mediante formula di Giandotti (1934-1937):

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1{,}5 \cdot L}{0{,}8 \cdot \sqrt{(h_m - h_c)}}$$

Calcolo t_c [h] mediante formula di Ventura (1905):

$$t_c = 0{,}127 \sqrt{\frac{S}{i}}$$

Calcolo t_c [h] mediante formula di Pezzoli :

$$t_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i}}$$

Calcolo t_c [h] mediante formula di Puglisi (1978):

$$t_c = 6 \cdot L^{2/3} \cdot (h_{max} - h_{min})^{-1/3}$$

Calcolo t_c [h] mediante formula di Tournon:

$$t_c = \frac{0,396 \cdot L}{\sqrt{i}} \left(\frac{S}{L^2} \sqrt{\frac{i}{y}} \right)^{0,72}$$

Calcolo t_c [h] mediante formula di Pasini :

$$t_c = 0,108 \frac{(S \cdot L)^{1/3}}{\sqrt{i}}$$

Calcolo t_c [h] mediante formula di Viparelli :

$$t_c = \frac{L}{S}$$

Calcolo t_c [h] mediante formula di Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot y^{-0.385}$$

Calcolo t_c [h] mediante formula S.C.S. :

$$t_c = 0.057 \frac{L^{0.8} \left((S'+1)^{0.7} \right)}{\sqrt{y}}$$

dove le grandezze di calcolo sono relative ai caratteri morfometrici dei singoli bacini analizzati e

- y rappresenta la pendenza dei versanti [m/m]

- S' rappresenta la quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino ovvero:

$$S' = \frac{1000}{CN} - 10$$

Il parametro CN deriva da metodo proposto dal Soil Conservation Service (1972), noto con il temine inglese di Curve Number relativo alla equazione di continuità ai fini del bilancio idrologico. CN può assumere valore compreso tra 0 e 100, ovvero

per CN=100 il deflusso superficiale per apporto zenitale coincide con la pioggia totale cumulata, ovvero l'infiltrazione è nulla, quindi è caratteristico di superfici completamente impermeabili.

Il parametro CN quindi è un fattore decrescente della permeabilità e risulta legato:

1) alla tipologia litologica del suolo;

2) all'uso del suolo;

3) al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato.

Per quanto riguarda la natura del suolo, l'SCS ha classificato i tipi di suolo in quattro gruppi.

Tipo idrologico di suolo	*Descrizione*
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza delle superfici.

Nella tabella seguente sono riportati, per tali gruppi, i valori del parametro CN anche con riferimento al tipo di copertura (uso del suolo).

Valori del parametro CN (adimensionale)	*←Tipo idrologico Suolo →*			
↓ Tipologia di Uso del Territorio	*A*	*B*	*C*	*D*
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m^2 (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500÷1000 m^2 (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000÷1500 m^2 (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali , lotti di 1500÷2000 m^2 (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000÷5000 m^2 (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000÷10000 m^2 (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade, ...	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terrra	72	82	87	89

Per la specifica casistica in esame stando ad una classificazione del terreno quale *TIPO D* (tipo idrologico di suolo) e dell'uso quale *spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area* (Tipologia di Uso del Territorio) si evince un valore medio di CN pari a 90.

E' evidente che il parametro CN e quindi i rapporti sopra descritti sono limitati nel tempo; CN tende a diminuire nel tempo, pertanto anche il volume infiltrato tende a zero tendendo all'unità il rapporto afflusso/deflusso.

Sulla base della anzidette relazioni sono stati pertanto quantificati i tempi di corrivazione dei vari sottobacini identificati presso l'area di cava, andando inoltre ad identificare il valore caratteristico che verrà adottato per ogni sottobacino nelle calcolazioni successive.

BACINO	t_c [h] Giandotti	t_c [h] Ventura	t_c [h] Pezzoli	t_c [h] Puglisi	t_c [h] Tournon	t_c [h] Pasini	t_c [h] Viparelli	t_c [h] Kirpich	t_c [h] S.C.S.	t_c [h] adottato
Impluvio SUD	0.24	0.15	0.08	0.56	0.27	0.14	5.00	N.A.	0.09	**0.30**
Gronda Vallone	0.41	0.19	0.27	1.17	0.17	0.24	N.A.	N.A.	0.18	**0.40**
Monte Gronda Vallone	0.47	0.16	0.10	0.94	0.20	0.15	N.A.	N.A.	0.08	**0.47**
Impluvi (2) C.na Vallone	0.23	0.03	0.03	0.70	0.06	0.04	N.A.	N.A.	0.05	**0.25**

5.2.1.5. Analisi delle capacità di deflusso dei sottobacini e valutazione del coefficiente

La capacità di deflusso di un'area idraulicamente indipendente deriva da una serie di fattori fra cui la tipologia del terrenno, la presenza ed il tipo di vegetazione, la capacità di accumulo, le dimensioni del bacino, la presenza di rivestimenti, pendenze, etc etc. Tutti questi fattori vengono rappresentati dal coefficiente di deflusso "c". E' evidente che la stima del coefficiente di deflusso è estremamente difficile e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Il parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, che spesso sono adattabili con difficoltà alle effettive condizioni del bacino in studio. Gli studi disponibili, per altro in numero piuttosto limitato, indicano tutti che il valore di "c" in un dato bacino varia in misura elevata da evento ad evento, in particolare in funzione delle differenti condizioni climatiche antecedenti. E' possibile comunque ipotizzare che, per gli eventi gravosi che sono di interesse nel campo della progettazione e delle verifiche idrauliche, il parametro assuma valori sufficientemente stabili. In qualche caso si assume che il valore di "c" cresca in funzione del tempo di ritorno dell'evento, supponendo in tal modo una risposta non lineare del bacino.

Vengono nel seguito proposte alcune indicazioni di letteratura tecnica che verranno impiegate per la definizione del coefficiente di deflusso dei sottobacini oggetto di analisi.

Valori del coefficiente C proposti in una guida della F.A.O. per la formula razionale.

Tipo di suolo	*Copertura del bacino*		
	Colivi	*Pascoli*	*Boschi*
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

Vegetazione e pendenza		*Tipi di suolo*		
		Terreno leggero	*Terreno di medio impasto*	*Terreno compatto*
Boschi	>10%	0,13	0,18	0,25
	<10%	0,16	0,21	0,36
Pascoli	>10%	0,16	0,36	0,56
	<10%	0,22	0,42	0,62
Colture agrarie	>10%	0,40	0,60	0,70
	<10%	0,52	0,72	0,82

% superficie impermeabile	pendenza media del bacino			
	< 1 %	1 ÷ 4 %	4 ÷ 10 %	> 10 %
0	0.00	0.10 ÷ 0.15	0.15 ÷ 0.20	0.20 ÷ 0.30
10	0.09	0.18 ÷ 0.23	0.23 ÷ 0.28	0.28 ÷ 0.37
20	0.18	0.27 ÷ 0.31	0.31 ÷ 0.35	0.35 ÷ 0.43
30	0.28	0.35 ÷ 0.39	0.39 ÷ 0.42	0.42 ÷ 0.50
40	0.37	0.44 ÷ 0.47	0.47 ÷ 0.50	0.50 ÷ 0.56
50	0.46	0.52 ÷ 0.55	0.55 ÷ 0.58	0.58 ÷ 0.63
60	0.55	0.60 ÷ 0.63	0.62 ÷ 0.65	0.65 ÷ 0.70
70	0.64	0.68 ÷ 0.71	0.70 ÷ 0.72	0.72 ÷ 0.76
80	0.74	0.77 ÷ 0.79	0.78 ÷ 0.80	0.80 ÷ 0.83
90	0.83	0.86 ÷ 0.87	0.86 ÷ 0.88	0.88 ÷ 0.89
100	0.92	0.94 ÷ 0.95	0.94 ÷ 0.95	0.95 ÷ 0.96

Sulla base degli anzidetti riferimenti tecnici si ritiene, in funzione della tipica conformazione montana dei bacini oggetto di analisi, possa essere associato un valore del coefficiente di deflusso pari a c = 0,7.

5.2.1.6. Calcolo della portate di piena del sistema di regimazione attuale

La stima delle portate al colmo, a cui si attribuisce probabilità pari a quella della precipitazione responsabile, risulta dalla seguente formula razionale :

$$Q_{Tr} = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

dove:

- *c rappresenta il coefficiente di deflusso inteso come rapporto tra il deflusso alla sezione considerata e l'afflusso meteorico lordo [--];*
- *h rappresenta altezza di pioggia per una durata pari a t_c [mm]*
- *S rappresenta superficie del bacino [km^2];*
- *t_c rappresenta il tempo di corrivazione del bacino [ore].*

Si ritiene che, vista la modesta estensione dei sottobacini oggetto di analisi, l'altezza di pioggia (h) adottata nelle calcolazioni si possa ritenere omogenea

sull'intera estensione dei sottobacini medesimi, e quindi assumere un coefficiente di ragguaglio delle precipitazioni pari a 1.

Nella seguente tabella sono stati messi a confronto i risultati dei calcoli di portata, in funzione dei tempi di ritorno assegnati, tramite l'applicazione dei due metodi sopra descritti.

I calcoli idrologici riassunti nelle schede in *allegato 1* sono stati condotti al fine di stimare in funzione dei **tempi di ritorno duecentennali** le portate liquide di piena, riassunte nella seguente tabella, il tutto in funzione dei criteri di regionalizzazione delle piogge secondo i criteri del PS45 e relativamente al tempo di corrivazione cautelativamente assunto.

BACINO	Q [m^3/s] TR 200
Impluvio Sud	2.77
Gronda Vallone	1.81
Monte Gronda Vallone	1.10
Impluvi C.na Vallone	0.57

5.2.2. Verifica delle sezioni di deflusso attuali

5.2.2.1. Obiettivi e criteri della verifica

Le verifiche idrauliche che seguono hanno l'obiettivo di riscontrare l'idoneo dimensionamento dell'impianto di regimazione in essere in funzione delle stimate portate affluenti possibili, ovvero individuare eventuali accorgimenti e/o implementazioni.

Le verifiche idrauliche verranno condotte considerando gli eventi di piena e quindi le relative portate calcolate in funzione del tempo di ritorno.

5.2.2.2. Metodologia di calcolo

Con l'ipotesi di condizione di moto uniforme, occorre verificare se la seguente disequazione è soddisfatta:

portata smaltibile > portata affluente (da smaltire)

Noto che la portata defluibile Q (m^3/s) di un canale è calcolabile con la seguente espressione:

$$Q = A \cdot V$$

dove:

- *A = rappresenta la superficie di deflusso data dalla sezione della condotta*
- *V = rappresenta la velocità del fluido nella condotta.*

Al fine di garantire un idoneo franco (dislivello tra la sommità della canaletta ed il massimo pelo libero dell'acqua) dovranno essere predisposte opportune opere di manutenzione, al fine di evitare che il deposito di fini crei una riduzione della sezione utile, quindi una inefficienza del sistema di regimazione.
La velocità di smaltimento per un canale a pelo libero viene invece stabilita con la formula di Strickler :

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- *K = rappresenta coefficiente di scabrezza ($m^{1/3}s^{-1}$)*
- *R = rappresenta il raggio idraulico (m)*
- *i = rappresenta la pendenza del fondo (%).*

risultando pertanto

$$Q = A\ K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

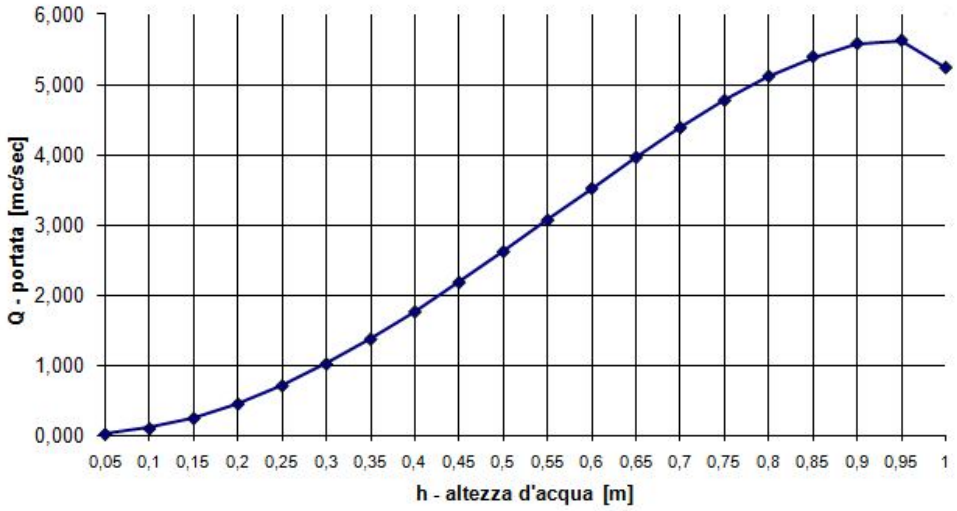
In funzione delle possibili diverse sezioni di deflusso delle canalette si procede con i calcoli di verifica idraulica, il tutto come raccolto nei seguenti schemi di calcolo.

5.2.2.3. Canale regimazione IMPLUVIO SUD

Il canale realizzato presenta una sezione trapezoidale minima in terra, avente base minore di 1,20 m, inclinazione delle sponde di 45 ° ed altezza di 1,0 m. Assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.45 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.55 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE IMPLUVIO SUD) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE



Il canale, dopo aver costeggiato il lato meridionale dell'area di cava, scarica il proprio flusso nel Rio Filippa previo sottopasso con tratto intubato in profilati in cls aventi diametro 1,0 m. Considerando una scabrezza pari a 70 $m^{1/3}s^{-1}$ dalla verifica **emerge che la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.52 m ovvero con massimo grado di riempimento del 50 %**, il tutto come indicato nella scheda allegata (TRATTO INTUBATO CANALE IMPLUVIO SUD) ed illustrato nella seguente curva PORTATA - ALTEZZE.



5.2.2.4. Canale di gronda lato Vallone + Canale Monte gronda Vallone

Il canale di gronda lato Vallone realizzato presenta una sezione trapezoidale minima in terra, avente base minore di 0,80 m, inclinazione delle sponde di 45 ° ed altezza di 0,70 m.

Il Canale realizzato a monte lungo l'incisione antropica che costeggia il limite settentrionale dell'area di cava ad est di C.na Spezziera presenta una sezione trapeziodale minima in terra avente base minore di 0,80 m, inclinazione delle sponde di 45 ° ed altezza di 0,60 m.

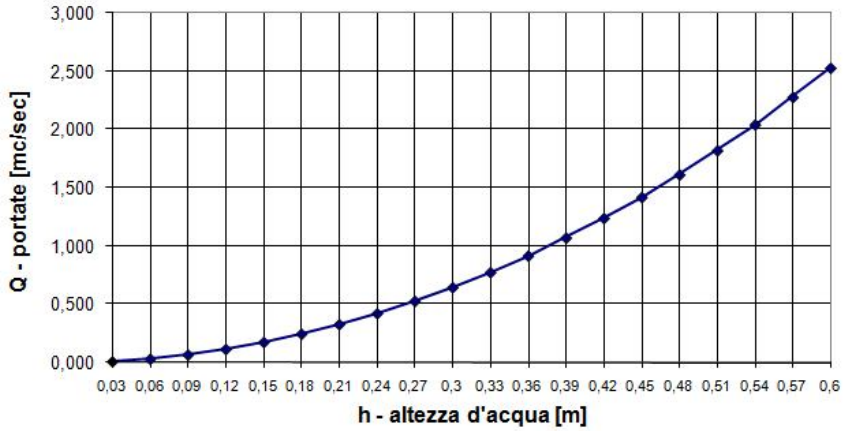
In corrispondenza dell'incrocio tra la pista perimetrale di servizio della discarica e l'incisione antropica che da monte C.na Vallone risale verso C.na Speziera, il canale a monte gronda Vallone confluisce nel canale di gronda stesso. A partire da tale confluenza il canale di gronda si innesta nell'impluvio avente come pareti laterali le ex scarpate di scavo ed il deposito di svernamento delle argille che permettono all'asta idraulica di raggiungere sezioni di esercizio notevoli (nel primo tratto la sezione in terra trapezoidale presenta una base minore di 1,5 m, inclinazione delle sponde di 45° ed altezza di circa 4 m).

Per quanto riguarda il canale di gronda lato Vallone, assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza**

d'acqua pari a 0,51 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.19 m, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE DI GRONDA LATO VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE



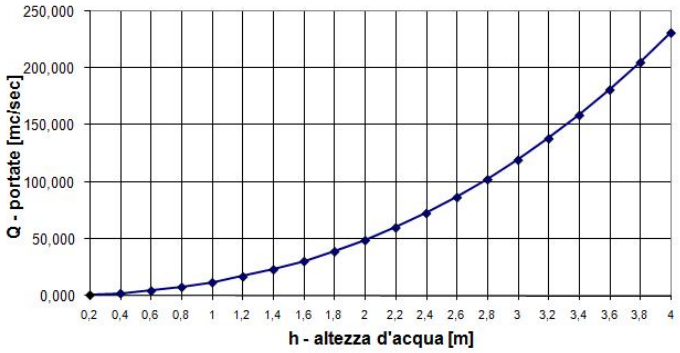
Per quanto riguarda il canale a monte della gronda lato Vallone, assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0,40 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.20 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE A MONTE DI GRONDA LATO VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA-ALTEZZE



L'ultimo tratto del canale di gronda lato Vallone, a valle della confluenza con il canale a monte, assumerà la portata derivante dalla sommatoria delle portate singole quindi pari a 1,81 + 1,10 m^3/s = 2,91 m^3/s. In tale tratto la gronda assume una sezione decisamente ampia, prossima all'impluvio in cui si innesta, con forma

trapezoidale e una base minore di 1,5 m, inclinazione delle sponde di 45° ed altezza di circa 4 m).

Assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0,49 m con un franco rispetto alle sponde oltre il metro**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE A MONTE DI GRONDA LATO VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE



5.2.2.5. Impluvi C.na Vallone

Il canali realizzati lungo le piste che risalgono gli impluvi presentano una sezione quadrata minima in terra, avente lato di 0,50 m. Assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.31 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.19 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALI PRESSO IMPLUVIO VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE



I due canali confluiscono congiuntamente verso il bacino di raccolta attraverso una profonda incisione che ne consente il deflusso nella suddetta depressione.

5.3. Sistema di regimazione allo stato finale di chiusura di Cava Ferrere

Il sistema di regimazione idraulico di cava Ferrere in fase post operam degli interventi sistematori si interfaccerà con la necessità, dettata dall'impianto di discarica LA FILIPPA, di deviare al bordo della discarica stessa, tutti i flussi di ruscellamento superficiale provenienti da monte, ivi compresi anche quelli competenti alle aree di ex cava. Verrà mantenuto il criterio attuale di recupero dei flussi superficiali competenti al versante Nord (zona a monte di C.na Vallone), ovvero di scarico nel Rio Filippa dei flussi competenti a versante Sud (zona valla di C.na Speziera).
Il sistema sarà composto dai seguenti elementi:

- ZONA IMPLUVIO SUD : un canale scavato e sagomato in terra drena la superficie scolante di cava in zona c.na Spezziera (versante immergente verso Sud) e ne permette lo scarico dei flussi idraulici di ruscellamento nel Rio Filippa, oltre un tratto intubato ed un'apposita cameretta di guardia; nel bacino di competenza a tale asta non si prevedono interventi sistematori ulteriori, pertanto il canale esistente verrà mantenuto in efficienza al fine di preservarne l'officiosità nel tempo; in fase di operatività della discarica tale canale potrà anche accettare i flussi competenti al canale di gronda Sud della discarica la FILIPPA. In fase di post chiusura della discarica si potrà invece prevedere lo sdoppiamento dei dispositivi, pertanto al canale esistente torneranno ad essere competenti le superfici scolanti attuali;

- ZONA NORD (versante Nord area C.na Spezziera e versante C.na Vallone) : un apposito canale di gronda competente alla discarica la LA FILIPPA drena l'intera superficie scolante di cava a monte, permettendo lo scarico terminale dei flussi idraulici di ruscellamento nel bacino di raccolta di valle, posto in prossimità del cancello di accesso alla discarica, per il successivo rilancio nei bacini di zona C.na

Spezziera. A tale canale compete anche la superficie scolante derivante dal versante del cumulo delle argille in svernamento che verrà rimodellato con interventi scavo - riporto. Si prevede il mantenimento in esercizio dell'attuale canaletta posta a monte del canale di gronda, infine la realizzazione di canalette di raccolta competenti alle superfici piane che derivereranno dagli interventi sistematori anzidetti. Lo scolo dell'intero flusso competerà al canale di gronda il cui tracciato verrà reso parallelo alla pista di servizio nord della discarica. Eventuali tratti interferenti con la viabilità del sito saranno realizzati con profili circolari in cls autoportante.

Il tutto come illustrato nell'allegata TAV. B04 REGIMAZIONE IDRAULICA (stato finale chiusura cava Ferrere).

Durante i lavori sistematori presso la zona di accumulo delle argille in svernamento la gestione dei flussi di ruscellamento avverrà in modo da consentire la cantierabilità della zona, impostando pendenze di esercizio tali da permettere il deflusso naturale verso le aste principali (canale di gronda a lato strada).

5.3.1. Calcolo delle portate affluenti

5.3.1.1. Approccio metodologico

Vedasi paragrafo 5.3.1.1..

5.3.1.2. Criteri per il calcolo delle portate di progetto/verifica

Vedasi paragrafo 5.3.1.2..

5.3.1.3. Analisi morfometrica dello stato di progetto finale

Per i calcoli di dimensionamento delle sezioni dei dispositivi di scolo in progetto è stata analizzata la morfometria della zona di cava Ferrere oggetto di chiusura e risultante dalla tavole progettuali. (vedi TAV. B05 REGIMAZIONE IDRAULICA (stato finale chiusura cava Ferrere).

BACINO	S	L	i	h_{max}	h_c	h_m

	[km^2]	[km]	[%]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]
Impluvio SUD	0.055	0.275	0.09	502	400	451
Gronda SUD	0.011	0.150	0.02	425	420	423
Monte Gronda Vallone	0.03	0.250	0.02	434	417	425
Gronda Vallone	0.044	0.683	0.02	435	369	402
Canalette su piazzali C.na Vallone	0.022	0.200	0.01	400.5	400	400.25

dove

- *S rappresenta la superficie del bacino;*
- *L rappresenta la lunghezza asta principale ;*
- *i rappresenta la pendenza asta principale ;*
- *h_{max} rappresenta la quota massima del bacino ;*
- *h_c rappresenta la quota della sezione di chiusura;*
- *h_m rappresenta la quota media del bacino.*

5.3.1.4. Tempo di corrivazione (tc)

Sulla base delle considerazioni teoriche di cui al parag. 5.3.1.4. risultano i seguenti risultati numerici:

BACINO	t_c [h] Giandotti	t_c [h] Ventura	t_c [h] Pezzoli	t_c [h] Puglisi	t_c [h] Tournon	t_c [h] Pasini	t_c [h] Viparelli	t_c [h] Kirpich	t_c [h] S.C.S.	t_c [h] adottato
Impluvio SUD	0.24	0.15	0.08	0.56	0.27	0.14	5.00	N.A.	0.09	**0.30**
Gronda SUD	0.47	0.09	0.06	1.01	0.14	0.09	N.A.	N.A.	0.07	**0.50**
Monte Gronda Vallone	0.47	0.16	0.10	0.94	0.20	0.15	N.A.	N.A.	0.08	**0.47**
Gronda Vallone	0.23	0.03	0.03	0.70	0.07	0.04	N.A.	N.A.	0.07	**0.25**

Canalette su piazzali C.na Vallone	2.23	0.19	0.11	2.61	0.15	0.18	N.A.	N.A.	0.05	**1.00**

5.3.1.5. Analisi delle capacità di deflusso dei sottobacini e valutazione del coefficiente

Sulla base degli riferimenti tecnici di cui al para 5.3.1.5 del presente elaborato si ritiene, in funzione della tipica conformazione montana dei bacini oggetto di analisi, possa essere associato un valore del coefficiente di deflusso pari a c = 0,7.

5.3.1.6. Calcolo della portata di piena del sistema di regimazione attuale

La stima delle portate al colmo, a cui si attribuisce probabilità pari a quella della precipitazione responsabile, risulta dalla seguente formula razionale :

$$Q_{Tr} = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

dove:

- *c rappresenta il coefficiente di deflusso inteso come rapporto tra il deflusso alla sezione considerata e l'afflusso meteorico lordo [--];*
- *h rappresenta altezza di pioggia per una durata pari a t_c [mm]*
- *S rappresenta superficie del bacino [km^2];*
- *t_c rappresenta il tempo di corrivazione del bacino [ore].*

Si ritiene che, vista la modesta estensione dei sottobacini oggetto di analisi, l'altezza di pioggia (h) adottata nelle calcolazioni si possa ritenere omogenea sull'intera estensione dei sottobacini medesimi, e quindi assumere un coefficiente di ragguaglio delle precipitazioni pari a 1.

Nella seguente tabella sono stati messi a confronto i risultati dei calcoli di portata, in funzione dei tempi di ritorno assegnati, tramite l'applicazione dei due metodi sopra descritti.

I calcoli idrologici riassunti nelle schede in *allegato 1* sono stati condotti al fine di stimare in funzione dei **tempi di ritorno duecentennali** le portate liquide di piena, riassunte nella seguente tabella, il tutto in funzione dei criteri di regionalizzazione delle piogge secondo i criteri del PS45 e relativamente al tempo di corrivazione cautelativamente assunto.

BACINO	Q [m^3/s] TR 200
Impluvio SUD	2.77
Gronda SUD	0.45
Monte Gronda Vallone	1.10
Gronda Vallone	1.81
Canalette su piazzali C.na Vallone	0.81

5.3.2. Verifiche e dimensionamento idraulico

5.3.2.1. Obiettivi e criteri della verifica

Le verifiche e dimensionamento idraulico che seguono hanno l'obiettivo di riscontrare l'idoneo dimensionamento dell'impianto di regimazione in essere e di indicare le dimensioni minimi che dovranno avere le nuove aste previste.
I calcoli verranno condotti considerando gli eventi di piena e quindi le relative portate calcolate in funzione del tempo di ritorno duecentennale.

5.3.2.2. Metodologia di calcolo

Con l'ipotesi di condizione di moto uniforme, occorre verificare se la seguente disequazione è soddisfatta:

portata smaltibile > portata affluente (da smaltire)

Noto che la portata defluibile Q (m^3/s) di un canale è calcolabile con la seguente espressione:

$$Q = A \cdot V$$

dove:

- *A = rappresenta la superficie di deflusso data dalla sezione della condotta*
- *V = rappresenta la velocità del fluido nella condotta.*

Al fine di garantire un idoneo franco (dislivello tra la sommità della canaletta ed il massimo pelo libero dell'acqua) dovranno essere predisposte opportune opere di manutenzione, al fine di evitare che il deposito di fini crei una riduzione della sezione utile, quindi una inefficienza del sistema di regimazione.
La velocità di smaltimento per un canale a pelo libero viene invece stabilita con la formula di Strickler :

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- *K = rappresenta coefficiente di scabrezza ($m^{1/3}s^{-1}$)*
- *R = rappresenta il raggio idraulico (m)*
- *i = rappresenta la pendenza del fondo (%).*

risultando pertanto

$$Q = A\ K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

In funzione delle possibili diverse sezioni di deflusso delle canalette si procede con i calcoli di verifica idraulica, il tutto come raccolto nei seguenti schemi di calcolo.

5.3.2.3. Canale regimazione IMPLUVIO SUD e GRONDA SUD

Attualmente il canale IMPLUVIO SUD presenta una sezione trapezoidale minima in terra, avente base minore di 1,20 m, inclinazione delle sponde di 45 ° ed altezza di 1,0 m ed opera con un franco idraulico minimo di 0,55 m.
In fase di post chiusura della discarica potrà ricevere anche i flussi competenti al canale di gronda Sud per cui è stimata una portata di esercizio pari a 0,45 m^3/s.

In totale, pertanto, al canale IMPLUVIO SUD competerà la portata derivante dalla somma delle portate singole ovvero 2.77 + 0.45 = 3.22 m^3/s.

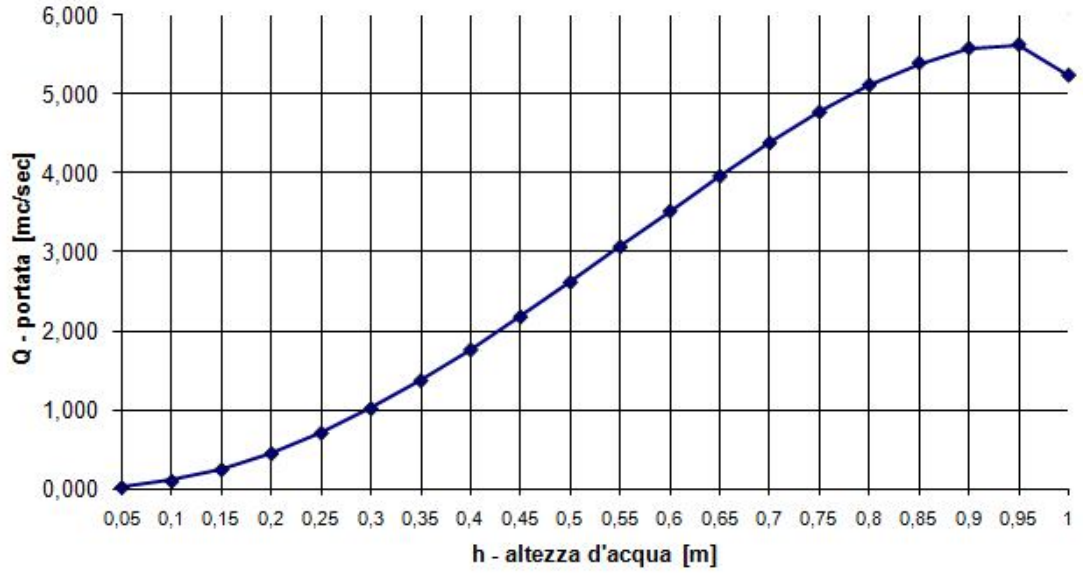
Per quanto concerne il canale di GRONDA SUD, ipotizzando una sezione trapezoidale minima in terra, avente base minore di 0.80 m , inclinazione delle sponde di 45 ° ed altezza pari a 0.70 m, assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.25 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.45 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE GRONDA SUD) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE



Per quanto concerne il canale IMPLUVIO SUD, a valle della confluenza del CANALE DI GRONDA SUD, rilevando una sezione trapezoidale minima in terra, avente base minore di 1.20 m , inclinazione delle sponde di 45 ° ed altezza pari a 1.00 m, assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.39 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.38 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE GRONDA SUD) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE

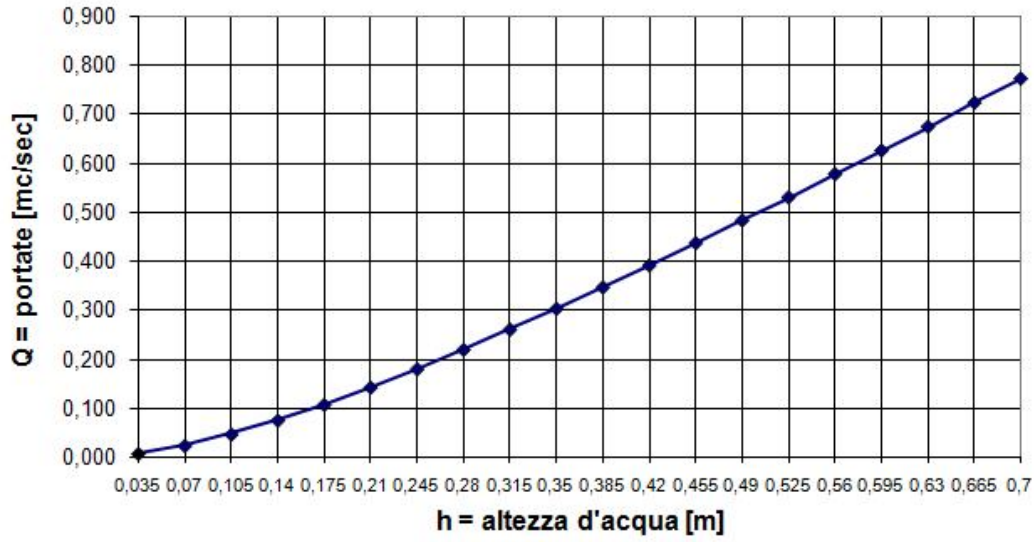


Il canale IMPLUVIO SUD dopo aver costeggiato il lato meridionale dell'area di cava, scarica il proprio flusso nel Rio Filippa previo sottopasso con tratto intubato in profilati in cls aventi diametro 1,0 m. Considerando una scabrezza pari a 70 $m^{1/3}s^{-1}$ dalla verifica **emerge che la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.57 m ovvero con massimo grado di riempimento del 57 %**, il tutto come indicato nella scheda allegata (TRATTO INTUBATO CANALE IMPLUVIO SUD CON APPORTO GRONDA SUD) ed illustrato nella seguente curva PORTATA - ALTEZZE.



5.3.2.4. Canalette piazzali C.na Vallone, Canale Monte gronda Vallone, Canale Gronda Vallone

Per quanto concerne le canalette su piazzali C.na Vallone, trattasi di dispositivi in terra scavati a sezione rettangolare e localizzati in corrispondenza del ciglio inferiore della scarpata a monte dei piazzali. Tali dispositivi potranno essere impiegati anche in operam, al fine di regimare i flussi di ruscellamento. Si prevede la realizzazione con sezione rettangolare in terra, avente base 0.70 m ed altezza delle sponde 0.70 m. Assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.50 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.20 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALETTE SU PIAZZALI C.NA VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE



Il Canale realizzato a monte lungo l'incisione antropica che costeggia il limite settentrionale dell'area di cava ad est di C.na Spezziera presenta una sezione trapeziodale minima in terra avente base minore di 0,80 m, inclinazione delle sponde di 45 ° ed altezza di 0,60 m. Assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0,40 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.20 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE A MONTE DI GRONDA LATO VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE



Il canale di gronda lato Vallone realizzato presenta una sezione trapezoidale minima in terra, avente base minore di 0,80 m, inclinazione delle sponde di 45 ° ed altezza di 0,70 m. Assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0,51 m con un franco rispetto alle sponde pari a 0.19 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE DI GRONDA LATO VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE

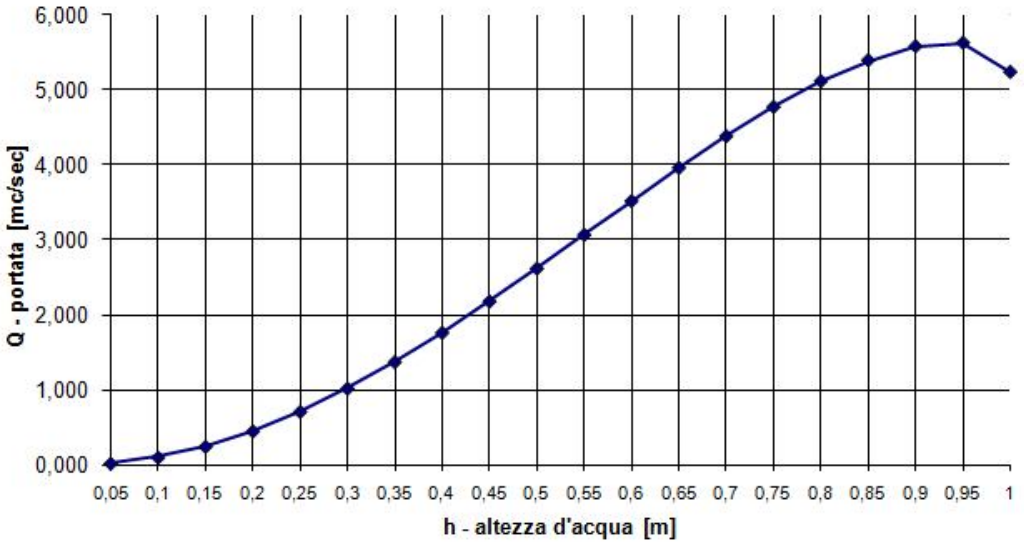


L'ultimo tratto del canale di gronda lato Vallone, a valle della confluenza con il canale a monte e delle canalette su piazzali c.na Vallone, assumerà la portata derivante dalla sommatoria delle portate singole quindi pari a 1,81 + 1,10 + 0.47 +0.47 m^3/s = 3.85 m^3/s.

In tale tratto terminale il canale di gronda Vallone presenta una pendenza longitudinale pari al 12 % ed una sezione trapezoidale a una base minore di 0.80 m, inclinazione delle sponde di 45° ed altezza di circa 0.70 m. Assumendo un coefficiente di scabrosità di Kutter pari a 1,0 risulta che **la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0,48 m con un franco rispetto alle sponde di 0.22 m**, il tutto come indicato nella SCHEDA ALLEGATA (CANALE GRONDA VALLONE ULTIMO TRATTO) ed illustrato nella seguente curva PORTATA- ALTEZZE

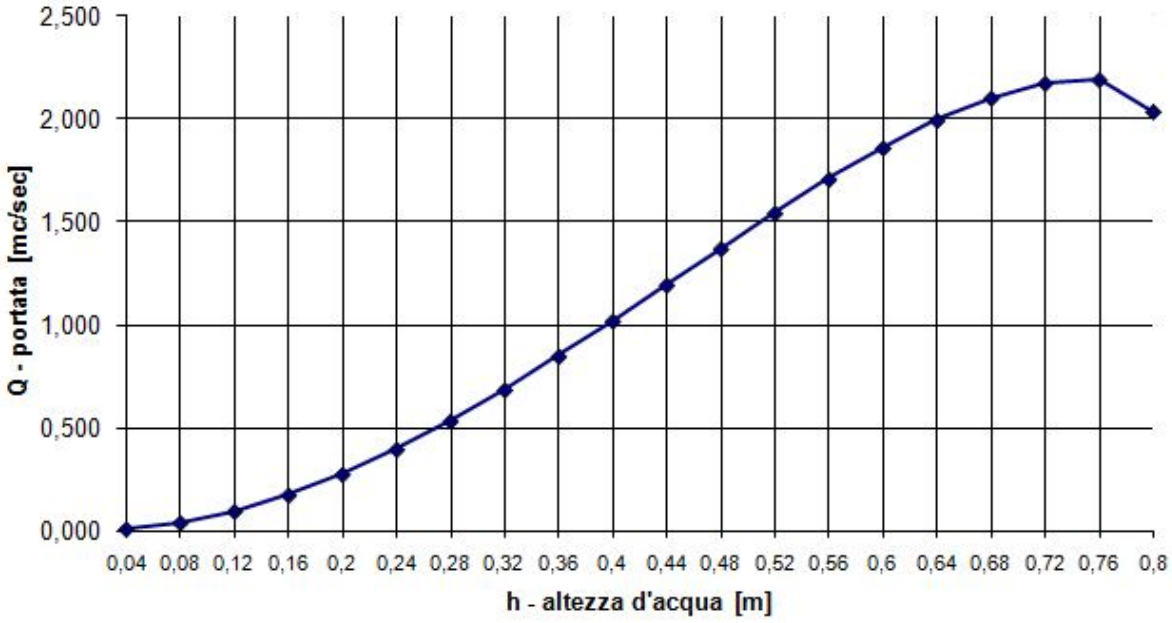


Per quanto riguarda i tratti intubati del CANALE DI GRONDA CASCINA VALLONE si prevede la realizzazione con profilati in cls aventi diametro 1,0 m. Considerando una scabrezza pari a 70 $m^{1/3}s^{-1}$ dalla verifica **emerge che la portata (Q = 3.38 m^3/s equivalente alla portata intera del canale di gronda al netto dell'afflusso della canaletta sul piazzale inferiore di C.na Vallone) defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.60m ovvero con massimo grado di riempimento del 60 %**, il tutto come indicato nella scheda allegata (TRATTO INTUBATO CANALE GRONDA VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA - ALTEZZE.



5.3.2.5. Tratti intubati zona Vallone

Per quanto riguarda i tratti intubati delle CANALETTE SU PIAZZALI C.NA VALLONE si prevede la realizzazione con profilati in cls aventi diametro 0,8 m. Considerando una scabrezza pari a 70 $m^{1/3}s^{-1}$ dalla verifica **emerge che la portata defluisce con un'altezza d'acqua pari a 0.30 m ovvero con massimo grado di riempimento del 40 %**, il tutto come indicato nella scheda allegata (TRATTO INTUBATO CANALETTE SU PIAZZALI C.NA VALLONE) ed illustrato nella seguente curva PORTATA - ALTEZZE.



5.4. Considerazioni conclusive

Le calcolazioni condotte restituiscono i dimensionamenti/verifiche delle aste di regimazione idraulica competenti alle aree di cava Ferrere. Vista la contiguità tra le aree di cava e la discarica LA FILIPPA è evidente che il sistema di regimazione idraulica generale integra le esigenze comuni di captazione dei flussi di ruscellamento ed il relativo trasporto verso i collettori terminali.

Alla luce di tutto quanto sopra si può considerare che le modificazioni progettuali dettate dall'esigenza di chiusura della cava Ferrere, sotto il profilo idraulico, verranno gestite al fine di ottimizzare le condizioni di sicurezza andando a garantire, in tutte le casistiche discretizzate, una idonea regimazione dei flussi di ruscellamento di apporto zenitale.

6.0. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il settore studiato comprende un tratto significativo del corso del F. Bormida di Spigno, a monte e valle dell'abitato di Cairo Montenotte, unitamente al segmento parallelo del corso del Bormida di Millesimo. Si rende così possibile visualizzare l'estensione regionale dei complessi idrogeologici scarsamente permeabili costituenti la struttura del rilievo, la distribuzione localizzata dei complessi a maggiore permeabilità relativi ai terreni delle coperture, i rapporti tra circuiti idrici sotterranei e corpi idrici superficiali. L'ampiezza dell'areale considerato consente di localizzare cartograficamente anche le litologie relative al basamento alpino e alle sequenze carbonatiche, i cui affioramenti si collocano a distanza rilevante e sempre idrogeologicamente isolati dalle unità litologiche di diretto interesse progettuale.
In accordo con la procedura sviluppata nello "Studio e valutazione della vulnerablità intrinseca delle acque sotterranee" promosso dalla Provincia di Cuneo (Civita, 2005) nell'ambito territoriale di riferimento sono state individuate, sulla base dell'assetto geologico-strutturale, principali serie idrogeologiche ed i relativi complessi:

Serie idrogeologiche del substrato locale

- Serie del basamento alpino, costituita nell'area esaminata da 1 complesso idrogeologico;

- Serie Triassica, comprendente 1 complesso idrogeologico;
- Serie Oligo-Miocenica, composta da 3 complessi idrogeologici;

Serie idrogeologiche delle coperture

- Serie idrogeologica Quaternaria, basata alla scala di rappresentazione adottata (1:25.000) su 2 complessi.

Affinando la scala di analisi emerge che l'area in esame rientra all'interno del bacino del Rio Filippa, all'interno del quale, sulla base del suddetto approccio, è possibile distinguere le serie seguenti:

Serie idrogeologica relativa al substrato locale

Serie Oligo-Miocenica, composta da 2 complessi idrogeologici:

- Complesso argilloso-marnoso
- Complesso arenaceo-marnoso

Serie idrogeologica delle coperture

Serie idrogeologica Quaternaria, comprendente alla scala di dettaglio adottata 3 complessi:

- Complesso di conoide
- Complesso torrentizio alluvionale
- Complesso detritico-colluviale

Complesso argilloso-marnoso

Nell’ambito del bacino del Rio Filippa, il rilevamento geologico di dettaglio consente di attribuire a questo complesso le litofacies 1 e 2 individuate per la Formazione di Rocchetta-Monesiglio. Si tratta in grande prevalenza di marne e marne argillose con intercalazioni arenacee e calcarenitiche nettamente subordinate costituenti sporadici livelli (spessore da centimetrico a 1 ÷ 2 dm) inglobati nell’ammasso pelitico. L’unità costituisce la maggior parte del bacino e, in particolare, la quasi totalità dei settori medio e inferiore, risultando delimitata inferiormente e superiormente dal complesso arenaceo-marnoso.

In posizione stratigraficamente superiore, al margine Ovest del bacino la comparsa della litofacies 3 segna il passaggio al sovrastante complesso arenaceo-marnoso affiorante diffusamente nella valle del Bormida di Millesimo, al di fuori dell'area in esame.
Lo spessore complessivo del Complesso argilloso-marnoso rilevato tramite i rilievi di terreno, le ricostruzioni stratimetriche e le stratigrafie delle perforazioni varia per lo più tra alcune centinaia di metri e oltre 500 m. La permeabilità primaria per porosità assume valori relativi bassissimi. A questa si può associare una componente per fessurazione localizzata, a livello puntuale, in corrispondenza dei livelli arenacei, con valori relativi medio-bassi.
Alla scala del rilievo collinare, pertanto, la permeabilità del complesso risulta praticamente nulla. A scala epidermica dei versanti, lo sviluppo dei processi di degradazione e fessurazione della roccia in prossimità della superficie comporta lo sviluppo di un orizzonte alterato (spessore pochi metri, normalmente 1 ÷ 3 m) con una ridotta permeabilità secondaria per fessurazione. Al suo interno, in occasione di precipitazioni rilevanti, si può determinare la formazione di un fronte freatico sospeso, di spessore decimetrico, defluente per gravità.

L'unità costituisce la struttura del rilievo relativo alla quasi totalità del bacino del Rio Filippa, dalla zona di testata del bacino sino a valle della confluenza con il Rio Ferrere. Nel suo ambito sono modellate sia le aste relative al reticolo secondario, sia il solco vallivo principale. La sequenza litologica rappresenta il substrato locale su cui poggiano, tramite superfici di tipo erosivo i terreni incoerenti delle coperture (depositi detritico-colluviali, di frana, di conoide, torrentizi). Il complesso argilloso-marnoso costituisce, quindi, il termine di appoggio basale a bassissima permeabilità che delimita inferiormente i circuiti idrici presenti nelle coperture e ne condiziona le modalità di deflusso. In altre parole, la configurazione delle idrostrutture individuate è improntata dai rapporti geometrici e giaciturali tra questa unità e i complessi delle coperture.

Complesso arenaceo-marnoso

Corrisponde nell'ambito del bacino del Rio Filippa ai corpi arenacei con spessore e continuità significativi presenti nell'ambito della Formazione di Rocchetta-Monesiglio considerata nel suo complesso, quali i termini stratigrafici RTM3 e RTM4 a cui è stata accorpata, sulla base del rilevamento di dettaglio e dei risultati delle indagini geognostiche, anche la litofacies 3 della Formazione di Rocchetta. L'unità nell'insieme comprende fitte alternanze arenaceo-marnose con netta prevalenza della componente granulare, intervallate ad orizzonti arenacei di spessore plurimetrico separati da livelli marnosi generalmente ridotti.

Il passaggio verso il sottostante complesso argilloso-marnoso si realizza in modo graduale tramite la litofacies 3, dove la componente granulare nettamente subordinata costituisce già singoli livelli intercalati nell'ammasso marnoso. Il complesso arenaceo-marnoso è presente solo alla sommità dello spartiacque nella zona di testata del Rio, con affioramenti estesi sul versante degradante verso l'adiacente bacino del Bormida di Millesimo. La giacitura complessiva della serie Oligo- Miocenica immergente a O – NO, determina la disposizione a reggipoggio dell'unità nel tratto afferente nella vallecola del Rio Filippa.

Permeabilità prevalente per fessurazione, nell'insieme con valori relativi bassi o, localmente medio-bassi. Lo stato di fratturazione e lo spessore degli intervalli arenacei determina una certa variabilità nella permeabilità, con l'esistenza localmente di piccoli corpi idrici con sviluppo locale.

Seguendo l'assetto giaciturale complessivo, con inclinazione della stratificazione verso O – NO, i limitati deflussi sotterranei si dispongono al di fuori del Bacino del Rio Filippa lungo i versanti occidentali dei rilievi collinari. Tale assetto determina il deflusso verso l'esterno del bacino (Ovest) dei contributi di infiltrazione che si riscontrano nella parte superiore del rilievo, come rilevabile anche dalle piccole sorgenti presenti lungo il Rio di Rocchetta, nell'ambito del Bormida di Millesimo.

Complesso di conoide

Corrisponde ai depositi dell'apparato di conoide accumulati dal Rio Filippa allo sbocco del suo breve e ripido tratto collinare. E' costituito in prevalenza da terreni a

granulometria grossolana, ghiaie e sabbie con ciottoli, sabbie fini e limi sabbiosi fini, inglobanti localmente clasti e blocchi di arenaria con dimensioni da decimetrica a metrica. Depositi a granulometria più fine caratterizzano le porzioni laterali e distali del conoide, oltre a costituire lenti intercalate verso la base della sequenza. Si tratta di alternanze di limi sabbiosi, sabbie fini limose, limi argillosi, inglobanti frammenti di arenaria alterati con dimensioni variabili dalla ghiaia ai ciottoli con dimensione decimetrica. L'unità affiora lungo il tratto superiore del Rio Filippa, nella zona più acclive e incassata della vallecola, in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua sino allo sbocco nel fondovalle (quota 420 m slm circa) e nei tratti di versante adiacenti l'incisione. La giacitura del complesso si configura in funzione dell'andamento della superficie di appoggio basale sul substrato. All'interno dell'accumulo la presenza di diversi episodi deposizionali comporta significative variazioni granulometriche. Gli spessori variano da 2 ÷ 4 m nel tratto superiore dell'incisione a circa 15 m nel settore basale del conoide. Permeabilità di tipo primario per porosità, con valori relativi variabili in un ampio range in funzione della granulometria: da alti a medi nei depositi più grossolani, sino a bassi nei termini più fini. La presenza prevalente in affioramento della frazione detritica grossolana favorisce l'infiltrazione degli apporti meteorici diretti. La limitata estensione del complesso, la rilevante inclinazione della superficie di appoggio basale costituente un limite di permeabilità e l'elevata permeabilità complessiva favoriscono, tuttavia, il rapido deflusso delle acque immagazzinate, impedendo la formazione di un circuito idrico significativo.

Anche a seguito di elevate precipitazioni, la fase di scarico dei volumi idrici immagazzinati si verifica in pochi giorni. Il recapito finale della circolazione è costituito dai depositi del complesso torrentizio alluvionale presenti con continuità subito a valle lungo la vallecola del Rio Filippa.

Complesso torrentizio alluvionale

Depositi relativi alla dinamica evolutiva attuale del Rio Filippa a valle dell'apparato di conoide.

Ghiaie e sabbie argillose, limi argillosi e argille inglobanti clasti di arenaria poco elaborati e scaglie di marna alterata. La frazione più grossolana si riduce progressivamente procedendo verso valle.

L'architettura deposizionale è di tipo lentiforme o in corpi di limitata continuità in contatto tramite superfici erosive. L'unità occupa il solco erosivo del Rio, modellato nel complesso argillosomarnoso, con spessori generalmente limitati (3 ÷ 5 m), come rilevato attraverso le indagini geognostiche e l'esame delle sezioni dell'alveo (in vari tratti il fondo dell'alveo è direttamente inciso nell'Unità marnoso-arenacea – litofacies 1 e 2). Permeabilità di tipo primario per porosità, con valori relativi variabili da medi a medio-bassi in funzione della continuità e dello spessore delle intercalazioni grossolane con limitata presenza della matrice limoso-argillosa. In relazione all'estensione in affioramento, alla posizione morfologica sul fondo della vallecola del Rio dai limitati gradienti topografici, e ai rapporti geometrici con le altre unità delle coperture il complesso torrentizio alluvionale costituisce l'unico l'acquifero significativo, dalla potenzialità comunque molto limitata. La circolazione idrica sotterranea risulta in continuità idraulica con l'alveo del Rio, determinando la presenza di una falda libera con superficie piezometrica a limitata profondità.

L'alimentazione di questa falda deriva principalmente dai contributi delle unità idrolitologiche affioranti a monte (complesso di conoide) e sui versanti circostanti (complesso detritico-colluviale), dagli apporti per ruscellamento diretto nonché, in misura ridotta, dagli apporti meteorici diretti.

Complesso detritico-colluviale

Coperture detritico-colluviali, accumuli di frana. Sabbie fini e limi argilloso-sabbiosi, inglobanti a tratti clasti di arenaria alterata, scaglie e porzioni di strati arenacei con dimensioni comprese tra le ghiaie e i blocchi. Assortimento granulometrico fortemente variabile e, generalmente, con rilevante presenza di una matrice fine. La frazione detritica grossolana in contesti localizzati, di ridotta estensione areale, può risultare localmente prevalente. Spessori variabili, compresi generalmente nell'ordine di pochi metri, con valori massimi accertati di 5 ÷ 8 m nell'ambito del

bacino del Rio Filippa. La giacitura e l'andamento della base degli accumuli si configurano in relazione all'assetto delle morfologie erosive direttamente modellate nelle unità del substrato. I principali affioramenti di questo complesso si individuano: sulla paleosuperficie che costeggia un tratto della Provinciale per Cengio, tra Case Clini e la località Nadina; alla base del versante degradante da Nadina; nelle inflessioni dei pendii degradanti verso il fondovalle del Rio Filippa. La permeabilità è di tipo primario per porosità con valori relativi variabili da medi (accumuli a granulometria grossolana presenti nel tratto superiore della dorsale di Case Clini) a medio-bassi (coperture detritico-colluviali vere e proprie). Presenza di circuiti idrici prettamente locali, spesso a deflusso stagionale, con potenzialità idriche controllate dall'estensione e dallo spessore comunque limitato dei depositi. Per la posizione morfo-stratigrafica del complesso, la circolazione sotterranea presente costituisce piccoli circuiti idrici sospesi al di sopra dei complessi del substrato locale. Le potenzialità idriche sono sempre di modestissima entità.

6.1. Conclusioni

Sulla base della anzidetta rendicontazione idrogeologica si evince che l'area di cava Ferrere insiste su un complesso di natura argilloso-marnoso caratterizzato da permeabilità estremamente bassa, praticamente nulla. Localmente la permeabilità cresce a livelli medio-bassi in corrispondenza di sottili livelli litoidi fratturati.
Mentre le aree intonse (valle C.na Speziera) presentano invece una permeabilità di tipo primaria per porosità, le aree a deposito antropico presentano invece una permeabilità di tipo secondario per fessurazione, tuttavia caratterizzata da valori relativamente bassi.

Nel complesso la chiusura di cava Ferrere, con locali interventi di sistemazione morfologica ed ottimizzazione del sistema di regimazione idraulica, non comportano una alterazione dell'assetto idrogeologico del sito.

Estrema cura dovrà essere posta, tuttavia, nella stesa ed abbancamento dei volumi

di riporto in zona Vallone al fine di uniformare la costipazione ed evitare la formazione di zone con permeabilità maggiore che possono indurre circuiti di dilavamento ed infiltrazione all'interno del versante di neoformazione. Infine la corretta realizzazione e manutenzione del sistema di regimazione idraulica permetterà, visto l'elevato grado impermeabilità delle superfici, la captazione dei flussi superficiali di ruscellamento e la relativa regolamentazione.

7.0. ALLEGATI

- SCHEDE DI ANALISI IDROLOGICA IDRAULICA DEI BACINI COMPETENTI ALLE ASTE DI REGIMAZIONE (stato attuale)

- SCHEDE DI CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMANETO SEZIONI IDRAULICHE DELLE ASTE DI REGIMAZIONE (stato attuale)

- SCHEDE DI ANALISI IDROLOGICA IDRAULICA DEI BACINI COMPETENTI ALLE ASTE DI REGIMAZIONE (stato di progetto)

- SCHEDE DI CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMANETO SEZIONI IDRAULICHE DELLE ASTE DI REGIMAZIONE (stato di progetto)

TAV. B02 - CARTA E SEZIONE GEOLOGICA

TAV. B03 - PLANIMETRIA DI REGIMAZIONE IDRAULICA (stato attuale)

TAV. B04 - PLANIMETRIA DI REGIMAZIONE IDRAULICA (fine lavori in progetto)