COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ALTA SORVEGLIANZA:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

:

GENERAL CONTRACTOR:

Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO

CAVA VECCHIE FORNACI (ex cava Buzzi)
Riqualificazione Ambienntale
Relazione geologica e geotecnica

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.	
Consorzio Cociv Project Manager (Ing. Malvagna) Data:07/06/2012		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A301	00	D	CV	RB	DP9100	001	G

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
E00	Adeguamento terre e rocce da scavo	Millemaci	16/03/2012	Spoglianti	20/03/2012	Pagani	23/03/2012	Ing. E. Ghislandi ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO DOTT. ING. GHISLANDI ENRICO Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione n°A 16993 Data: 30/11/2012
F00	Adeguamento terre e rocce da scavo	Millemaci	04/06/2012	Spoglianti	06/06/2012	Pagani	07/06/2012	
G00	Integrazioni Regione Liguria prot.n°94/2012/0145093 del 12 ottobre 2012	Millemaci	23/11/2012	Spoglianti	27/11/2012	Pagani	29/11/2012	

	n. Elab.:	File: A30100DCVRBDP9100001-G00

CUP: F81H92000000008

INDICE

INDICE 2
1 PREMESSA 4
2 FASI DELLO STUDIO 4
3 GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA 6
3.1 GEOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA 6
3.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO 7
3.3 GEOLOGIA REGIONALE 7
3.3.1 ZONA SESTRI - VOLTAGGIO 8
3.4 GEOLOGIA LOCALE 10
3.5 IDROGEOLOGIA 12
3.6 CARSISMO 13
3.7 SISMICA 15
4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 16
4.1 CARTTERI OROGRAFICI, GEOLITOLOGICI, GEOMORFOLOGICI, IDROGEOLOGICI E GEOTECNICI 16
4.1.1 INQUADRAMENTO GENERALE 16
4.1.2 ASPETTI GEOTECNICI DEL SITO DI IMPOSTA 17
4.2 CARATTERISTICHE LITO-GRANULOMETRICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL MATERIALE DA ABBANCARE 19
4.2.1 PROVENIENZA, QUANTITÀ E CARATTERISTICHE 19
4.2.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI 19
4.3 CRITERI DI ALLOCAMENTO 21
4.3.1 GEOMETRIA E STRUTTURAZIONE DELL'AMBITO SOGGETTO A RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE 21
4.3.2 CRITERI DI REALIZZAZIONE 22
4.4 OPERE ACCESSORIE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI 22
4.5 OPERE DI CONSOLIDAMENTO DELLE PORZIONI DI PARETE ROCCIOSA AD ELEVATO GRADO DI FRATTURAZIONE E/O CON EVIDENTI CROLLI DI ROCCIA 23
4.5.1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 23
4.6 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO: CRITERI DI CALCOLO ED ELABORAZIONI 24
4.6.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 24
4.6.2 DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ DEL VERSANTE 24
4.6.3 ELABORAZIONE DEI DATI. 25
4.6.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA 26

4.7 INTERVENTI DI MANUTENZIONE PERIODICA 27
4.8 MONITORAGGIO 28
5 CONCLUSIONI 28
6 APPENDICE A: VERIFICHE DI STABILITA' 29

1 PREMESSA

La relazione geologica, idrogeologica e geotecnica di seguito è a supporto del progetto di riqualificazione ambientale dell'area denominata ex cava delle Vecchie Fornaci.

In particolare il sito previsto per l'intervento di progetto è ubicato nel comune di Genova – Sestri Ponente, esso è rappresentato da un'area di cava, non più in fase di coltivazione, nella quale l'attività riguardava l'estrazione della dolomia.

La cava, denominata "Vecchie Fornaci", è posta ai piedi del M. Gazzo nella sua parte sud ovest. Due sono gli scopi principali dell'intervento, assicurare un idoneo smaltimento ai volumi di scavo della galleria relativa alla costruzione della linea ferroviaria ad AC/AV Milano-Genova – Terzo Valico dei Giovi e favorire il riassetto e la rinaturalizzazione dell'area.

La morfologia della cava, rappresentata da un ampio anfiteatro alla base del quale vi è una superficie, disposta su più ripiani, di superfici significative e a bassa inclinazione, ben si presta ad ospitare il materiale di risulta degli scavi relativi ai cantieri di Fegino e Polcevera.

I materiali di risulta andranno a colmare la zona alta di escavazione individuata tra la quota di piede, posta a circa 170 m s.l.m., e la quota di sommità fissata a 250 m s.l.m.

Il sito, all'interno della Cava Vecchie Fornaci, ospiterà i materiali di risulta, corrispondenti alle argilliti a palombini, provenienti dalla realizzazione della linea ferroviaria ad AC/AV Milano-Genova – Terzo Valico dei Giovi, in particolare dai cantieri di Fegino e Polcevera. Il volume da abbancare sarà di 1.080.000 m^3.

2 FASI DELLO STUDIO

Per la definizione del quadro geologico, idrogeologico e geotecnico dell'area interessata dal progetto di deposito è stata eseguito uno studio articolato nelle seguenti fasi:

- ricerca e raccolta del materiale bibliografico, cartografico e tecnico già esistente circa le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche della zona in esame; più in particolare questa fase ha compreso le seguenti sottofasi:
  - ricerca del materiale bibliografico esistente relativo alle caratteristiche geologiche e geotecniche della zona;
  - ricerca presso gli uffici tecnici degli Enti locali competenti sul territorio di studi geologico-tecnici di pianificazione;
  - ricerca del materiale geologico-geotecnico già allegato al Progetto di riqualificazione ambientale della linea AC/AV Milano-Genova – Terzo Valico dei Giovi; in particolare quello relativo alla Cava Giunchetto, situata poco distante da quella in oggetto;

- sopralluogo e rilevamento di superficie geologico e geomorfologico, quest'ultimo a cura della Società Ingeo;
- elaborazione dell'insieme dei dati raccolti e conseguente redazione della presente relazione.

Vengono di seguito sviluppati, in maniera meno approfondita, l'inquadramento geologico regionale, geomorfologico ed idrogeologico dell'area che accoglierà il materiale di abbancamento e di un suo intorno significativo. Per quanto concerne invece i terreni impiegati per la costruzione del deposito verranno sviluppati, in maniera più approfondita, gli aspetti idrogeologici e geotecnici che riguardano la sua costruzione e la sua stabilità globale.

3 GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

3.1 GEOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA

Geograficamente l'area di studio corrisponde all'area di coltivazione della Cava Vecchie Fornaci situata sul fianco esposto ad est-sud est del Monte Gazzo, ai piedi del Santuario di N.S. del M. Gazzo, in Genova, Sestri Ponente.

In particolare, il progetto di riqualificazione ambientale andrà a colmare il volume di escavazione compreso tra le quote di 180 e 250 m s.l.m. L'area è rappresentata dal un cratere delimitato sui lati est, nord e sud da pareti rocciose che danno origine ad un anfiteatro alla base del quale vi è un'enorme superficie circa orizzontale predisposta su più livelli (2.1 Foto1). Il lato est, lungo il suo tratto terminale è rappresentato da una setto roccioso che fa da confine con la cava Giunchetto, posta a sud del Monte Gazzo.

Dal punto di vista morfologico, quindi, la zona si presenta con versanti scavati artificialmente a gradoni, collegati tramite scarpate di raccordo molto inclinate (subverticali). Il fronte di scavo si raccorda al versante esposto a sud ovest del Monte Gazzo alla quota di 320 m s.l.m.



3.1.Foto1 Panoramica del fronte di coltivazione della Cava Vecchie Fornaci.

3.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'idrografia dell'area in oggetto è rappresentata dal Rio Maltempo, unico affluente del corso d'acqua principale, il Rio Cantarena. Il Rio Maltempo è un corso d'acqua a carattere torrentizio, perlopiù asciutto durante l'anno e che presenta una portata significativa solo durante prolungati periodi di pioggia oppure, in occasione di eventi temporaleschi o di portata eccezionale. Esso scorre lungo il confine ovest dell'area di cava, ha l'alveo inciso e ad andamento a tratti rettilineo.

Eventi storici significativi relativi a fenomeni di esondazione del corso d'acqua principale, Rio Cantarena, riguardano l'Ottobre 2010.

3.3 GEOLOGIA REGIONALE

Il tracciato della nuova linea ferroviaria Genova – Novi Ligure si sviluppa in un'area che, in prima approssimazione, può essere suddivisa in tre grandi ambiti geologici, ognuno dei quali presenta situazioni tipologiche, stratigrafiche e strutturali molto diverse, a causa dei differenti meccanismi evolutivi che hanno determinato la loro attuale conformazione.

Gli assetti geologici dei singoli ambiti trovano inoltre un riscontro diretto nella loro configurazione morfologica.

Da sud a nord, i tre grandi ambiti possono essere schematicamente descritti come segue:

- Dorsale Alpi-Appennini liguri: è costituita dalla catena orogenetica con assetto strutturale molto articolato. L'area è particolarmente significativa poiché sono presenti in contatto diretto elementi di pertinenza alpina e appenninica. L'attuale catena montuosa è costituita da masse rocciose dislocate dalla loro posizione originaria e sovrapposte con struttura a falde (unità tettoniche), talora di grande complessità. L'edificio delle Alpi-Appennini liguri è costituito da tre grandi unità: Gruppo di Voltri, Unità Argillitiche della zona di Sestri-Voltaggio in senso lato (s.l.), Unità Liguri.
- Successione del Bacino Terziario Ligure-Piemontese: costituisce il fianco settentrionale della catena ligure, e rappresenta la fascia terminale del tratto montano e collinare del sistema. La successione trae origine da un ampio bacino marino, impostatosi in età tardo-orogenica e postorogenica a nord della catena ligure, e interessato da una sedimentazione prima conglomeratica, poi arenacea e marnosa. La successione del Bacino Terziario partecipa marginalmente (sia in termini temporali, sia spaziali) ai meccanismi orogenetici che innalzano la catena meridionale: ne consegue che la sua tettonizzazione e deformazione è molto minore di quella che caratterizza la dorsale ligure. La serie, infatti, presenta un assetto monoclinalico vergente verso nord, con una tettonica poco sviluppata e con una fratturazione di norma ridotta. La successione ricopre trasgressivamente le propaggini settentrionali della dorsale ligure, mentre a nord si sottopone alla copertura detritica dei depositi della pianura.
- Depositi alluvionali quaternari della pianura: si tratta dei sedimenti tipici della Pianura Padana costituiti da potenti successioni tabulari di orizzonti clastici, a granulometrie variabili sia in senso verticale che orizzontale. Di origine prevalentemente alluvionale, sono

strettamente collegati all'azione d'erosione, di trasporto e di sedimentazione dei corsi d'acqua principali (Scrivia, Po, Ticino). L'età è sempre quaternaria. Nella parte meridionale di affioramento i depositi della pianura si sovrappongono alla successione del Bacino Terziario Ligure-Piemontese. La recente età fa sì che i depositi della pianura presentino deformazioni molto blande o nulle, e che il loro assetto sia caratterizzato da una giacitura sub orizzontale.

3.3.1 ZONA SESTRI - VOLTAGGIO

L'elemento fortemente caratterizzante dell'area in cui si posiziona il deposito è costituito dalla presenza della porzione meridionale della cosiddetta Zona Sestri-Voltaggio.

Detta Zona rappresenta una struttura di grande complessità, nella cui interpretazione si sono cimentati molti Autori, considerandola ora la zona di contatto tra la falda delle "Pietre Verdi" e la falda Ligure-toscana (Rovereto, 1939), ora una superficie di sovrascorrimento dell'Unità Cravasco-Voltaggio-Montenotte sul Gruppo di Voltri (Cortesogno e Haccard, 1984); per lungo tempo è stata considerata il limite tra Alpi ed Appennino.

All'interno della zona Sestri-Voltaggio si distinguono tre distinte unità tettoniche, allungate in direzione N-S, immergenti verso E, al di sotto delle unità appenniniche flyschoidi dell'Antola e sovrascorse verso W sulla serie ofiolitico-calcescistosa del gruppo di Voltri. Il piano di sovrapposizione tettonica è stato successivamente raddrizzato da una tardiva fase plicativa fino quasi alla verticalizzazione; queste direttrici tettoniche sono suturate verso N, fuori dai limiti del bacino considerato, dalle unità eoceniche-oligoceniche costituite da brecce e mollasse, mentre a S una serie di faglie plioceniche pongono l'intera struttura a contatto con le marne, le sabbie ed i conglomerati pliocenici.

Le tre menzionate unità tettoniche possono essere così distinte:

- Unità Triassico - Liassica di M. Gazzo - Isoverde, di probabile provenienza piemontese e costituita da una serie carbonatica formata da dolomie triassiche, calcari marnosi retici e calcari e peliti nerastre liassici.
- Unità Giurassico - Cretacea di Cravasco-Voltaggio, rappresentata da due diverse successioni ofiolitiche metamorfosate in facies di alta pressione (serpentiniti, metagabbri e metabasalti) e dalle relative coperture sedimentarie (diaspri, calcari cristallini e filladi).
- Unità Giurassico Cretacea di M. Figogna, anch'essa costituita da metaofioliti di facies più bassa (serpentiniti, oficalci e metabasalti) e coperture sedimentarie connesse (diaspri, calcareniti e scisti filladici).
- In un quadro paleogeografico semplificato, la storia evolutiva della zona Sestri- Voltaggio può essere riassunta come il progressivo sovrascorrimento di due unità di fondale oceanico del bacino ligure piemontese e di una unità di piattaforma (probabilmente sul lato piemontese del bacino) sulle ofioliti del gruppo di Voltri, e dell'appilamento a sua volta delle unità appenniniche del M. Antola sulle unità della Sestri-Voltaggio; in sostanza, queste unità rappresentano frammenti provenienti da diverse zone di un medesimo bacino oceanico che,

in seguito alla chiusura di quest'ultimo, sono sovrascorsi l'uno sull'altro in direzione da E a W.

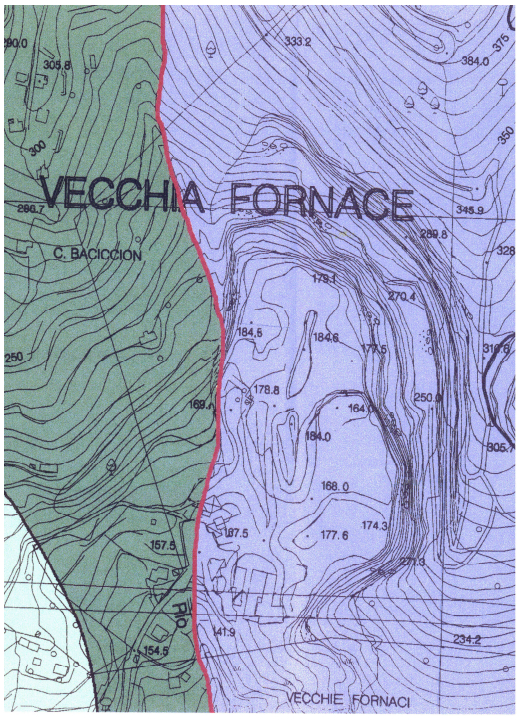
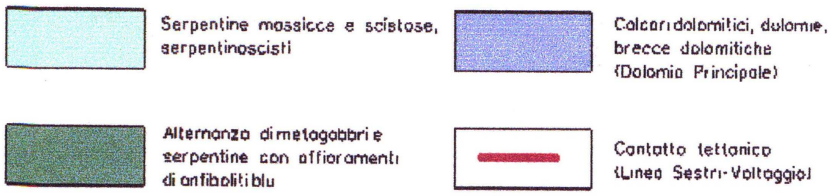


Fig. 3.3.A Estratto Carta Geologica

LEGENDA



3.4 GEOLOGIA LOCALE

Il sito è situato interamente entro la formazione dolomitica della serie triassio-liassica dell'Unità di M. Gazzo, ed in particolare entro le dolomie del Trias superiore - Dolomie di M. Gazzo (vd. Estratto Carta geologica e carta di rilevamento geologico anno 2012).

In affioramento le dolomie presentano una colorazione cha varia da grigia, quando sono state esposte per lungo tempo agli agenti atmosferici, a giallino chiaro, sul taglio relativamente fresco.

Le dolomie sono disposte in banchi di spessore metrico, intercalati da livelletti marnosi giallastri; sono presenti vari stadi di ricristallizzazione, raggiungendo localmente una struttura saccaroide, che mascherano in genere la tessitura originaria della formazione.

La giacitura degli strati è tendenzialmente sub-verticale con direzione approssimativamente N-S, parallela alla "Linea Sestri Voltaggio"; non mancano localmente pieghe che tendono a variare la giacitura. Gli strati sono intersecati da due set principali di fratture, dirette quasi perpendicolarmente ad essi. Le lineazioni tettoniche più evidenti sono dirette N-S, parallele alla linea Sestri-Voltaggio, e circa Est-Ovest, passante per la sella a N del M. Gazzo.

Il contatto con le ofioliti è localizzato ad Est, molto al di fuori dal confine della cava, e ad Ovest.

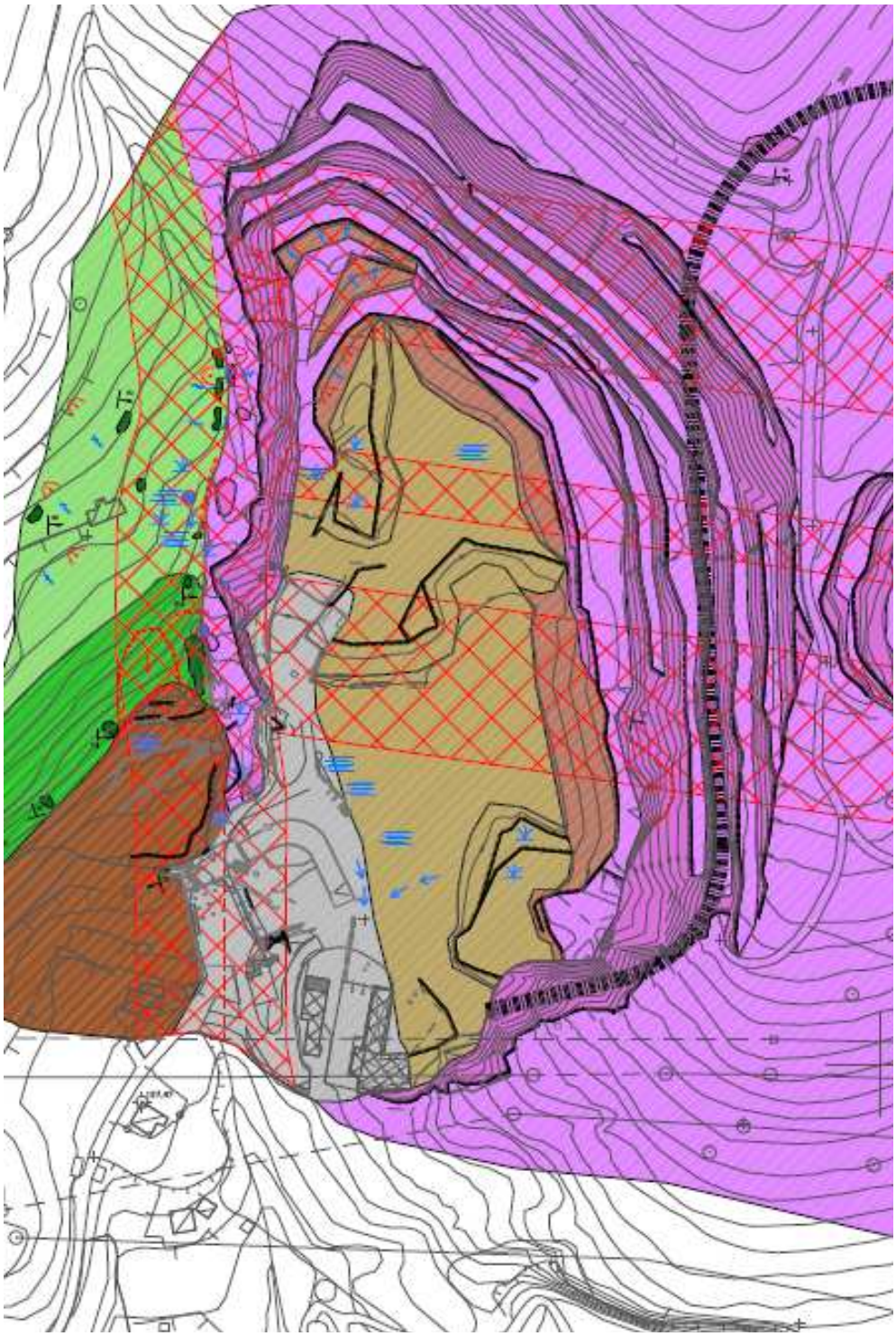
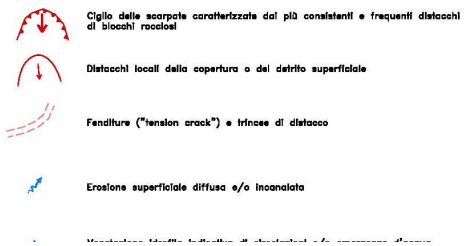


Fig. 3.4 A Carta del rilievo geologico geomorfologico Ingeo Anno 2012



LEGENDA

Area con roccia affiorante: formazione "Dolomie del Monte Gazzo" (Carnico sup. –Norico) dell'Unità tettonometamorfica "Gazzo–Isoverde")

Area con roccia sub–affiorante (Dolomie del Monte Gazzo) mascherata da una copertura vegetale sottile (spessore medio <1,5m)

Affioramento roccioso: formazione "Metagabbri di Carpenara" (Malm) dell'Unità tettonometamorfica "Palmaro–Caffarella"

Area con roccia sub–affiorante (Metagabbri di Carpenara) mascherata da una copertura vegetale sottile (spessore medio <1,5m)

Area con copertura eluvio–colluviale di spessore medio 1,5–3m; substrato in metagabbri alterati

Accumulo detritico costituito da uno scheletro lapideo eterometrico (ciottoli sino a blocchi) in abbondante matrice limoso–argillosa deb. sabbiosa colore bruno; spessore medio presunto 2–4m

Accumulo detritico sistemato con palizzate e/o palificate

"Unghia" di detrito di cava misto blocchi appoggiata al gradone in roccia

Depositi detritici sistemati, a più livelli, sui piazzale di cava; l'ispezione visiva delle scarpate sembra evidenziare una granulometria molto variabile all'interno dei depositi. Lo spessore di tali depositi potrà essere valutato in fase di progetto esecutivo mediante l'esecuzione di specifiche indagini geognostiche (sondaggi e/o sismiche)

Accumulo di blocchi in parte residuali dell'attività di cava e in parte franati dalle pareti rocciose prospicienti

Giacitura strati e scistosità

Settore di risentimento tettonico della faglia

Ciglio di scarpata di cava

Scarpate in roccia caratterizzate da una fratturazione spinta dell'ammasso e, di conseguenza, da un potenziale rischio di distacco e caduta di blocchi e lastre rocciose



3.5 IDROGEOLOGIA

Tutta la zona mostra un'elevata permeabilità per fessurazione e per blando carsismo; l'infiltrazione è sempre quasi totale, e solo in caso di piogge intense si ha un ruscellamento significativo.

Le dolomie della formazione dolomitica del di M. Gazzo sono di fatto interessate da una modesta permeabilità e da una limitata circolazione carsica (vd. Relazione Geologica, geomorfologica, idrogeologica e carte tematiche allegate). Se si escludono piccole zone ricoperte attualmente da coltre detritica e sedi di locali falde sospese, non è stata riscontrata presenza di falda.

All'interno dell'area occupata non si segnala la presenza di emergenze idriche di rilievo; nell'area vasta queste ultime si localizzano generalmente in prossimità di contatti tettonici o in corrispondenza del piede di accumuli paleofranosi.

3.6 **CARSISMO**

L'area individuata per il deposito ricade in zona carsica GE33, Monte Gazzo, delimitata ai sensi della L.R. 3 aprile 1990 n. 14 (vd. Fig. 2.6.A e Fig. 2.6.B).

Non sono note cavità catastate in tutta la superficie interessata dal deposito e non sono presenti fenomeni carsici superficiali di rilievo.

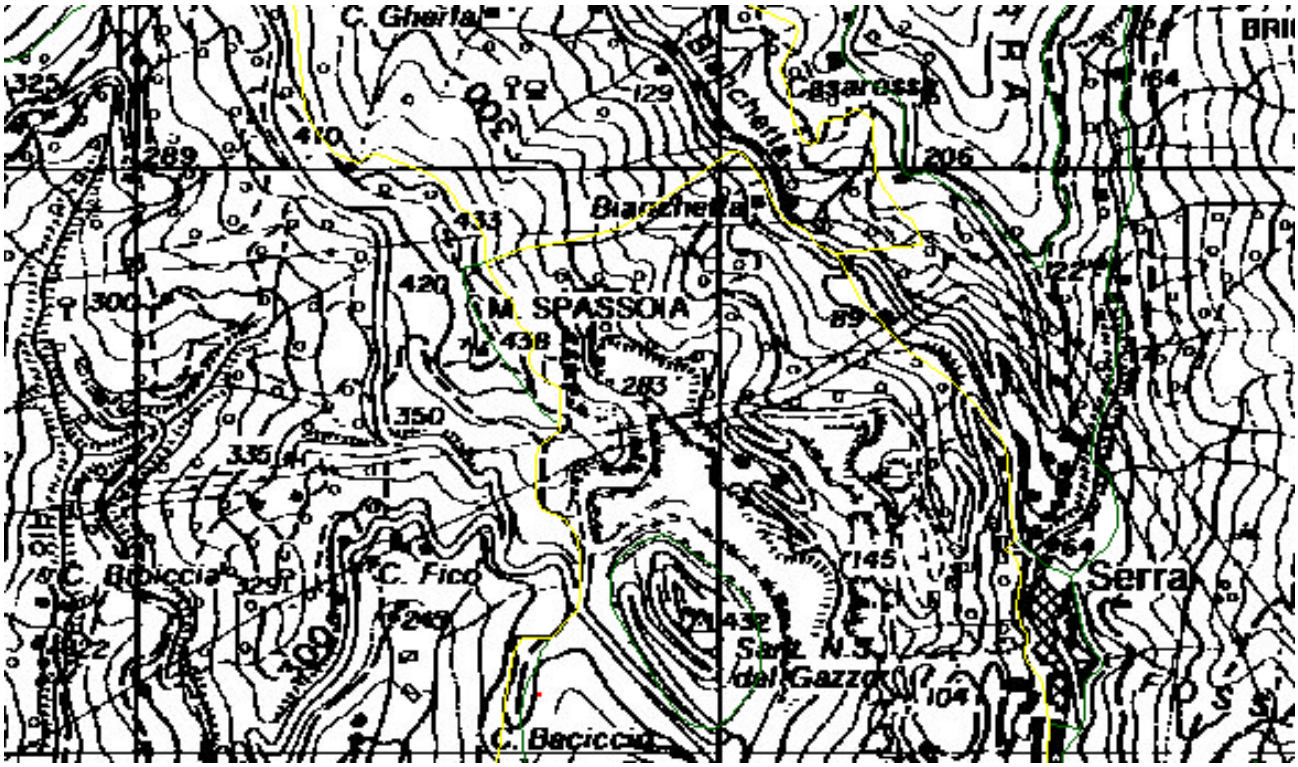


Fig. 3.6.A P.T.C.P. Regione Liguria – Stralcio della carta assetto insediativo ed aree carsiche

AGGIORNAMENTO E SVILUPPO DELL'ASSETTO INSEDIATIVO DEL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO

PIANO TERRITORIALE REGIONALE

REGIONE LIGURIA

Scheda n.**33**

l.r. 3 aprile 1990 n. 14
"Norme per la tutela e la valorizzazione del patrimonio speleologico e delle aree carsiche e per lo sviluppo della speleologia".
Art. 4 – INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI AREE CARSICHE: SCHEDE DESCRITTIVE

SIGLA	MONTE GAZZO
GE 1	

INDIVIDUAZIONE

Provincia:	GENOVA
Comuni:	GENOVA
Comunità Montana:	
Riferimento cartografico:	
Ambiti Territoriali PTCP:	
Bacino imbrifero:	CHIARAVAGNA
Superficie interessata (ha):	

DESCRIZIONE DELL' AREA

Caratteristiche geolitologiche:	Dolomia principale.
Caratteristiche geomorfologiche:	Forme di erosione e corrosione carsica superficiale.
Caratteristiche idrogeologiche:	
Caratteristiche speleologiche:	Presenza di numerose grotte ancora sufficientemente integre nonostante l'attività di cava, specialmente sul versante SE.
Copertura vegetale e uso del suolo:	Macchia mediterranea. Modeste attività agricole sui versanti S e W.
Altre caratteristiche:	Presenza di fauna troglobia endemica. Flora calcifila di particolare interesse segnalata anticamente, oggi rarefatta o scomparsa a causa dell'attività estrattiva.

PRINCIPALI MOTIVI DI INTERESSE

Idrogeologico:	
Paesaggistico:	XX
Paleontologico–paletnologico–storico:	
Speleologico:	X
Morfologico:	X
Biologico:	XX

ACQUIFERI CARSICI

Notizie:	
Grado di vulnerabilità:	

USO	Domestico:		
	Irriguo:		
	Altro:		Specificare:

CAVE E DISCARICHE

Cave attive:	X	Versanti SE ed E: C.I.E.S.A. spa; CalceDolomia spa; F.lli Ghigliazza spa. Versante W: Pietra Calcarea srl.
Cave inattive:	X	Conte (vers. E); altra a S.
Discariche attive:		
Discariche inattive:		

BIBLIOGRAFIA

NORME DI TUTELA

Aree protette e parchi:		
L. 1497/39 e L. 431/85:		
Vincolo idrogeologico:		
Altre normative vigenti:		

DIPARTIMENTO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, PAESISTICA E AMBIENTALE - S.I.T.A.R. (SERVIZI INFORMATIVI TERRITORIALI E AMBIENTALI REGIONALI)

Fig. 3.6.B P.T.C.P. Regione Liguria – Stralcio della scheda n°33

3.7 **SISMICA**

Dal punto di vista sismico l'area ricade in CLASSE SISMICA 3 sotto zona 3B con ag max = 0.100g, come definita dalla nuova classificazione sismica della Regione Liguria (vd. Fig. 3.7.A).

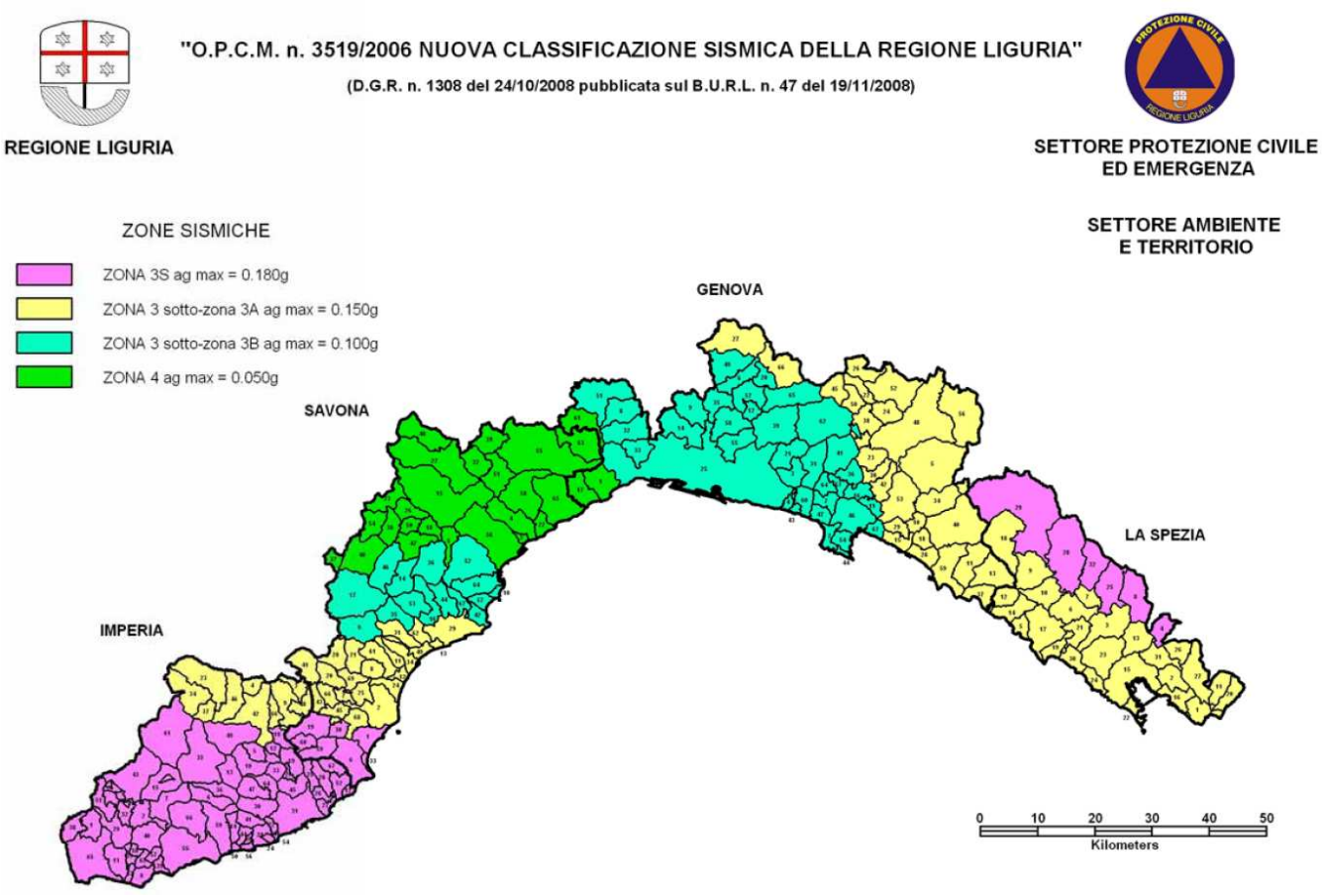


Fig. 3.7.A Carta delle Zone Sismiche. Regione Liguria:
Settore Protezione Civile ed Emergenza
–Settore Ambiente e territorio.

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica intende fornire le indicazioni progettuali per un idoneo inserimento dei volumi al fine di garantirne la stabilità a medio e lungo termine nei confronti dell'azione degli agenti esogeni (atmosferici), dei fattori idrogeologici e dell'azione sismica.

Lo studio assume come riferimento essenziale una adeguata raccolta delle prove e delle indagini geotecniche effettuate sui materiali medesimi nel loro stato naturale (metargilliti filladiche ed argille a Palombini della finestra di Borzoli).

4.1 CARTTERI OROGRAFICI, GEOLITOLOGICI, GEOMORFOLOGICI, IDROGEOLOGICI E GEOTECNICI

4.1.1 INQUADRAMENTO GENERALE

L'attività di cava ha posto allo scoperto una formazione litologicamente afferibile a materiale dolomitico e calcareo-dolomitico con presenza di livelli marnosi intercalati.

Un'estesa rete di fratture, originate dall'intenso stress geodinamico legato all'attività di sollevamento cui la neotettonica quaternaria ha soggetto il blocco strutturale Triassico-Liassico di M. Gazzo-Isoverde, caratterizza l'affioramento locale; ciò ha generato una certa attività carsica non favorita, però, dalla presenza di roccia calcio-magnesiaca (dolomia), "contaminata", peraltro, da continue intercalazioni marnose.

Le fratture carsificate mostrano, ad oggi, ampi caratteri di senilità, mentre non si osserva, alla scala locale, fenomeni di carsismo superficiale diffuso; ciò si interpreta con una diffusione del carsismo localizzata e certamente non diffusa nell'ambito di cava.

Ciò che riveste importanza notevole è la presenza di una rete di drenaggio che esercita un ruolo importante nella circolazione idrica locale in quanto favorisce lo smaltimento dei volumi di acqua meteorica in maniera alquanto repentina determinando, così, la mancata formazione di una vera falda idrica di fondo; al contempo, invece, viene favorita la formazione di scaturigini idriche temporanee all'intersezione tra le fratture e la superficie scoperta determinando, lungo il fronte di cava, cospicue venute d'acqua in occasione di fenomeni atmosferici intensi.

Anche la circolazione idrica superficiale, una volta disegnatosi il grande sviluppo della cava Vecchie Fornaci, ha subito parziali alterazioni che hanno portato tutta l'area ad assumere funzione di drenaggio superficiale, con conseguenti venute idriche a caduta lungo tutto il ciglio della cava medesima, in occasione di piogge persistenti.

La situazione così determinatasi vede dunque una morfologia che, forte delle buone caratteristiche litotecniche del materiale del fronte, mantiene un affidabile grado di stabilità anche lungo le fratture citate. Sono presenti però porzioni più fratturate dove sono evidenti blocchi in equilibrio limite,

situazione che andrà meglio definita nelle ulteriori fasi di progetto, pertanto per queste porzioni si rendono necessari, quindi, interventi di consolidamento.

Bisogna inoltre considerare, ai fini di una valida impostazione dell'abbancamento, la situazione idrogeologica che lascia intravedere una certa vulnerabilità dell'area alle venute d'acqua sia superficiali, a caduta, che lungo la parete, attraverso la fratturazione esistente.

4.1.2 ASPETTI GEOTECNICI DEL SITO DI IMPOSTA

Il piazzale di cava è formato da più ripiani, circa orizzontali, di grande superficie. La roccia è ricoperta da terreno granulare frantumato artificialmente pertanto non è possibile individuare le caratteristiche dell'ammasso roccioso sottostante. Le rocce dolomitiche affioranti mostrano comunque un significativo grado di fatturazione pertanto si considera il substrato dolomitico di fondazione ad elevata fatturazione.

Le dolomie affioranti in parete indicano porzioni più fratturate e porzioni più massicce, nel caso delle prime è evidente il rilascio di qualche blocco (Vedi Carta geologica rilevata), in genere hanno nuclei e bande sfarinate e polverulente legati a processi di tipo prevalentemente meccanico.

In profondità gli effetti dell'alterazione superficiale si riducono e si passa a litotipi dalle caratteristiche meccaniche gradualmente migliori mentre le fratture, in genere saldate per carico litostatico, tendono a chiudersi e si rivelano in genere intasate dai materiali più sottili della degradazione, anche perché qui trascinati dalle acque dei livelli superiori.

Le caratteristiche di portanza del sito di imposta possono essere considerate adeguate visto il carico del volume di deposito:

peso di volume x altezza del deposito = carico indotto

2,0 t/m^3 x 81,0 m = 16,2 kg/cm^2

dove si considerano 81 m di altezza massima del deposito.

Considerando le caratteristiche di elevata fratturazione del substrato dolomitico di fondazione, conseguenti anche alle volate delle fasi di coltivazione, la portanza del materiale viene calcolata con il metodo di Terzaghi, così come descritto da Bowles (1991), per corpi a pianta quadra o rettangolare, considerando i seguenti parametri (valutati cautelativamente):

ø = 35°

c = 0,5 kg/cm^2

peso spec. nat.: 2,3 t/m^3

R.Q.D. (Rock Quality Designation): 80 %

Coeff. sicurezza: 1

E' stata considerata una profondità di imposta della base del carico pari a 0,0 (piano campagna); come si vede dallo schema allegato, i valori di portanza, valutabili superiori a 58 kg/cm^2, risultano ben adeguati ai carichi indotti (16,2 kg/cm^2) quindi in grado di sostenere anche eventuali carichi aggiuntivi (mezzi di trasporto pesanti come camion carichi a 60 t) nonché eventuali incrementi di tipo sismico o dovuti ad infiltrazione accidentale di acque piovane.

CAPACITA' PORTANTE DELLE ROCCE

per fondazioni nastriformi

Criterio di calcolo: Terzaghi

Tabella 4.1 di J.E. Bowles (1991) "*Fondazioni*" ed. McGraw-Hill

PARAMETRI DELL'AMMASSO ROCCIOSO

angolo d'attrito dell'ammasso=	35	gradi
coesione dell'ammasso=	50	kPa
Peso di volume roccia =	23	kN/mc
R.Q.D.=	80	%

COEFFICIENTI DI FONDAZIONE

fattore Nc=	68,1
fattore Nq=	50,3
fattore Nγ=	51,3

FATTORI DI FORMA

fattore di forma Sc=	1,0
fattore di forma Sγ=	1,0

coefficiente di sicurezza= 1

Larghezza B (m)	Profondità D (m)	Sigma n kPa	Qr kPa	Q'r kPa	qamm kPa	qamm kg/cm2
10,00	0,0	0	9.298	5.951	5.951	58,36
20,00	0,0	0	15.192	9.723	9.723	95,35
30,00	0,0	0	21.086	13.495	13.495	132,34
40,00	0,0	0	26.980	17.267	17.267	169,33
50,00	0,0	0	32.873	21.039	21.039	206,32
60,00	0,0	0	38.767	24.811	24.811	243,31
70,00	0,0	0	44.661	28.583	28.583	280,30
80,00	0,0	0	50.555	32.355	32.355	317,29
90,00	0,0	0	56.449	36.127	36.127	354,28
100,00	0,0	0	62.342	39.899	39.899	391,28

4.2 CARATTERISTICHE LITO-GRANULOMETRICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL MATERIALE DA ABBANCARE

4.2.1 PROVENIENZA, QUANTITÀ E CARATTERISTICHE

I materiali che verranno abbancati sono rappresentati dai materiali di risulta delle gallerie relative ai cantieri di Fegino e Polcevera, sono in gran parte rappresentati da argilliti a palombini (in particolare da argilliti scure e scistose, laminate con intercalazioni di calcari microcristallini in corpi lenticolari anche metrici) ed in minima parte da serpentiniti e da calcari microcristallini a giunti pelitici;

Il materiale preponderante (argillite), di origine sedimentaria (ma soggetto a carico litostatico notevole al punto da trovarsi allo stato litoide) e di natura clastica fine (argille e limi), fornirà, in fase di scavo (Metodo classico con volate successive. Uso di dinamite), un prodotto sciolto formato da materiale grossolano frammisto a pezzatura media e piccola di fattura paragonabile a ad un conglomerato; frammisto a tale aggregato vi sarà una certa percentuale di polvere argillosa che, comunque, non rappresenterà la componente essenziale dell'aggregato, almeno se il materiale medesimo non subirà diverse fasi di lavorazione e contemporaneo passaggio in ambiente saturo.

In definitiva il materiale argillitico, considerando le buone caratteristiche litoidi che caratterizzano la formazione geologica di origine, fornirà un prodotto di disfacimento assimilabile ad un "limo argilloso con sabbia e ghiaia, ciottoli e blocchi", di bassa plasticità, con buona predisposizione alla compattazione, con discreto indice di riaggregazione che dà origine ad una coesione molto bassa (cautelativamente avente valore di 0,1 Kg/cm2).

4.2.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per le argilliti a palombini, sono state assunte come valide le prove di laboratorio effettuate su campioni della stessa formazione e natura litologica prelevati nell'area della finestra di Cravasco e più precisamente depositati alla base della Cava Cementir – Voltaggio (eseguite da due differenti strutture - vd. Progetto di riqualificazione ambientale– Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica CL1/RAL1 GIUNCHETTO Allegato A1 e A2).

Le prove di laboratorio sono state eseguite sul materiale compattato mediante prova di costipamento Proctor Standard .

In particolare la prova di taglio diretto ha consentito di caratterizzare il materiale dal punto di vista meccanico con un angolo di attrito pari a 30° e coe sione nulla.

I risultati delle indagini effettuate, determinano, della coltre detritica delle Argilliti a Palombini, i seguenti parametri (il peso di volume saturo e secco è quello medio risultante dalle prove di compattazione Proctor Standard al contenuto d'acqua ottimale):

ø = 30°;

c = 0,0 kg/cm^2;

peso specifico naturale = 2,76 t/m^3;

peso di volume secco = 2,13 t/m^3;

peso di volume saturo = 2,32 t/m^3.

Nella prima stesura della presente relazione, cautelativamente, è stato proposto per l'angolo di attrito un valore di 27°. In seguito, le osservazio ni successive, hanno imposto un approccio ancor più cautelativo che riguarda l'osservazione delle Norme Tecniche del D.M. 14 gennaio 2008 (Approccio 1, Combinazione 2) e non quelle del D.M. 14/09/2005. Così come la caratterizzazione sismica del sito, Classe sismica 3 sotto zona 3B con ag max = 0.100g, che prevede anch'essa un approccio più cautelativo. Pertanto, per quanto concerne l'angolo di attrito del terreno da abbancare, sarà adottato un valore di 30° che corri sponde a quello fornitoci dal committente, come scritto nel paragrafo 4.2.2. Tutto quanto in considerazione anche del fatto che le volate da mina producono, nella media, materiale grossolano avente con tutta probabilità un angolo d'attrito il cui valore è sicuramente maggiore di 30°

Alla luce di quanto sopra elenchiamo di seguito i valori dei parametri geotecnici utilizzati per le verifiche di stabilità.

- ø = 30°;
- c = 0,0 kg/cm^2;
- peso di volume secco = 1.9 t/m^3;
- peso di volume saturo = 2,1 t/m^3.

Il peso di volume considerato di 1,9 t/m^3 rappresenta circa il 90% della densità secca ottima misurata con una prova di costipamento "Proctor Standard" effettuata sulle argilliti a palombini; questo dato viene confermato da una prova di densità effettuata sul materiale argillitico abbancato alla base della Cava Cementir – Voltaggio

Alla coesione, considerata la sostanziale differente granulometria del materiale di risulta dallo scavo, che verrà effettuato mediante avanzamento con dinamite (Metodo classico per volate successive), rispetto a quella del terreno sul quale sono state effettuate le prove, viene dato il valore di 0,1 kg/cm^2, inteso come cautelativo.

La prova di densità in sito è stata eseguita in riferimento alla norma ASTM 5030 con una dima di diametro di 0,8 m ed altezza di 0,3 m, scavando un pozzetto di profondità uguale al diametro della stessa dima. Con tale prova è stata accuratamente determinata la massa del materiale estratto dallo scavo, mentre il volume è stato calcolato misurando la quantità d'acqua contenuta nel pozzetto reso impermeabile.

La prova ha fornito una densità secca di 1,845 t/m3 partendo da una densità umida di 1,991 t/m^3.

Dalle considerazioni emerse si ritiene che il materiale, vista anche la notevole volumetria da sistemare e l'altezza non indifferente, quest'ultima resa necessaria da esigenze di carattere ambientale e paesaggistico (rinaturalizzazione dell'area e, quindi, occultamento visivo dell'alto fronte di coltivazione esistente) possa essere allocato su superfici piane con un angolo di scarpa non superiore a 27° previo adottare una serie di ac corgimenti di natura preventiva onde eliminare ogni possibile inconveniente che, una volta studiata e verificata la natura e la situazione dei luoghi, può essere ricondotto:

- alla piovosità locale ed alla possibilità di innesco di azioni di ruscellamento superficiale;
- alle acque di caduta o ruscellanti dal culmine dell'area non sminata dall'attività di cava;
- all'infiltrazione di acque sorgive temporanee (da fratture nella roccia delle pareti ospitanti);
- ai carichi di esercizio temporanei indotti da mezzi di trasporto e di lavorazione;
- alle sollecitazioni indotte dal sisma previsto (OPCM 3267 del 20/03/03);
- ad ogni ulteriore intervento legato alla pratica che si avrà sul luogo una volta rinaturalizzato e reso disponibile alle molteplici attività (sentieristica, pascolo, carico boschivo, ecc.).

Per quanto riguarda il materiale costituente il profilo di cava - Dolomie di M. Gazzo, i parametri assegnati, molto cautelativi, risultano i seguenti:

- ø = 35°
- c = 0,5 kg/cm^2
- peso spec. nat. = 2,3 t/m^3

4.3 CRITERI DI ALLOCAMENTO

4.3.1 GEOMETRIA E STRUTTURAZIONE DELL'AMBITO SOGGETTO A RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Il materiale sciolto da porre a deposito, così come inquadrato da un punto di vista litologico, granulometrico e geotecnico, si ritiene possa rappresentare un valido elemento d'insieme per la riqualificazione ed il riassetto dell'area di Cava Vecchie Fornaci; lo stesso materiale, infatti, possiede caratteristiche tali da poter essere accumulato, modellato, compattato ed, infine, sistemato secondo un disegno volumetrico che si possa adattare alle esigenze di spazio ed alle necessità morfologico-ambientali preesistenti dell'area di deposito.

Per rispondere a dei criteri puramente geotecnici è opportuno predisporre il materiale con pendenze, sia per l'inviluppo totale che per tratti localizzati, che non superino il valore dell'angolo di attrito interno del materiale.

4.3.2 CRITERI DI REALIZZAZIONE

Il deposito del materiale sarà effettuato per bancate orizzontali sovrapposte e la compattazione dei materiali depositati avverrà semplicemente mediante il transito dei mezzi d'opera (bulldozer e mezzi di trasporto) consentendo di raggiungere buone caratteristiche di addensamento (Vd. documentazione di progetto).

Tuttavia, durante le fasi operative di abbancamento, verranno eseguite delle prove di densità in sito ogni 3 metri di abbancamento nella misura di 6 prove ogni mezzo ettaro abbancato. Tali prove consentiranno di verificare il grado di costipamento raggiunto che dovrà essere pari ad almeno il 90% del peso di volume secco misurato con la prova Proctor Standard effettuata sulle argilliti a palombini (vd. Allegato A). Qualora con il semplice transito dei mezzi d'opera non venisse raggiunto l'atteso grado di addensamento, si dovrà provvedere ad una compattazione degli strati abbancati, in modo tale da ottenere il costipamento previsto.

L'abbancamento verrà realizzato in fasi: al termine di ogni fase si completerà la sistemazione del versante con lo spandimento dello strato di terreno organico (minimo cm 50) la piantumazione e l'idrosemina. Questo permetterà il consolidamento dell'abbancamento realizzato e la riduzione dell'impatto visivo del cantiere, oltre alla riduzione di polvere e rumore e permetterà di avere, al termine della realizzazione una parte di abbancamento con l'impianto vegetativo già affermato..

Le fasi di abbancamento previste sono 4, una prima fase che si conclude alla fine del 1° trimestre del terzo anno con la sistemazione in sito di circa 85 000 m^3; una seconda fase che si conclude alla fine del 1° semestre del quarto anno con un totale abbancato di circa 211 000 m^3 , una terza fase alla fine del 1° semestre del quinto anno con un totale di 480 000 m^3 per poi concludersi al sesto anno con l'abbancamento complessivo di circa 1 000 000 m^3.

Durante l'abbancamento del materiale di smarino l'eventuale apporto di terreno vegetale dovrà essere sistemato all'interno dell'area di cantiere in cumuli regolari di altezza non superiore a m 3 (se conservati per più di 6 mesi); è inoltre importante garantire un corretto drenaggio delle acque piovane ed evitarne il ristagno. Durante la realizzazione del deposito temporaneo occorrerà utilizzare tutte le cautele per evitarne un eccessivo compattamento e si dovrà provvedere allo sfalcio delle eventuali essenze vegetali cresciute naturalmente.

Le strade di accesso per i mezzi di lavoro si svilupperanno tenendo nella dovuta considerazione i parametri geotecnici fondamentali e non creeranno dislivelli, a monte e a valle, non protetti superiori al valore dell'angolo di attrito interno, cioè di 27°.

4.4 OPERE ACCESSORIE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Allo scopo di drenare completamente le acque superficiali, il progetto dovrà prevedere un sistema efficace di smaltimento, sia alla base del terrapieno di nuova formazione, sia lungo il pendio del terrapieno stesso. Data l'elevata permeabilità del materiale da depositare, considerate le granulometrie legate alle modalità di estrazione, non si ritiene opportuno provvedere a opere di drenaggio profondo delle acque di infiltrazione. Infatti l'ammasso risulta drenante di per sé, ed è

quindi difficile ipotizzare strutture in grado di esplicare un gradiente idraulico favorevole all'emunzione delle acque di percolazione.

Alla base del pendio artificiale e lungo il confine ovest del terrapieno, là dove vi è un setto in roccia di separazione con l'alveo del Rio Maltempo, si dovrà posare una canaletta opportunamente dimensionata affinché le acque raccolte durante le piogge siano convogliate nell'alveo del corso d'acqua. Lungo il pendio che si andrà a costruire verrà realizzata una strada di accesso ai mezzi: la struttura viaria dovrà avere una pendenza non superiore al 16%, la sua sezione dovrà avere una pendenza del 2% verso monte. Lungo tutto il tracciato, a monte dello stesso, si dovrà posare una cunetta delle dimensioni calcolate le cui acque saranno raccolte da canalette da realizzare lungo l'intero pendio del terrapieno, parallele tra loro e sviluppate ogni dieci metri di differenza di quota. Le cunette saranno posate parallelamente al pendio e con una pendenza massima del 5%. Tutte le acque raccolte saranno convogliate nella cunetta principale posta lungo il confine ovest del terrapieno e da qui le acqua giungeranno all'alveo del Rio Maltempo (Vedere elaborati grafici di progetto e relazione idraulica allegata).

4.5 OPERE DI CONSOLIDAMENTO DELLE PORZIONI DI PARETE ROCCIOSA AD ELEVATO GRADO DI FRATTURAZIONE E/O CON EVIDENTI CROLLI DI ROCCIA

Il rilievo geologico geomorfologico idrogeologico eseguito ha evidenziato (vedi carta geomorfologica) 3 aree lungo le pareti di coltivazione che hanno una marcata fratturazione della roccia con evidente rilascio di materiale lapideo. Allo scopo di prevenire eventuali crolli durante la fase di abbancamento che possano mettere a rischio operatori e mezzi si ritiene necessario suggerire che di questi aspetti si tenga conto ai fini della stesura del Piano di Sicurezza degli interventi.

4.5.1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi potranno riguardare il disgaggio dei blocchi in equilibrio limite, la chiodatura delle porzioni fratturate e la eventuale posa di rete a contatto tutto quanto per rendere l'area sottostante e circostante sicura per gli operatori. Nella fase esecutiva andrà quindi effettuato un rilievo geomeccanico di dettaglio ed individuare le porzioni in pericolo di crollo e di conseguenza stesa una relazione geomeccanica che comprenda le proposte definitive relativamente agli interventi da effettuarsi.

Molto importante sarà il ruolo delle canalette superficiali, che smaltiranno i volumi idrici drenati in profondità con funzione di trasporto dell'acqua verso le opere di smaltimento definitivo.

4.6 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO: CRITERI DI CALCOLO ED ELABORAZIONI

4.6.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche seguenti sono state sviluppate adottando i criteri di calcolo previsti dalle norme tecniche vigenti, DM 14 gennaio 2008. In particolare, il metodo seguito è stato quello relativo all'Approccio 1, Combinazione 2, che prevede la trasformazione dei parametri geotecnici caratteristici in parametri di progetto attraverso l'applicazione dei coefficienti riduttivi parziali. È stata inoltre considerata la tipologia "Grandi opere" con classe d'uso IV, corrispondenti ad una vita nominale V_N di 100 anni ed una vita di riferimento V_R di 200 anni.

4.6.2 DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ DEL VERSANTE

Le verifiche di stabilità sono state effettuate lungo 2 sezioni individuate tra le più rappresentative; in particolare, sono state assunte come tali le sez. n. 4 e 5 (vedi Allegato A e parte grafica di progetto).

Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop semplificato: esso pone la condizione che le forze verticali agenti sulle superfici di separazione dei conci siano trascurabili. Di conseguenza i singoli conci interagiscono fra di loro solo attraverso forze orientate lungo l'orizzontale. Viene inoltre supposto che la superficie potenziale di scivolamento sia circolare.

La resistenza al taglio massima disponibile lungo la superficie potenziale di rottura è data, per ogni concio da:

(1) Ti max = Xi/(1+Yi/Fs);

con Xi = [c + (g*h - gw*hw)*tang(a)] * dx/ cos(f)

con gw = peso di volume dell'acqua;

hw = altezza dell'acqua sulla base del concio;

dx = lunghezza del concio lungo l'orizzontale;

α = inclinazione del concio sull'orizzontale.

Yi = tang(a)*tang(f)

La resistenza al taglio mobilitabile lungo il piano di taglio è per ogni concio data da:

(2) Ti mob = Zi

con Zi = g*h*dx*sen(α)

Il coefficiente di sicurezza del pendio viene, sulla base della (1), espresso come segue:

(3) Fs=sommatoria (i=1-n) Ti max / sommatoria (i=1-n)Ti mob

Nelle equazioni (1) e (2) compaiono i parametri sc1, sc2 e sm1, sm2. I primi due vanno introdotti nel calcolo in presenza di sovraccarichi esterni (muri di contenimento, tiranti, fabbricati ecc.), i secondi nel caso di simulazione di un evento sismico.

4.6.3 ELABORAZIONE DEI DATI.

Con la verifica di stabilità secondo Bishop si è tenuto conto dell'inviluppo con fattore di sicurezza più basso. Dall'analisi completa è stato verificato un fattore di sicurezza minimo* di **Fs=1,10** per la sezione 5 e **Fs=1,12** per quanto riguarda la sezione 4 che s'interpreta come una generale stabilità globale del pendio, come da progetto.

Parametri utilizzati per il profilo di progetto:

Tipo litologico: detrito argilloso

ø = 30°;

c = 0,1 kg/cm^2;

peso di volume secco: 1,9 t/m^3;

peso di volume saturo: 2,1 t/m^3;

porosità = 0,5.

Parametri utilizzati per il profilo esistente:

Tipo litologico: dolomie;

ø = 35°;

c = 0,5 kg/cm^2;

peso spec. nat.: 2,3 t/m^3;

porosità = 0,2.

* * Par. § 6.3.4 delle NTC 2008:
Il grado di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve essere giustificato sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale frana.

4.6.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

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

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

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

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

W: peso concio

K_o: Coefficiente sismico orizzontale

K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

$$K_o = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_o$$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

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

$$amax = S_S \, S_T \, a_g$$

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

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

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

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

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

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC).

4.6.4.1 Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m x n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

4.7 INTERVENTI DI MANUTENZIONE PERIODICA

Ai fini di un valido inserimento, nel tempo, dell'intervento nell'ambito geo-ambientale circostante sarà opportuno prevedere un adeguato piano di manutenzione degli interventi realizzati, nonché di gestione del territorio in considerazione delle esigenze di tipo geotecnico; tale piano dovrà soprattutto:

- garantire dall'usura il sistema di canalette di raccolta delle acque dal sistema drenante di base e dai dreni collocati lungo il versante;
- garantire sempre il perfetto funzionamento del sistema di smaltimento definitivo delle stesse acque;
- preservare il manto vegetale di superficie, che assumerà un ruolo molto importante nei confronti della stabilità geotecnica del versante (bisognerà evitare il taglio incontrollato, l'attecchimento di specie infestanti e deleterie per la sopravvivenza delle specie arboree prescelte, il pascolo eccessivo, nonché adottare un valido piano di sicurezza contro il pericolo d'incendio);
- favorire la creazione di mulattiere o sentieri che prevedano, però, la realizzazione di sistemi per l'incanalamento delle acque superficiali (che potrebbero, altrimenti, modificare la circolazione idrica impostatasi come da progetto).

4.8 MONITORAGGIO

Il monitoraggio strutturale del terrapieno verrà valutato mediante l'installazione di piezometri ed inclinometri; tali strumenti consentiranno di verificare:

- l'eventuale presenza di acqua (permettendo la misura delle pressioni neutre);
- i movimenti laterali nel tempo.

Complessivamente si prevede l'installazione di 3 piezometri e 3 inclinometri distribuiti sul corpo del deposito; tali punti di monitoraggio verranno posizionati durante la fase di abbancamento nelle porzioni ultimate, in modo tale da poter effettuare delle correlazioni di carattere idrogeologico e strutturale già durante la fase di abbancamento. Gli inclinometri e i piezometri saranno spinti ad una profondità tale da monitorare l'intera potenza del deposito, raggiungendo, pertanto, i terreni di fondazione calcareo-dolomitici. Le misurazioni dovranno essere effettuate secondo la seguente cadenza temporale:

- primo anno: misurazioni trimestrali
- secondo/terzo anno: misurazioni semestrali
- quarto/quinto/sesto anno: misurazioni annuali

5 CONCLUSIONI

Il progetto di riqualificazione ambientale della Cava Vecchie Fornaci, così come impostato e programmato, si struttura seguendo pienamente tutte le condizioni verificate per il tipo litologico ospitante (materiale in posto di tipo dolomitico) e si attiene in maniera sufficientemente adeguata alle condizioni e limitazioni dovute alle particolari caratteristiche geotecniche del materiale di deposito (detrito di natura prevalentemente argillosa).

Sono state affrontate tutte le problematiche inerenti l'inserimento e la riqualificazione dell'ambito in esame nella realtà geologico-geotecnica dell'ambiente circostante; sono state prese in considerazione tutte le precauzioni possibili contro ogni tipo di agente o fattore predisponente alla alterazione degli equilibri geotecnici (piogge eccezionali, sisma, lunghi periodi di abbancamento del materiale privo di ripristino definitivo); il quadro emerso, nel rispetto di tutti gli accorgimenti tecnici previsti e progettati nei particolari (pendenze contenute, geometria del versante, sistemi di regimazione delle acque superficiali, copertura arborea con essenze consolidanti) risulta esaustivo ed inquadra tutto l'intervento come razionale, efficace e sicuro da un punto di vista geologico-geotecnico.

In prima approssimazione quindi, per questa fase di progetto definitivo, si ritiene compatibile la fattibilità dell'intervento con le caratteristiche dei luoghi; si rimandano comunque, alla fase di progetto esecutivo, eventuali approfondimenti di carattere geologico, idrogeologico e geotecnico.

6 APPENDICE A: VERIFICHE DI STABILITA'

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955) – SEZIONE 5

Zona	via alle vecchie fornaci, genova
Lat./Long.	44,4392158770158/8,84750994884529
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	671,96 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	842,31 m
Ascissa vertice destro superiore xs	731,52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	884,79 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,23	2,56	0,18
S.L.D.	201,0	0,28	2,52	0,2
S.L.V.	1898,0	0,65	2,55	0,29
S.L.C.	2475,0	0,82	2,55	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,414	0,2	0,0084	0,0042
S.L.D.	0,504	0,2	0,0103	0,0051
S.L.V.	1,17	0,2	0,0239	0,0119
S.L.C.	1,476	0,2	0,0301	0,0151

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0239
Coefficiente azione sismica verticale 0,011 9

Vertici profilo

N	X m	y m
1	570,21	778,29
2	570,85	780,06
3	590,45	780,16
4	591,51	780,16
5	604,62	785,77
6	605,46	785,77
7	609,67	785,57
8	609,73	785,87
9	610,76	785,81
10	610,81	785,51
11	625,2	784,41
12	635,42	789,41
13	650,12	794,41
14	661,37	799,41
15	677,23	804,41
16	687,24	809,41
17	697,26	814,41
18	708,61	819,41
19	718,62	824,41
20	729,84	829,41
21	744,99	834,41
22	755,37	839,41
23	765,59	844,41
24	781,4	849,41
25	792,28	854,41
26	802,66	859,41
27	806,6	864,41
28	812,87	874,41
29	819,5	885,18
30	823,96	885,61
31	827,89	894,41
32	835,61	899,41
33	850,06	929,4 1

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	570,21	778,29
2	570,85	780,06
3	590,45	780,16
4	591,51	780,16
5	604,62	785,77
6	605,46	785,77
7	609,67	785,57
8	609,68	785,63
9	633,21	783,17
10	634,16	782,51
11	728,63	784,41
12	748,21	794,41
13	753,86	803,13
14	769,85	805,62
15	778,5	824,41
16	784,1	825,7
17	790,87	844,39
18	801,81	844,91
19	806,6	864,41
20	806,6	864,41
21	812,87	874,41
22	819,5	885,18
23	823,96	885,61
24	827,89	894,41
25	835,61	899,41
26	850,06	929,41

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

Riduzione parametri geotecnici terreno Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0,1		30	1900	2100,00	0,00	Riempimento	
2	0,5		35	2300		0,00	Substrato roccioso	

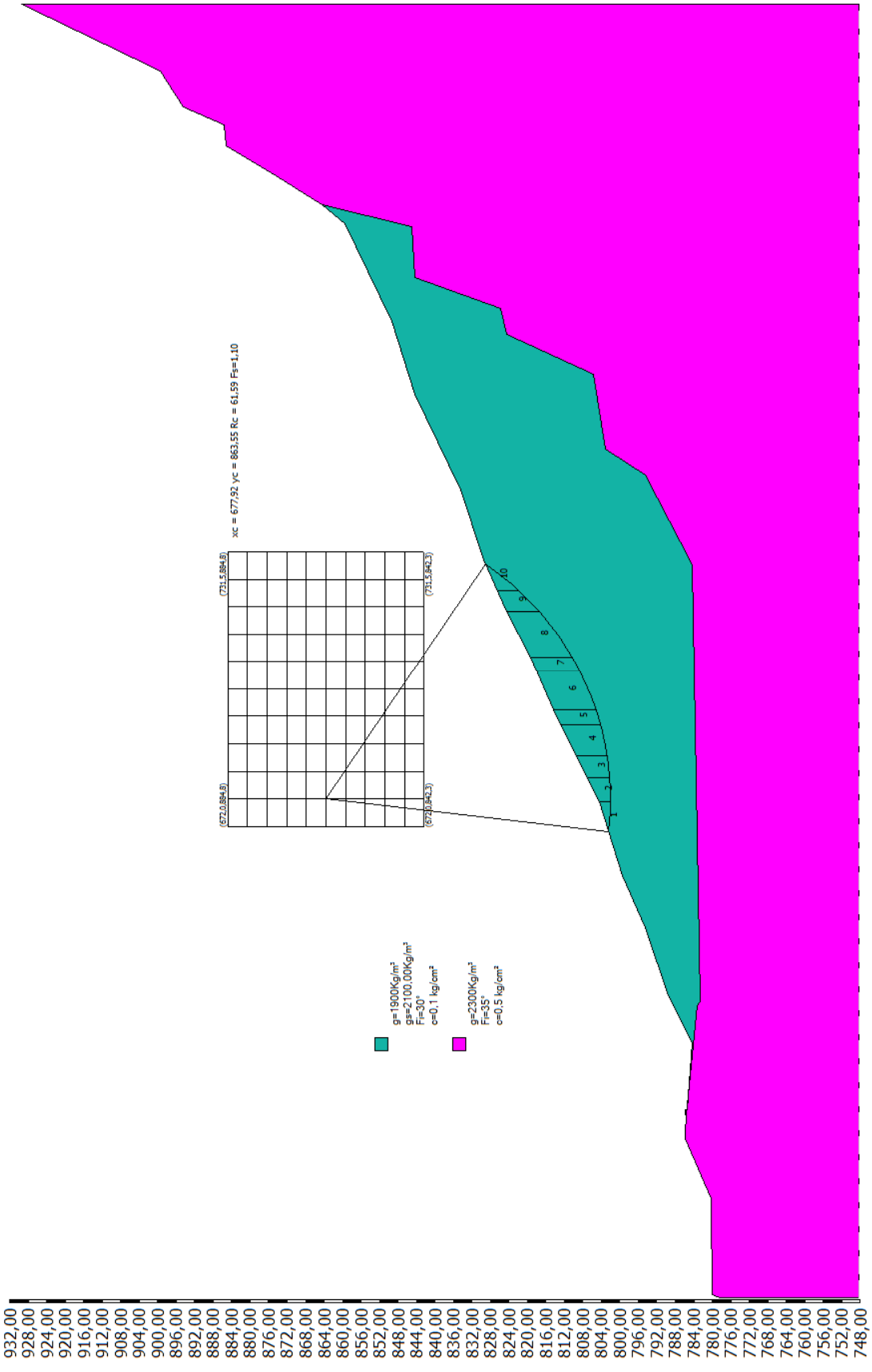
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,1
Ascissa centro superficie	677,92 m
Ordinata centro superficie	863,55 m
Raggio superficie	61,59 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 = 677,916 yc = 863,551 Rc = 61,593 Fs=1,1044

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	6,46	-3,6	6,47	16073,97	384,17	191,28	0,08	24,8	0,0	16784,5	10642,8
2	5,17	1,8	5,17	36440,96	870,94	433,65	0,08	24,8	0,0	35933,0	17064,4
3	4,85	6,4	4,88	53895,85	1288,11	641,36	0,08	24,8	0,0	51657,7	22850,5
4	6,78	11,9	6,93	100686,5	2406,41	1198,17	0,08	24,8	0,0	94364,7	40438,1
5	3,23	16,7	3,38	55526,98	1327,1	660,77	0,08	24,8	0,0	51434,0	21777,5
6	8,39	22,5	9,08	153454,2	3667,56	1826,11	0,08	24,8	0,0	141358,5	59724,1
7	2,97	28,3	3,37	53124,34	1269,67	632,18	0,08	24,8	0,0	49094,3	20882,8
8	10,0	35,6	12,31	162553,5	3885,03	1934,39	0,08	24,8	0,0	152601,2	66121,2
9	4,47	44,3	6,24	51059,16	1220,31	607,6	0,08	24,8	0,0	49102,0	22775,6
10	5,81	51,5	9,34	29227,91	698,55	347,81	0,08	24,8	0,0	26539,3	16239,8


xc = 677,92 yc = 863,55 Rc = 61,59 Fs=1,10
(731,5884,8)
(731,5842,3)
(672,0,884,8)
(672,0,842,3)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
g=1900Kg/m³
ga=2100,00Kg/m³
Fi=30°
c=0,1 kg/cm²
g=2300Kg/m³
Fi=35°
c=0,5 kg/cm²
932,00
928,00
924,00
920,00
916,00
912,00
908,00
904,00
900,00
896,00
892,00
888,00
884,00
880,00
876,00
872,00
868,00
864,00
860,00
856,00
852,00
848,00
844,00
840,00
836,00
832,00
828,00
824,00
820,00
816,00
812,00
808,00
804,00
800,00
796,00
792,00
788,00
784,00
780,00
776,00
772,00
768,00
764,00
760,00
756,00
752,00
748,00

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955) – SEZIONE 4

Lat./Long.	44,4392158770158/8,84750994884529
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	808,51 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	608,7 m
Ascissa vertice destro superiore xs	859,37 m
Ordinata vertice destro superiore ys	644,81 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,23	2,56	0,18
S.L.D.	201,0	0,28	2,52	0,2
S.L.V.	1898,0	0,65	2,55	0,29
S.L.C.	2475,0	0,82	2,55	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,414	0,2	0,0084	0,0042
S.L.D.	0,504	0,2	0,0103	0,0051
S.L.V.	1,17	0,2	0,0239	0,0119
S.L.C.	1,476	0,2	0,0301	0,0151

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0239
Coefficiente azione sismica verticale 0,011 9

Vertici profilo

N	X m	y m
1	694,2	540,94
2	695,35	543,08
3	695,35	543,08
4	696,38	543,05
5	715,01	546,87
6	720,65	546,48
7	723,69	546,34
8	726,82	543,87
9	728,79	545,56
10	740,42	547,52
11	740,62	545,46
12	741,37	540,46
13	756,27	540,46
14	767,3	545,46
15	778,05	550,46
16	793,48	555,46
17	803,52	560,46
18	814,23	565,46
19	828,97	570,46
20	839,93	575,46
21	850,99	580,46
22	861,7	585,46
23	871,74	590,46
24	883,15	595,46
25	898,84	600,46
26	910,43	605,46
27	929,92	610,46
28	930,13	611,54
29	937,41	612,48
30	938,53	615,46
31	940,26	620,46
32	941,93	625,46
33	943,53	630,46

34	943,72	631,22
35	947,12	631,27
36	948,71	635,46
37	950,49	640,46
38	952,36	645,46
39	954,42	650,46
40	956,29	655,46
41	958,43	660,46
42	960,76	665,46
43	963,11	670,53
44	963,16	670,46
45	964,99	671,18
46	967,43	675,46
47	969,82	680,46
48	970,97	683,1 9

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	694,2	540,94
2	695,35	543,08
3	695,35	543,08
4	696,38	543,05
5	715,01	546,87
6	720,65	546,48
7	723,69	546,34
8	726,82	543,87
9	728,79	545,56
10	739,35	547,34
11	742,83	535,46
12	743,17	535,46
13	744,73	529,94
14	768,52	529,98
15	769,19	530,46
16	774,02	535,46
17	780,17	539,74
18	780,19	539,99
19	784,71	539,57
20	836,45	538,46
21	840,37	538,21
22	865,32	538,81
23	868,7	540,46
24	880,29	545,46
25	880,45	545,52
26	882,84	546,58
27	885,56	550,43
28	885,69	550,46
29	900,52	552,44
30	902,15	555,46
31	904,77	560,46
32	907,54	565,46

33	909,98	570,46
34	910,44	571,17
35	912,28	572,18
36	917,2	572,12
37	917,79	575,46
38	918,73	580,46
39	919,65	585,46
40	920,45	589,85
41	922,2	590,46
42	926,79	591,07
43	927,5	595,46
44	928,3	600,46
45	929,09	605,46
46	929,92	610,46
47	929,92	610,46
48	930,13	611,54
49	937,41	612,48
50	938,53	615,46
51	940,26	620,46
52	941,93	625,46
53	943,53	630,46
54	943,72	631,22
55	947,12	631,27
56	948,71	635,46
57	950,49	640,46
58	952,36	645,46
59	954,42	650,46
60	956,29	655,46
61	958,43	660,46
62	960,76	665,46
63	963,11	670,53
64	963,16	670,46
65	964,99	671,18
66	967,43	675,46
67	969,82	680,46
68	970,97	683,19

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

Riduzione parametri geotecnici terreno Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0,1		30	1900	2100,00	0,00	Riempimento	
2	0,5		35	2300		0,00	Substrato	

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

==========

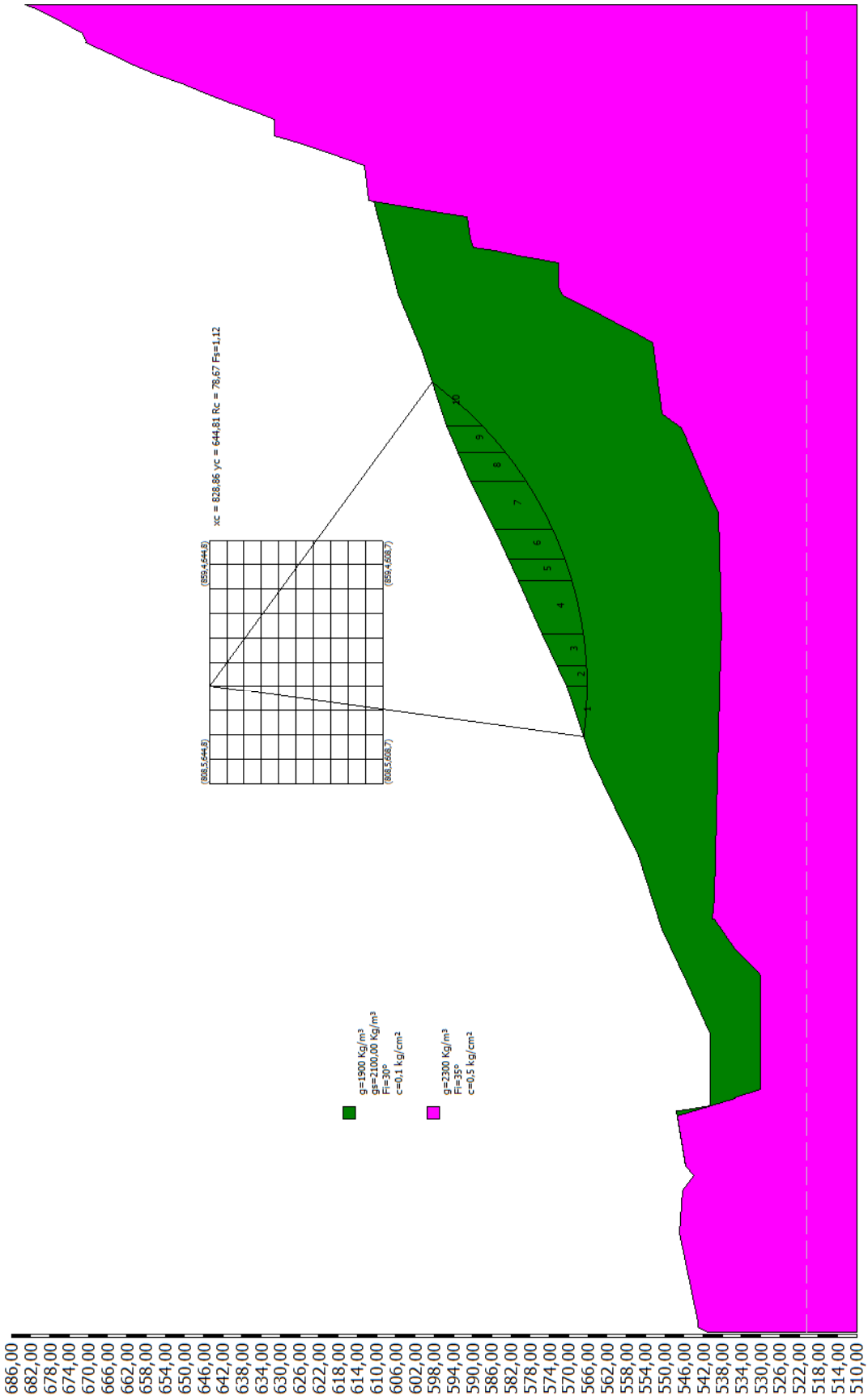
Fs minimo individuato	1,12
Ascissa centro superficie	828,86 m
Ordinata centro superficie	644,81 m
Raggio superficie	78,67 m

==========

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 = 828,858 yc = 644,807 Rc = 78,669 Fs=1,1199

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	10,64	-3,8	10,67	47312,54	1130,77	563,02	0,08	24,8	0,0	49104,8	25338,3
2	4,17	1,6	4,17	41485,73	991,51	493,68	0,08	24,8	0,0	40993,6	18078,7
3	6,79	5,6	6,82	95368,09	2279,31	134,88	0,08	24,8	0,0	92008,6	38928,2
4	11,07	12,2	11,32	211202,0	5047,73	2513,3	0,08	24,8	0,0	198399,2	81741,9
5	4,36	18,0	4,59	95172,28	2274,62	1132,55	0,08	24,8	0,0	88338,6	36101,1
6	6,35	22,2	6,85	145041,9	3466,5	1726,0	0,08	24,8	0,0	134289,8	54803,4
7	10,04	28,9	11,47	230993,9	5520,75	2748,83	0,08	24,8	0,0	215179,4	88128,0
8	5,83	35,6	7,17	120505,9	2880,09	1434,02	0,08	24,8	0,0	114234,1	47486,8
9	5,58	40,9	7,38	94244,55	2252,45	1121,51	0,08	24,8	0,0	91005,7	38916,9
10	9,23	48,7	14,0	74803,41	1787,8	890,16	0,08	24,8	0,0	72204,5	36166,6


xc = 828,86 yc = 644,81 Rc = 78,67 Fs=1,12
(859,4;644,8)
(859,4;608,7)
(808,5;644,8)
(808,5;608,7)
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
g=1900 Kg/m³
gs=2100,00 Kg/m³
Fi=30°
c=0,1 kg/cm²
g=2300 Kg/m³
Fi=35°
c=0,5 kg/cm²
686,00
682,00
678,00
674,00
670,00
666,00
662,00
658,00
654,00
650,00
646,00
642,00
638,00
634,00
630,00
626,00
622,00
618,00
614,00
610,00
606,00
602,00
598,00
594,00
590,00
586,00
582,00
578,00
574,00
570,00
566,00
562,00
558,00
554,00
550,00
546,00
542,00
538,00
534,00
530,00
526,00
522,00
518,00
514,00
510,00