

COMUNE DI OROSEI

PROVINCIA DI NUORO

AUTORIZZAZIONE ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA PER MATERIALE DI COLTIVAZIONE: ROCCE ORNAMENTALI, DESTINATE ALLA PRODUZIONE DI BLOCCHI, LASTRE E AFFINI

RICHIEDENTE

: EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.

Via Georgia s.n.c. - 07026 OLBIA (OT)

LOCALITA'

: CANALE LONGU **EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.**

MATERIALE

: MARMO DI OROSEI L' Amministratore Unico
Dessena Maria Antonietta

SUPERFICIE CAVA

: ha 0 are 79 centiare 33

Stesura per pratica pubblica

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA- GEOTECNICA (ai sensi dell'articolo n° 25 delle NTA del PAI)

STUDIO TECNICO MASALA

VIA 1 MAGGIO, 4 09047 SELARGIUS (CA)

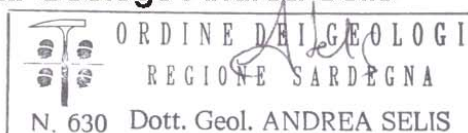
TEL.FAX 070/841478

studiotecnicomasala@gmail.com

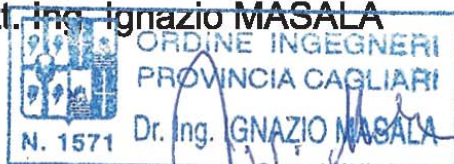


PROGETTO

Dott. Geologo Andrea Selis



Dott. Ing. Ignazio MASALA



ALL.

I

SCALA

DATA

LUGLIO 2017

ARCH.

COMUNE DI OROSEI

PROVINCIA DI NUORO

**AUTORIZZAZIONE ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA
PER MATERIALE DI COLTIVAZIONE: ROCCE ORNAMENTALI,
DESTINATE ALLA PRODUZIONE DI BLOCCHI, LASTRE E AFFINI**

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA

art. 25 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

PREMESSA

Il presente studio è riferito all'intervento per la richiesta di apertura di una concessione di cava di marmo in località *Canale Longu* nel Comune di Orosei, su richiesta della ditta Eredi Giorgio Dessena s.r.l. Considerata la necessità di approfondite analisi geologiche e geotecniche il presente lavoro è stato sviluppato dai tecnici Dr. Geol. Andrea Selis e Dr. Ing. Ignazio Masala, ciascuno per quanto di competenza, secondo quanto indicato dall'articolo 25 comma 3 delle Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico. La redazione dello Studio di Compatibilità come richiesto dall'articolo 23, comma 6, lettera *b* delle Norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico PAI della Regione Sardegna, necessaria in quanto il settore di interesse si colloca all'interno dell'area a pericolosità da frana Hg2, ha lo scopo di valutare l'idoneità e la compatibilità degli interventi proposti con le caratteristiche geologiche, geotecniche ed ambientali dei terreni interessati. L'analisi e il rilevamento dell'area oggetto dell'intervento hanno altresì l'obiettivo di segnalare eventuali dissesti individuandone le cause e proponendo opportuni sistemi di intervento.

Lo studio è stato portato avanti attraverso diverse fasi di lavoro:

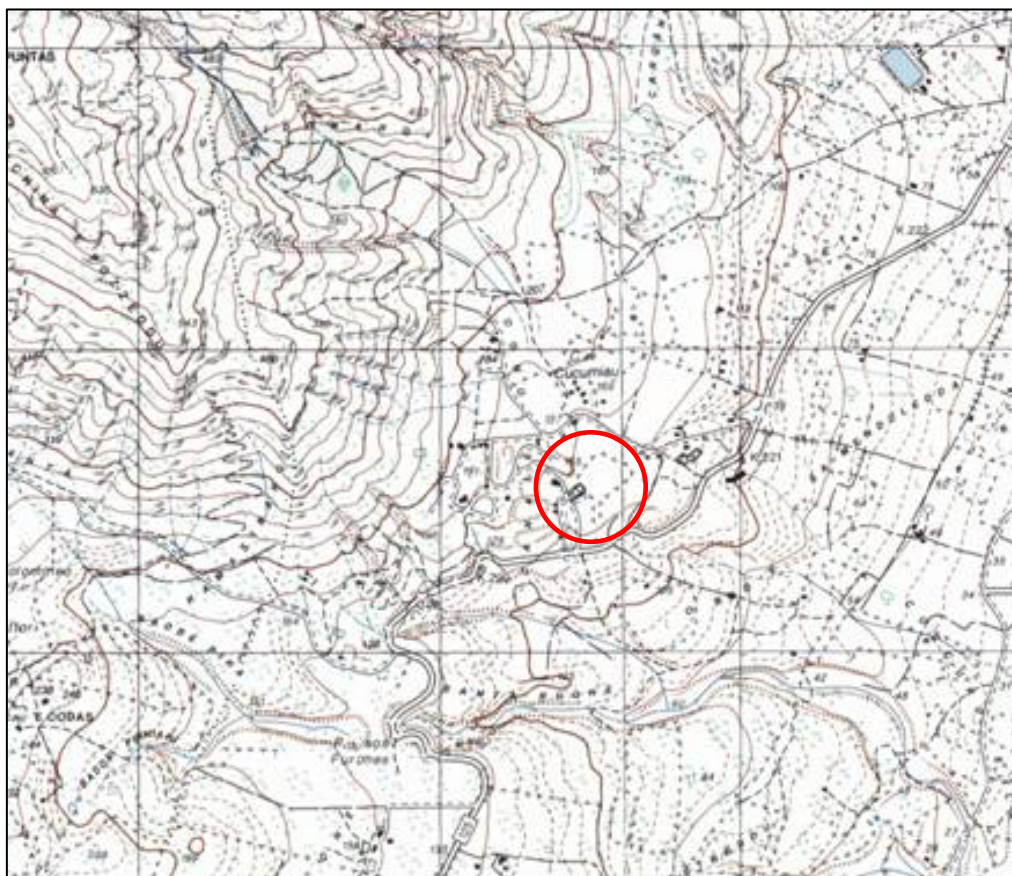
- analisi critica di tutti gli studi di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico ecc. che permettessero di avere una opportuna conoscenza delle caratteristiche fisico-tecniche dei terreni di questo settore;
- analisi dei risultati delle indagini geotecniche eseguite in terreni simili;
- interpretazione di fotografie aeree e terrestri;
- rilevamento geologico e strutturale del territorio per verificare ed, eventualmente, integrare le informazioni raccolte in precedenza;

- caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dall'intervento in relazione alle finalità da raggiungere con il progetto e valutazione dell'idoneità degli interventi proposti;

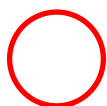
LOCALIZZAZIONE DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO

L'area interessata dagli interventi progettuali è ubicata nella zona sud-ovest di Orosei, a ridosso della strada provinciale 125. Il settore esaminato è compreso nella seguente cartografia topografica, tematica e catastale ufficiale:

- Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000 – Foglio 500 sez. I – GALTELLI' dell'I.G.M.I.;
- Carta tecnica regionale della Sardegna, Foglio 500040 (GALTELLI');
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 Foglio 195 OROSEI;
- Carta geologica della Sardegna, foglio Nord, scala 1:200.000 (Carmignani *et alii*)



COROGRAFIA
Stralcio dei Foglio IGM
500 SEZIONE I GALTELLI'
scala 1: 25000



Area oggetto dell'intervento

INQUADRAMENTO NELL'AREA DI PERIMETRAZIONE DEL PAI

Il sito in esame appartiene al bacino idrografico del fiume Cadrino. Nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico l'area in esame risulta censita all'interno della classe di pericolosità Hg2, principalmente in virtù dei fattori acclività e litologia; in questo settore il fenomeno franoso può essere principalmente legato a fenomeni locali riguardanti le porzioni superficiali dei litotipi affioranti quando fortemente fratturati e sottoposti ad intensi fenomeni di alterazione superficiale; tali condizioni possono essere maggiormente critiche in corrispondenza di interventi antropici quali scavi e sbancamenti non eseguiti a regola d'arte.

Nell'area di interesse non sono state individuate manifestazioni instabili e situazioni di dissesto in atto.

Le Norme Tecniche di Attuazione del PAI disciplinano le tipologie di interventi ammissibili nelle aree di pericolosità da frana moderata (Hg2) secondo quanto indicato dall' art. 33, in riferimento ai quali si ritiene compatibile la tipologia di intervento proposta. Nello specifico si evidenzia come la compatibilità dell'intervento in oggetto sia disciplinata dalle Norme di Attuazione del P.A.I all' articolo 33 comma 2 lettera i, di seguito riportato:

ARTICOLO 33 Disciplina delle aree di pericolosità media da frana (Hg2)

2. In materia di patrimonio edilizio sono inoltre consentiti esclusivamente:

i. gli ampliamenti e le nuove realizzazioni di insediamenti produttivi, commerciali e di servizi.

Si ritiene che nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico gli interventi progettuali non costituiranno una fattore aggravante di instabilità dell'area.

L'attività estrattiva risulta infine compatibile con quanto previsto dalle norme del PAI, all'art. 13 comma 3, e articoli 24 e 25.

1. RELAZIONE GEOLOGICA

1.1. ASSETTO GEOLOGICO D'INQUADRAMENTO

L'area interessata dagli interventi progettuali è ubicata nella zona sud-ovest dell'abitato di Orosei, a ridosso della S.P. 125 che collega Orosei e Dorgali. L'assetto geologico del territorio è caratterizzata dall'affioramento del basamento ercinico cristallino e metamorfico su cui poggiano le rocce della copertura post-ercinica, rappresentate da sedimenti mesozoici e cenozoici, vulcaniti terziarie e sedimenti quaternari.

Basamento ercinico

Nell'area oggetto di studio le rocce del basamento ercinico sono principalmente costituite da metamorfiti di medio-basso grado, rappresentate da metarenarie e filladi a biotite; il complesso intrusivo affiora a margine dell'area, dove è rappresentato da rocce granitoidi.

Sia la serie metamorfica che quella magmatica intrusiva sono attraversate da filoni i cui termini principali sono dati da lamprofiri, apliti, pegmatiti e quarzo.

Metarenarie e filladi a biotite

Si tratta di successioni attribuite al Cambriano inf e subordinatamente all'Ordoviciano sup e al Devoniano-Carbonifero inf, che affiorano principalmente nella zona a W dell'abitato di Orosei e a margine nella zona a SE del M. Tuttavista. Sono le rocce più antiche della zona che probabilmente costituiscono il basamento su cui poggiano le litologie affioranti nell'area. Le facies tipica è costituita da alternanze, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee e quarziti, filladi e metasiltiti scure. Le facies metamorfiche rappresentative sono quelle della zona a biotite e della zona a biotite+granato, i cui litotipi dominanti sono micascisti e paragneiss albitici minuti, caratterizzati da scistosità fortemente marcata e strutture granolepidoblastiche orientate.

Complesso intrusivo

Il complesso intrusivo nell'area di Orosei è costituito principalmente da rocce granitoidi che affiorano a margine dell'area, precisamente a ovest e nord-ovest dell'abitato di Orosei, dove la litologia è rappresentata dai termini granodioritici e leucogranitici (granitoidi a cordierite); la roccia ha generalmente grana media e una composizione peralluminosa per la presenza di muscovite, silicato anidro d'alluminio e cordierite.

Coperture post-erciniche

Circa un terzo dell'isola è coperto da sedimenti e vulcaniti del Carbonifero sup-Permiano, del Mesozoico e Terziario. Nell'area oggetto di studio le coperture post-erciniche sono rappresentate da prodotti vulcanico-sedimentari tardo-paleozoici e triassici su cui poggiano

formazioni continentali e successioni transizionali e marine di natura calcareo-dolomitica. Si rinvencono inoltre intercalazioni di prodotti vulcanici oligo-miocenici e plio-pleistocenici (basalti alcalini e subalcalini del distretto di Dorgali-Orosei) e depositi quaternari di origine detritica e alluvionale.

Ignimbriti riolitiche, arenarie e conglomerati tipo “Verrucano”

Affiorano generalmente in contatto tettonico con le sovrastanti formazioni dolomitico-calcaree. La litologia vulcanica è rappresentata da ignimbriti riolitiche rosso-violacee e facies tufacee di colore rosa pallido; La successione sedimentaria è rappresentata da sedimenti prevalentemente detritici di ambiente alluvionale e lacustre associati alle vulcaniti ignimbritiche e da conglomerati con frammenti di filladi e di quarzo immersi in una fine matrice arenacea rossastra.

Formazioni calcareo- dolomitiche

La formazione del massiccio carbonatico del M. Tuttavista avvenne in corrispondenza dell'ingressione marina e la successiva deposizione di livelli arenaceo-argillosi, dolomie e calcari per uno spessore di circa 700 m.

La successione giurassica costituisce l'ossatura dei rilievi carbonatici della Sardegna orientale e nell'area oggetto di studio affiora con continuità nella zona circostante dove è rappresentata dalla Formazione di Dorgali e dalla Formazione di M. Tului; essa è costituita da conglomerati trasgressivi e dolomie alla base e calcari di piattaforma alla sommità.

Il conglomerato basale della trasgressione giurassica è rappresentato da un complesso clastico (0-50m) e discontinuo costituito da conglomerati e microconglomerati quarzosi e arenarie di ambiente fluviale associati a lenti di argille carboniose e arenarie con resti vegetali di ambiente lacustre che localmente possono poggiare direttamente sul basamento ercinico. Verso l'alto si passa da un ambiente tipicamente litorale, rappresentato da marne e arenarie dolomitiche alla base che passano a dolomie di colore bruno spesso compatte (Formazione di Dorgali), ad un ambiente di piattaforma esterna, costituito da calcilutiti di colore nocciola (Calcari di S'Adde) associate ad alternanze irregolari di calcari micritici e calcareniti (Formazione di M.Tului). La porzione superiore è rappresentata da una facies di scogliera che chiude la successione giurassica e costituita da calcari di bioerma limitati superiormente e lateralmente da calcari detritici (Formazione di M.Bardia).

La successione cretacea inferiore inizia con l'orizzonte di Orudè, caratterizzato da marne e calcareniti marnose, giallastre e poco cementate con ammoniti e foraminiferi (ambiente di sedimentazione riferibile a condizioni da transizionali a mare aperto poco profondo). Proseguendo verso l'alto si hanno calcari argillosi e bioclastici seguiti da biocalcareni fin

che passano verso l'alto a calcareniti bioclastiche (ambiente di piattaforma esterna poco profonda ad alta energia).

Depositi quaternari

Affiorano diffusamente nell'area e sono rappresentati principalmente da detriti di falda e frana, rocce basaltiche e depositi alluvionali antichi e recenti.

Detrito di falda e frana

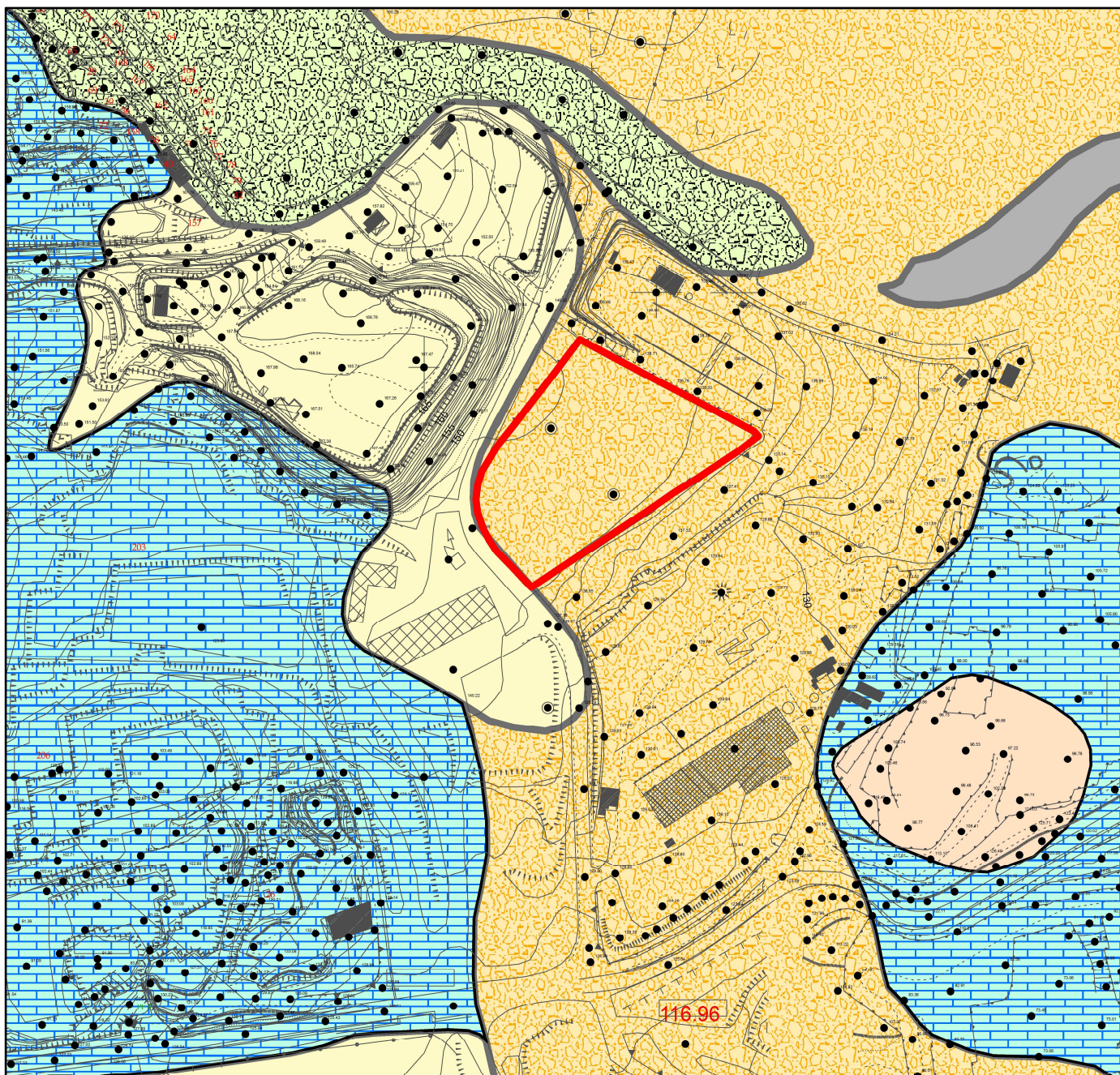
Affiora diffusamente sul versante settentrionale del M. Tuttavista formando un'estesa fascia detritica essenzialmente costituita da breccie eterometriche monogeniche e poligeniche di blocchi cementati di calcari e dolomie giuresi e con subordinati litici di basamento paleozoico e frammenti di vulcaniti. Localmente tale formazione può essere coperta al piede dai basalti quaternari, i quali ne determinano il limite cronologico superiore. A questi depositi si associano anche i detriti di versante di origine crioclastica rappresentati dai cosiddetti depositi tipo “*éboulis ordonèes*”, costituiti generalmente da materiale clastico spigoloso a grana per lo più grossolana in matrice siltoso-argillosa dal tipico colore rossastro; si tratta di depositi periglaciali in genere riferiti al Wurm; affiorano diffusamente nell'area di interesse, dove poggiano sui calcari giurassici e raggiungono localmente spessori variabili da metrici a decametrici. Lo sviluppo di tali depositi è strettamente collegato all'elevata gelività delle rocce carbonatiche e all'acclività dei versanti.

Vulcaniti terziarie

I prodotti del vulcanismo plio-pleistocenico sono principalmente rappresentati dai basalti alcalini e subalcalini del distretto di Dorgali-Orosei che affiorano a margine dell'area nelle zone a N e S del territorio di Orosei.

Depositi alluvionali

Depositi quaternari sono rappresentate dalla ampie fasce di alluvioni antiche e recenti che si estendono soprattutto lungo alvei e paleoalvei (conglomerati, sabbie, argille più o meno compatte in terrazzi e conoidi alluvionali) e da depositi di ambiente litorale (conglomerati, arenarie e biocalcareni di spiaggia). Le alluvioni antiche, terrazzate, sono rappresentate da depositi ciottolosi e sabbiosi mentre nelle alluvioni recenti diventa rilevante la presenza della frazione argillosa.



SCALA 1:3000

Legenda

- Depositi antropici. Discariche minerarie. OLOCENE
- Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
- Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE
- Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
- FORMAZIONE DI MONTE BARDIA. Biocalcareniti/calciruditi TRIAS MEDIO CRET INF
- Litofacies nel Subsint di Su Gologone Detriti di versante tipo "éboulis ordonnés". PLEI SUP.
- AREA DI INTERVENTO

Carta geologica

1.2. CARATTERI GEOSTRUTTURALI GENERALI

Dal punto di vista strutturale nell'area del territorio di Orosei si manifestano a grande e piccola scala le impronte dei principali eventi morfotettonici che hanno interessato l'intero territorio sardo e riconducibili principalmente all'orogenesi ercinica e all'orogenesi alpina.

La strutturazione dell'area è evidenziata da direttrici tettoniche a prevalente andamento NNE-SSW e NE-SW spesso intersecate da faglie minori aventi direzione E-W e NW-SE.

A livello macroscopico le superfici di discontinuità rilevabili sono rappresentate da fratturazioni e fessurazioni presenti sia nelle formazioni calcareo-dolomitiche che nei basalti.

La fratturazione e fessurazione nelle rocce calcaree è generalmente dovuta a fenomeni di origine tettonica unitamente all'azione del carsismo. L'analisi delle discontinuità delle litologie calcaree ha evidenziato in particolare la presenza di un complesso sistema di fratturazione rappresentato da due famiglie principali aventi direzione NNE-SSW e circa NNW-SSE a cui si associano sistemi ordine minore variamente orientati e sistemi di fratturazione locale legati ai processi di estrazione di materiali di cava.

Nelle formazioni basaltiche le discontinuità sono legate alla messa in posto di queste lave; l'apertura delle fratture, che generalmente è minima (dell'ordine di qualche millimetro), può localmente conferire alla roccia basaltica, generalmente impermeabile, una permeabilità in grande per fessurazione.

1.3. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA

L'assetto geomorfologico dell'area è fortemente condizionato dalla natura delle litologie affioranti e dall'intervento antropico, principalmente rappresentato dalle numerose aree di coltivazione.

Il paesaggio è profondamente connotato dalla litologia calcarea, che si manifesta attraverso le forme tipiche dell'ambiente carsico; e dalle forme pedemontane modellate sui depositi detritici di versante che localmente coprono le formazioni calcaree; nelle aree di fondovalle la morfologia del paesaggio è fortemente marcata dal sistema idrografico cui si associano i depositi di alveo e paleoalveo.

L'assetto stratigrafico dei depositi “*éboulis ordonées*” conferisce anch'esso un morfologia piuttosto accidentata poiché l'inclinazione degli strati generalmente non è coerente con quella del versante, essendo maggiore nella parte sommitale del versante stesso; pertanto la presenza di versanti strutturali molto inclinati e cornici verticali, unitamente alla notevole

gelività delle rocce carbonatiche affioranti, favorisce un notevole accumulo di questi depositi.

Accanto alla morfologia calcarea che domina la zona, si rinvencono le forme tipiche dei rilievi vulcanici di tipo basaltico, rappresentata da vasti espandimenti tabulari, circoscritti da ripide pareti, attorno a tipici vulcani a scudo. Questi espandimenti talvolta affiorano come altipiani isolati messi in evidenza dall'erosione selettiva con fenomeni di forte inversione di rilievo.

Nell'area di stretto interesse la morfologia del paesaggio è fortemente marcata dall'intervento antropico, principalmente rappresentato dall'attività estrattiva che si sviluppa a monte e a valle della S.P. 125. In particolare il lotto è ubicato a ridosso della strada stessa, nella zona a est dei terreni ove sono ubicati l'area di accesso alla cava e gli uffici della Marmi Orosei e della GV Orosei Marbles; esso si sviluppa in un'area a medio bassa acclività, sopraelevata rispetto al piano stradale.

1.4. SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA

L'area oggetto di studio appartiene al bacino idrografico del Cedrino.

La morfologia del territorio di Orosei è fortemente marcata dalla presenza di incisioni vallive e aree di fondovalle profondamente incise dal sistema idrografico superficiale. La circolazione idrica superficiale è fortemente condizionata dall'andamento stagionale delle precipitazioni. Il rapporto afflusso-deflusso è fortemente condizionato dall'acclività dei versanti, dalla permeabilità delle litologie attraversate, dalla copertura vegetale e dall'andamento delle precipitazioni. La rete di drenaggio superficiale ubicata nei terreni calcarei diventa importante in occasione di afflussi meteorici particolarmente intensi e in corrispondenza di versanti particolarmente acclivi; questi fattori possono localmente favorire una circolazione idrica superficiale a svantaggio dell'infiltrazione profonda che generalmente caratterizza le formazioni carbonatiche. Nell'area di stretto interesse circostante non sono presenti manifestazioni sorgentizie importanti.

La circolazione idrica sotterranea nelle formazioni calcaree è fortemente legata alle dislocazioni tettoniche ed alla fratturazione e fessurazione della roccia stessa; queste rocce possono essere sede di importanti riserve sotterranee quando le interconnessioni fra le strutture tettoniche e le fratture presenti costituiscono le condizioni ideali per una importante circolazione idrica sotterranea.

2. RELAZIONE GEOTECNICA

2.1. CRITERI DI PROGRAMMAZIONE E RISULTATI DELLE INDAGINI IN SITU, DI LABORATORIO E TECNICHE ADOTTATE

Nell'area di stretto interesse la ricostruzione litostratigrafica è stata definita attraverso l'osservazione diretta dei litotipi affioranti, visibili lungo i fronti di scavo delle aree estrattive e nei fronti stradali.

La sequenza osservata è caratterizzata principalmente da depositi terziari detritici poggianti sui calcari giurassici.

Le formazioni detritiche, osservabili soprattutto negli affioramenti lungo alcuni fronti di scavo, hanno spessore variabile da decimetrico a metrico e sono costituite da depositi mediamente compatti a granulometria variabile per la presenza di clasti medio-grossolani in matrice siltoso-argillosa; i clasti sono generalmente spigolosi o comunque poco arrotondati mentre la matrice è di solito arrossata, le variazioni granulometriche dei depositi sono in funzione dei processi chimico-fisici legati alla messa in posto degli stessi.

I calcari, rappresentati dalla Formazione di M. Bardia, sono osservabili lungo ampi fronti di scavo all'interno delle aree di coltivazione. La roccia si presenta per lo più compatta e localmente attraversata da sistemi di discontinuità legati generalmente a fratturazioni e fessurazioni di origine tettonica e carsica.

La litologia calcarea nell'area di stretto interesse si rinviene generalmente al di sotto della coltre detritica ad una profondità media stimabile di circa 15,00-20,00 m.

I rilievi effettuati hanno indicato una situazione di stabilità globale dell'area, dove peraltro non sono stati evidenziati fenomeni di dissesto in atto.

2.2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO IN RELAZIONE ALLE FINALITA' DA RAGGIUNGERE CON IL PROGETTO

Nell'ambito del presente studio al fine di avere una caratterizzazione geotecnica dei terreni sono stati osservati e caratterizzati dal punto di vista geomeccanico alcuni fronti di escavazione presenti nelle cave adiacenti.

Il volume significativo dei terreni interessati dall'intervento è costituito da un livello superficiale di depositi detritici mediamente compatti e dai sottostanti calcari; localmente può essere presente un livello pedogenetico superficiale di spessore centimetrico.

La sequenza stratigrafica dall'alto verso il basso è quella di seguito riportata.

Detriti di versante tipo Eboulis Ordonnes

I depositi detritici sono riferibili alla formazione terziaria denominata *Eboulis Ordonnes* e assimilabili da un punto di vista geotecnico a delle brecce grossolane e ghiaie in matrice sabbioso-argillosa mediamente addensate. Per la parametrizzazione geotecnica di questa formazione sono stati utilizzati i seguenti parametri:

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)
Deposito detritico di versante tipo <i>Eboulis Ordonnes</i>	0,2	30,00	1900,00	2100,00

- Con:
- G = peso di volume secco;
 - Gs = peso di volume saturo;
 - c = coesione;
 - Fi = angolo di attrito.

Come previsto dal progetto di coltivazione la porzione superficiale del terreno (cappellaccio) verrà reimpiegata in parte in situ per la sistemazione morfologica delle aree perimetrali di cava, sulle quali dovrà provvedersi anche all'esecuzione di opere di rinverdimento. Sulla base di quanto detto per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di ripristino sono stati considerati in via cautelativa i seguenti parametri geotecnici:

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)
Materiali di ripristino	0,00	28,00	1900,00	2100,00

Formazioni calcareo- dolomitiche

Gli ammassi rocciosi si presentano generalmente fratturati e carsificati attraverso linee di discontinuità orientate secondo lo schema geostrutturale dell'area. Per la caratterizzazione geotecnica di questi litotipi è stata effettuata l'analisi geomeccanica degli affioramenti visibili lungo fronti di scavo presso le aree estrattive.

Caratterizzazione geomeccanica

La caratterizzazione geomeccanica è stata effettuata su fronti di scavo osservati nel settore nord del lotto in esame, alcuni dei quali ubicati nell'area di concessione adiacente (Marmi Orosei). In questo settore gli ammassi rocciosi possono essere localmente coperti da depositi detritici riferibili alla formazione terziaria denominata *Eboulis Ordonnes* e assimilabili da un punto di vista geotecnico a delle brecce grossolane e ghiaie in matrice sabbioso-argillosa mediamente addensate.

L'elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata mediante il software Geostru Rock Mechanics e la classificazione utilizzata è quella di Beniaowski Romana.

I parametri necessari per le analisi geomeccaniche sono stati ricavati mediante osservazioni a vista, utilizzando pertanto parametri qualitativi per descrivere i fattori caratterizzanti la struttura della roccia e la qualità delle superfici di discontinuità. Ciò comporta un certo grado di soggettività che, soprattutto nel caso di studi su aree ampie quali pendii e fronti di scavo, può influire sui risultati delle elaborazioni.

Per la parametrizzazione dei dati sono stati utilizzati sia dati relativi alle misure di campo, di seguito riportati.

ELABORAZIONE PARAMETRI RILIEVI GEOMECCANICI

LA CLASSIFICAZIONE DI BENIAWSKI E ROMANA

INTRODUZIONE

Nel campo della progettazione di infrastrutture di ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un'opera in sotterraneo, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso interessato alla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area.

Le classificazioni di Beniaowsky e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo "conservativa") consentono di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano. La classificazione di Beniaowsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

VALORE DI A1

A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale S_u .

La prova Point Load Test

La prova Point Load ha il vantaggio di essere portatile; da essa si deriva l'indice di carico puntuale I_s che viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale S_u mediante la relazione:

$$S_u = K I_s$$

K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare K in funzione di I_s secondo lo schema seguente:

I_s (MPa)	K
< 3,5	14
3,5 – 6,0	16
6,0 – 1,0	20
> 6,0	25

Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la “durezza di rimbalzo” della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0,775 R + 21,3$$

Standard ISRM

In una fase preliminare delle indagini, mancando prove di campagna o di laboratorio, il valore di S_u può essere stimata osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo.

Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

Definita la resistenza a compressione S_u è possibile ricavare il valore del primo parametro A_1 . Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposte da Beniaowsky, ricavare il valore di A_1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

VALORE DI S_u (MPa)	EQUAZIONE
$\leq 44,5$	$A_1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$
$44,5 \div 93,75$	$A_1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$
$93,75 \div 140$	$A_1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$
$140 \div 180$	$A_1 = 0,0375 S_u + 6,75$
$180 \div 240$	$A_1 = 0,025 S_u + 9$
> 240	$A_1 = 15$

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Beniaowsky nell'ultima versione del sistema (1989):

S_u (MPa)	> 200	100 - 200	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Coefficiente A_1	15	12	7	4	2	1	0

VALORE DI A_2

Se si effettuano sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A_2 , dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove:

L_c = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

L_t = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata L_c .

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A_2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniauskis:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A_2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A_2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A_2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A_2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

VALORE DI A_3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A_3 , mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
$\leq 0,2$	$A_3 = 15 s + 5$
$0,2 \div 0,4$	$A_3 = 10 s + 6$
$0,4 \div 0,66$	$A_3 = 7,752 s + 5,9$
$0,66 \div 0,94$	$A_3 = 7,067 s + 7,35$
$0,94 \div 1,6$	$A_3 = 6,07 s + 8,288$
$1,6 \div 2,0$	$A_3 = 5 s + 10$
$> 2,0$	$A_3 = 20$

VALORE DI A_4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniauskis il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono:

Persistenza del giunto

PERSISTENZA (m)	V1
< 1	6
1 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

Apertura del giunto

APERTURA (mm)	V2
Completamente chiuso	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

Rugosità del giunto

RUGOSITA'	V3
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	V4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO (mm)	RIEMPIMENTO	V5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

VALORE DI A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniaowsky si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

VALORE DI A6

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniaowsky risulta troppo “conservativo” e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

VALORE DI RMR (ROCK MASS RATING) E PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_c calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR_c	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniaowsky assumono il valore:

$$\text{coesione di picco } c_p \text{ (kPa)} = 5 RMR_b$$

$$\text{angolo di attrito di picco } \phi_p = 0,5 RMR_b + 5$$

$$\text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} = 2 RMR_b - 100$$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

$$RMR_b = RMR_b(\text{originario}) - [0,2 \times RMR_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(\text{RMR}_b - 10 / 40)$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ($A_5 = 15$). Tale relazione è da ritenersi valida per $\text{RMR} > 23$.

SLOPE MASS RATING (SMR, Romana 1985)

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$\text{SMR} = \text{RMR}_b + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti.

F2 è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare.

F3 mantiene le relazioni proposte da Beniauskas per l'inclinazione fra fronte e giunti.

F4 rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Le condizioni di stabilità verificate sono relative rotture planari e per ribaltamento (toppling); il metodo è stato esteso anche alle rotture a cuneo di recente da Anbalagan et al.. Sulla base della tabella che segue si attribuiscono i valori ai fattori:

CASO		Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Planare Toppling Cuneo	$\alpha_j - \alpha_f$ $\alpha_j - \alpha_f - 180^\circ$ $\alpha_i - \alpha_f$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Planare Cuneo	β_j β_i	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Toppling	F2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Planare Cuneo	$\beta_j - \beta_f$ $\beta_i - \beta_f$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
Toppling	$\beta_j - \beta_f$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
	F3	0	- 6	- 25	- 50	- 60

dove:

α_j = immersione del giunto

α_i = immersione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

α_f = immersione del fronte del versante

β_j = inclinazione del giunto

β_i = inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

β_f = inclinazione del fronte

Il fattore F4 vale invece:

METODO DI SCAVO	F4
Scarpata naturale	15
Abbattimento con pretaglio	10
Abbattimento controllato	8
Abbattimento normale	0
Abbattimento non controllato	-8

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematismo di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	Molto buona	Buona	Mediocre	Scadente	Molto scadente
STABILITA'	Sicuramente stabile	Stabile	Parzialmente stabile	Instabile	Sicuramente instabile
MODO DI ROTTURA	Assente	Possibili blocchi	Lungo piani o per cunei	Lungo piani o su grandi cunei	Su grandi piani o rototraslazionali
STABILIZZAZIONE	Nessuna	Occasionale	Sistematica	Estesa	Riprofilare la scarpata

Calcolo dei parametri della CLASSIFICAZIONE DI BENIAWSKI E ROMANA.

Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)

Standard ISRM = La roccia si frattura solo dopo molti colpi di martello

Numero di fratture per mc di roccia (J_v)=1

Spaziatura delle discontinuità (s)=1 m

Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m

Apertura del giunto > 5 mm

Giunto rugoso

Pareti mediamente alterate

Riempimento soffice > 5 mm

Roccia asciutta

Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)

Resistenza a compressione S_u (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
100 - 200	100

V1	V2	V3	V4	V5
4	0	5	3	0

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto

V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto

V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto

V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti

V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
12	20.00052137	14.358	12	15	

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD

A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
73.36	73.36	Seconda	Buono

Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strenght Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
46.72	68.36	366.8	41.68	293.44	34.34

Input dati per il calcolo di Slope Mass Rating (SMR)

Rottura: planare o a cuneo

Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio:condizione mediocre (20°-10°)

Inclinazione dei giunti:condizione mediocre (30°-35°)

Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti:condizione mediocre (0°)

Metodo di scavo:Abbattimento con pretaglio

Risultati relativi a Slope Mass Rating (SMR)

Fattori di aggiustamento

F1	F2	F3	F4
0.7	0.7	-25	10

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti

F2 è riferito all'inclinazione del giunto

F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti

F4 è legato al metodo di scavo

Classificazione corretta dell'ammasso roccioso

SMR	Classe	Descrizione
71.11	Seconda	Buona

Grado di stabilità, tipo di cinematismo di rottura, eventuali interventi di stabilizzazione

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Stabile	Possibili blocchi	Occasionale

Le formazioni rocciose calcareo dolomitiche dal punto di vista geomeccanico possono essere considerate mediamente buone.

Gli ammassi rocciosi evidenziano una stabilità in grande, la quale può localmente variare in corrispondenza di aree caratterizzate da una fratturazione molto intensa e da alterazione spinta; quest'ultima si concentra soprattutto nella porzione superficiale della roccia.

Locali situazioni critiche possono essere legate principalmente a condizioni locali di scadimento delle proprietà geomeccaniche dell'ammasso roccioso quando sottoposto a particolari stati tensionali sfavorevoli, legati ad esempio all'avanzamento della coltivazione; condizioni critiche possono inoltre essere rappresentate dalla presenza di aree di alterazione fisico-chimica molto spinta dell'ammasso o da settori in cui la persistenza della fratturazione è particolarmente intensa,

Dalle elaborazioni dei dati di campagna emerge che:

- la dimensione delle discontinuità è generalmente compresa tra 3 e 10 metri (media persistenza),\ con valori minimi inferiori ad 1 metro;
- sono presenti generalmente fratture aperte;
- la scabrezza, valutata mediante il pettine di Barton, risulta da liscia ondulata a debolmente rugosa (valori di JRC compresi tra 4 e 12);
- il riempimento, ove presente, è costituito principalmente da materiale argilloso;

La classificazione di Beniaowski e Romana ha evidenziato un SMR leggermente superiore a 70; gli ammassi sono classificabili come buoni (classe seconda).

2.3. DIMENSIONAMENTO DEL MANUFATTO

La coltivazione della cava prevede il progressivo abbassamento delle quote di coltivazione fino a raggiungere il giacimento in banco (presumibilmente a quota 126 metri). Da quella quota sarà possibile procedere con la coltivazione vera e propria con la creazione allo stato finale di un unico ampio piazzale a quota 84 metri.

Attraverso la creazione di cinque diversi piani di coltivazione (*quota 84-94-102-110-118-126*) si prevede l'estrazione di circa 82.600 m³ di blocchi, al netto quindi dei volumi di ricoprimento costituito da terreno ghiaioso a matrice argillosa e dal cosiddetto "cappellaccio". L'accesso ai piazzali ed ai fronti di coltivazione sarà garantito da una rampa di servizio il cui sviluppo sarà parallelo al perimetro dell'area.

Pertanto, allo stato finale di coltivazione la coltivazione sarà interamente al disotto del piano di campagna e delimitata sui quattro lati (il classico pozzo di escavazione).

Ovviamente tale configurazione potrebbe cambiare nel tempo, qualora l'avanzamento dell'escavazione nella cava a fianco (IN.MA.SA.srl / Sardegna Marmi srl) procedesse speditamente in questa direzione. In questo caso la cava aprirebbe verso sud.

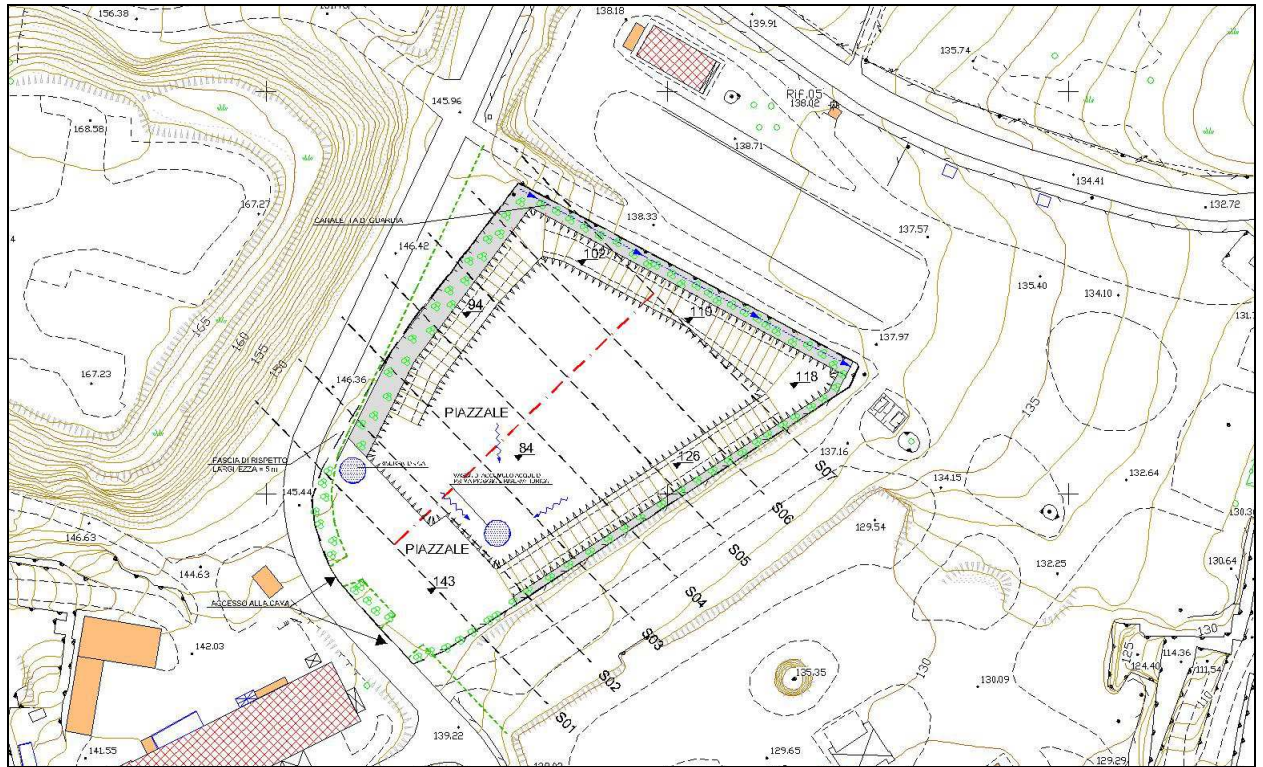
Al momento, tuttavia, non è previsto il coinvolgimento di altre aziende.

In questa situazione non si può che prevedere una cava "a termine" della durata di circa 10 anni, nel senso che si procederà ad effettuare abbassamenti successivi del piano di coltivazione, fino che le condizioni operative li consentiranno in piena sicurezza.

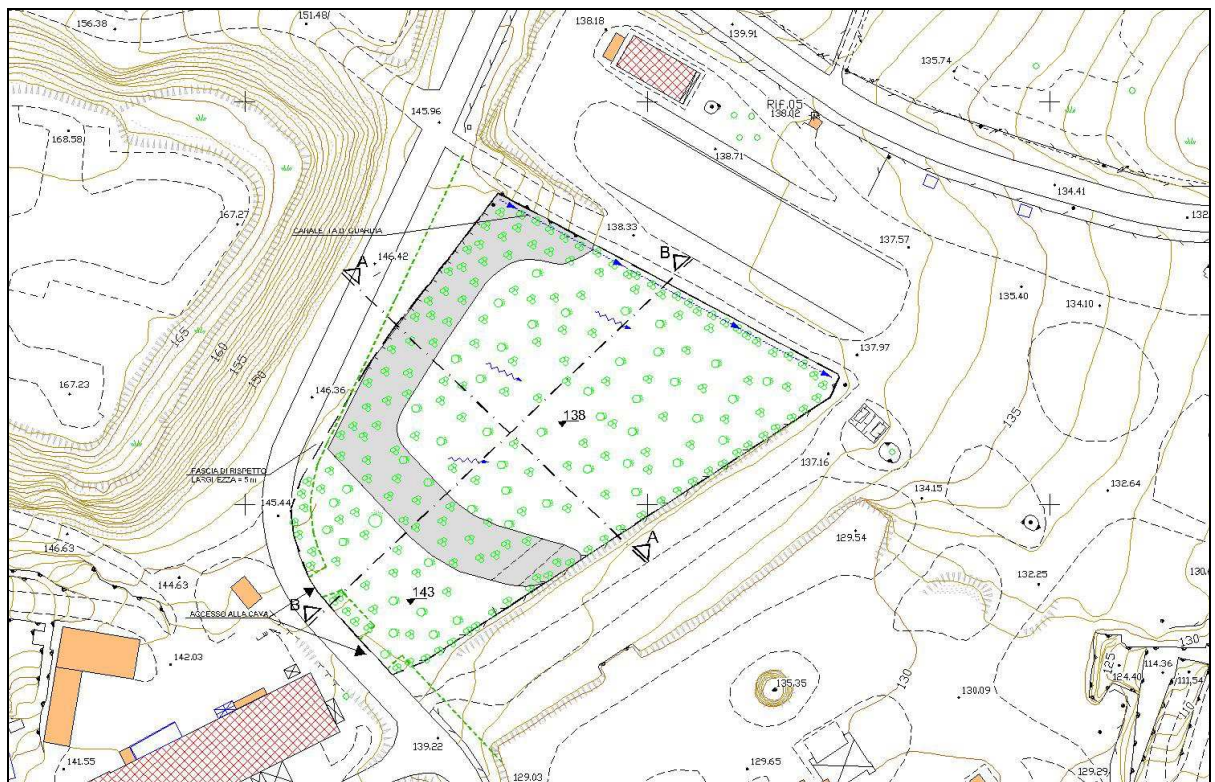
Per quanto riguarda il primo strato di ricoprimento fino al giacimento, si tratta di materiale molto compatto, che rimane stabile anche per altezze superiori a quella prevista (basta vedere sull'altro lato della strada, dove tale strato raggiunge spessori superiori ai 25/30 m).

Bisognerà tuttavia prevedere opere di contenimento in base a precise verifiche di stabilità.

Negli elaborati grafici è indicato schematicamente un muro di contenimento in blocchi di scarso valore commerciale, disponibili nelle altre cave del gruppo. Potranno, però, essere adottate altre soluzioni, magari più economiche, sulla base di indagini geotecniche più approfondite.



-Planimetria dell'area allo stato finale di coltivazione. Riferimento tavola n°8-



-Planimetria dell'area allo stato di ripristino finale. Riferimento tavola n°10-

Con l'esaurimento delle volumetrie in progetto e al raggiungimento della configurazione allo stato finale si potrà procedere con il completo ripristino dell'area, che prevede il ritombamento completo dello scavo attraverso il conferimento degli sfridi prodotti all'interno del comparto, ma con il regime estrattivo della cava della GV e di quella della Marmi Elmo, che inizierà a breve la sua attività, la buca potrebbe diventare il contenitore ideale degli sfridi prodotti in queste due cave.

E' stata formulata anche una proposta di ripristino con realizzazione di un piazzale di deposito blocchi e di un capannone lavorazioni.

La soluzione permetterebbe la realizzazione di uno stabilimento con riconversione dell'area.



-Simulazione fotografica dell'area con realizzazione di un piazzale di deposito blocchi e di un capannone lavorazioni. Riferimento tavola n°10.1-

2.4. RISULTATO DEI CALCOLI GEOTECNICI

Le analisi di stabilità dei fronti condotte sulle sezioni significative hanno permesso di verificare la stabilità globale dei settori analizzati; per le verifiche sono stati utilizzati i dati relativi alla modellazione geotecnica. La verifica del versante è stata calcolata sulla sezione di progetto S04 (vedi tavole progettuali) nelle condizioni ex ante (stato attuale) ed ex post, quest'ultima riferita alle condizioni di fine coltivazione e di ripristino avvenuto (fig. 2.4).

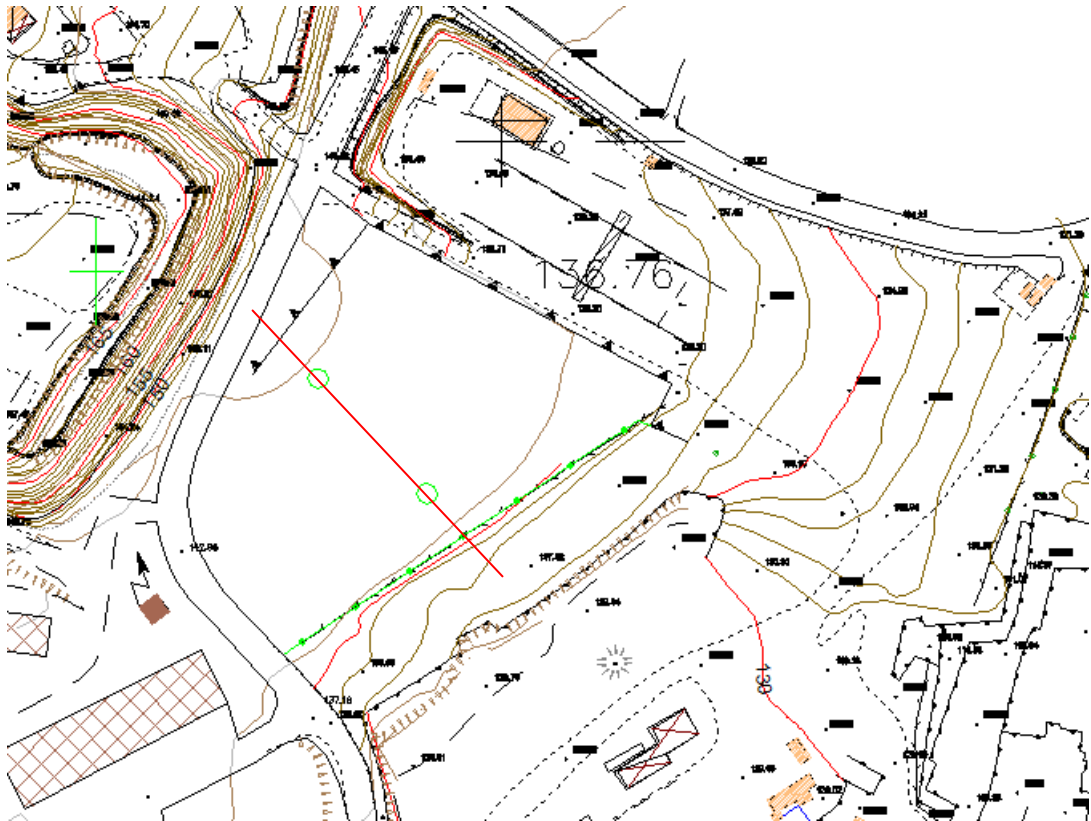


Fig. 2.4: planimetria stato attuale con traccia della sezione utilizzata per le analisi di stabilità di pendio

Per la caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi sono stati utilizzati i seguenti dati, riferiti ai valori più cautelativi fra quelli scaturiti dall'analisi geomeccanica:

RMR	Q (Barton)	Coesione c (kPa)	Angolo Attrito ϕ (°)	Peso unità volume γ (Kg/mc)	Resistenza compressione monoassiale (Kg/cm ²)
70	6,6	0,00	41,00	2600	1700

Le formazioni rocciose calcareo dolomitiche dal punto di vista geomeccanico possono essere considerate mediamente buone.

Gli ammassi rocciosi evidenziano una stabilità in grande, la quale può localmente variare in corrispondenza di aree caratterizzate da una fratturazione molto intensa e da alterazione spinta; quest'ultima si concentra soprattutto nella porzione superficiale della roccia.

Le situazioni critiche possono essere legate principalmente a condizioni locali di scadimento delle proprietà geomeccaniche dell'ammasso roccioso quando sottoposto a particolari stati tensionali sfavorevoli, legati ad esempio all'avanzamento della coltivazione; condizioni critiche possono inoltre essere rappresentate dalla presenza di aree di alterazione fisico-chimica molto spinta dell'ammasso o da settori in cui la persistenza della fratturazione è particolarmente intensa,

L'analisi visiva dello stato attuale non presenta situazioni locali di dissesto in atto.

La sezione di riferimento si estende all'interno di un'area a bassa pendenza ed è caratterizzata dal punto di vista stratigrafico dalla presenza delle formazioni detritiche *Eboulis Ordonnes* che coprono le formazioni calcaree. Come sopra, per la caratterizzazione geotecnica degli *Eboulis Ordonnes* sono stati utilizzati i seguenti parametri:

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)
Deposito detritico di versante tipo <i>Eboulis Ordonnes</i>	0,20	30,00	1900,00	2100,00

Come detto sopra ed indicato nel progetto di coltivazione la porzione superficiale del terreno (cappellaccio) verrà reimpiegata in parte in situ per la sistemazione morfologica delle aree perimetrali di cava, sulle quali dovrà provvedersi anche all'esecuzione di opere di rinverdimento. Sulla base di quanto detto per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di ripristino sono stati considerati in via cautelativa i seguenti parametri geotecnici:

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)
Materiali di ripristino	0,00	28,00	1900,00	2100,00

Analisi di stabilità di pendio ex ante

L'assetto morfologico dell'area di riferimento allo stato attuale presenta una situazione di equilibrio globale, come evidenziato peraltro dall'assenza di dissesti in atto e/o manifestazioni gravitative di versante. Per la sezione in esame i Fattori di sicurezza calcolati con il metodo di Fellenius sono superiori a 2, (vedi Allegato A-Relazione di Calcolo).

Analisi di stabilità di pendio ex post

L'analisi ex post è riferita allo stato della cava a fine escavazione e al ripristino finale, come previsto da progetto.

Stato finale

Lo studio relativo agli ammassi rocciosi è stato condotto mediante analisi geostrutturale e caratterizzazione geomeccanica di alcuni fronti di scavo. L'analisi di stabilità ex post è stata eseguita tenendo in considerazione gli interventi previsti.

La coltivazione della cava prevede il progressivo abbassamento delle quote di coltivazione fino a raggiungere il giacimento in banco (presumibilmente a quota 126 metri). Da quella quota sarà possibile procedere con la coltivazione vera e propria con la creazione allo stato finale di un unico ampio piazzale a quota 84 metri.

Pertanto, allo stato finale la coltivazione sarà interamente al disotto del piano di campagna e delimitata sui quattro lati, secondo la classica tipologia di coltivazione a pozzo.

Si procederà ad effettuare abbassamenti successivi del piano di coltivazione fino che le condizioni operative li consentiranno in piena sicurezza.

La situazione finale sarà pertanto rappresentata da profili che dovranno rispettare le condizioni geometriche necessarie per la stabilità degli scavi. Tali condizioni dovranno essere rispettate anche nell'esecuzione dei singoli scavi durante tutte le fasi di avanzamento della coltivazione.

Le sezioni riferite allo stato finale e al ripristino evidenziano una situazione di sostanziale stabilità con valori del fattore di sicurezza superiori a 1,30 (analisi di Fellenius, vedi Allegato A).

Stato ripristino

La situazione finale al ripristino presenta un fattore di sicurezza minimo superiore a 2.

2.5. EVENTUALI INTERAZIONI CON ALTRE OPERE

L'area di interesse confina con altre concessioni esistenti. Gli interventi previsti dovranno essere eseguiti in maniera tale da evitare per quanto possibile interferenze con le aree circostanti. Le operazioni di scavo saranno eseguite previa verifica preliminare delle condizioni di stabilità dei fronti e delle aree circostanti. Le ordinarie operazioni prevedono inoltre una verifica periodica dei fronti dei versanti, compresi i settori non interessati dall'escavazione. In considerazione di quanto detto le eventuali interazioni potranno essere dovute alla presenza di lavorazioni limitrofe, per le quali sono comunque previsti opportune misure di intervento al fini di minimizzare i rischi eventuali. Le corrette operazioni di escavazione consentiranno di garantire le condizioni di stabilità dei fronti in coltivazione e delle aree circostanti.

2.6. PIANO DI MANUTENZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi di manutenzione necessari nell'ambito di questo intervento rientrano in quelli di ordinaria verifica di funzionalità e durabilità delle opere, in particolare dovranno essere finalizzati a mantenere sempre in piena efficienza i sistemi di drenaggio e di scolo delle acque superficiali e sotterranee. È prevista la realizzazione di opere per la regimazione delle acque meteoriche al contorno dell'area di cava, al fine di intercettare quelle di monte e convogliarle alla rete superficiale di raccolta. Per quelle che si riverseranno all'interno dell'area di scavo è prevista, invece, la realizzazione di un bacino di decantazione, dal quale le acque decantate potranno essere prelevate per il loro riutilizzo (impianto a filo), oppure potranno essere reimmesse nei corpi idrici superficiali, previa verifica di idoneità ed autorizzazione provinciale.

2.7. MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Il progetto prevede la coltivazione di una cava di calcare in un settore caratterizzato da un rischio geologico legato a processi franosi. Il rischio di frana è definito dalla formula seguente:

$$R_g = H_g E V$$

dove: H_g rappresenta la pericolosità dei fenomeni di dissesto;

E rappresenta gli elementi a rischio;

V rappresenta la vulnerabilità assunta pari a 1.

La carta del rischio si ricava incrociando i parametri relativi alla pericolosità ed agli elementi a rischio mediante la seguente matrice:

	Hg1	Hg2	Hg3	Hg4
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1
E2	Rg1	Rg1	Rg2	Rg2
E3	Rg1	Rg2	Rg3	Rg3
E4	Rg1	Rg2	Rg3	Rg4

Sulla base di quanto sopra detto è stato analizzato il rischio legato all'intervento progettuale previsto. Il settore in esame è ubicato in un'area appartenente alla classe E4 relativamente alla cartografia degli elementi a rischio; essendo inoltre situata all'interno dell'area di pericolosità Hg2 incrociando i parametri secondo la matrice sopra riportata si ottiene il livello di rischio Rg2.

Relativamente alla pericolosità da frana il sito in esame nella cartografia suddetta ricade all'interno della classe di pericolosità Hg2. La presenza della classe Hg2 è principalmente dovuta all'acclività e ed alle litologie.

L'analisi della pericolosità e del rischio geomorfologici nel versante interessato dal progetto ha riguardato l'assetto morfologico dell'area nelle condizioni di fine coltivazione e di ripristino avvenuto.

È stata eseguita l'analisi di stabilità di versante utilizzando i parametri geotecnici sopra riportati.

I risultati dei calcoli di stabilità hanno evidenziato che i profili di versante allo stato di fine coltivazione e a ripristino avvenuto sono caratterizzati da una situazione di sostanziale stabilità con valori del fattore di sicurezza superiori a 1,3 (analisi di Fellenius, vedi Allegato A).

I lavori di escavazione previsti in progetto saranno caratterizzati dalla rimozione dello strato superficiale del terreno e dalla riprofilatura della porzione di versante ricadente all'interno del lotto.

La situazione finale e quella di ripristino saranno pertanto rappresentate da profili gradonati tali da rispettare le condizioni geometriche necessarie per la stabilità dell'area interessata e delle porzioni a monte e valle della stessa. Tali condizioni dovranno essere rispettate anche nell'esecuzione dei singoli scavi durante tutte le fasi di avanzamento della coltivazione.

Come evidenziato nel progetto, lo stato finale della coltivazione prevede un unico grande piazzale, secondo la classica tipologia di coltivazione a pozzo.

Sono inoltre previste le opere di regimazione delle acque meteoriche al contorno dell'area di cava, che consentiranno di intercettare le acque di monte evitando in tal modo fenomeni di ruscellamento superficiale al piede di scarpate che localmente potrebbero creare condizioni di instabilità locali.

Il settore attualmente perimetrato all'interno della classe di pericolosità Hg2, che comprende l'intero perimetro di concessione, alla fine dei lavori sarà inserito nell'area di pericolosità Hg2 in virtù delle variazioni morfologiche conseguentemente ai lavori di escavazione previsti ed a quelli di ripristino.

Per quanto riguarda gli elementi rischio il settore interessato dall'intervento ricade all'interno della classe E4, la quale rimane invariata a fine lavori di ripristino.

Considerando gli interventi progettuali previsti ed analizzando quanto scaturito dalle analisi geotecniche si può ritenere che l'intervento progettuale non prevederà alcun aumento della classe di pericolosità per cui, considerando che anche la classe E4 rimane invariata, incrociando i dati in matrice si avrà:

	Hg1	Hg2	Hg3	Hg4
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1
E2	Rg1	Rg1	Rg2	Rg2
E3	Rg1	Rg2	Rg3	Rg3
E4	Rg1	Rg2	Rg3	Rg4

In conclusione si può ritenere che le opere previste in progetto sono compatibili con le previsioni e prescrizioni del PAI non comportando alcun incremento di rischio specifico da frana ad eccezione dell'incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito; inoltre l'intervento progettuale non preclude la possibilità di successivi interventi di mitigazione del rischio eventualmente ritenuti necessari.

CONCLUSIONI

Il sito in cui dovrà essere eseguito l'intervento è caratterizzato dall'affioramento dei calcari giurassici che caratterizzano il rilievo del M. Tuttavista; tali formazioni sono localmente coperte da detriti di versante tipo *Eboulis Ordonnes*, individuabili principalmente nelle aree pedemontane. La formazione detritica affiora diffusamente nel lotto in esame ed è rappresentata da ghiaie e sabbie grossolane mediamente addensate a prevalente composizione calcarea. Dal punto di vista geotecnico, sulla base di quanto sinora detto, è possibile giungere alle seguenti conclusioni:

- nell'area in esame non è stata riscontrata la presenza di elementi tettonici attivi che possano innescare fenomeni di instabilità;
- non sono stati riscontrati fenomeni morfogenetici in atto;

Le verifiche di stabilità eseguite sulle sezioni rappresentative hanno evidenziato che l'area è caratterizzata da una sostanziale situazione di stabilità.

L'analisi dello stato attuale non ha evidenziato situazioni locali di dissesto in atto o potenziale all'interno del perimetro di concessione dell'azienda. Tali osservazioni sono state confermate sia dalle analisi di stabilità riferite all'intero profilo, calcolate col metodo di Fellenius.. I fattori di sicurezza calcolati secondo Fellenius sono infatti superiori a 2 relativamente allo stato attuale (ex ante); dalle verifiche relative allo stato finale della cava a fine coltivazione sono scaturiti fattori di sicurezza superiori a 1,30; nella situazione al ripristino il fattore di sicurezza minimo è superiore a 2.

Nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico si ritiene che la realizzazione dell'opera non costituisca una fattore aggravante di instabilità dell'area.

Seguendo le Linee Guida del PAI sono stati considerati i valori della pericolosità (Hg) e degli elementi a rischio (E) sulla base degli interventi progettuali proposti, sia nella fase attuale che in quella successiva all'intervento. Considerando che l'intervento non modificherà i valori delle relative classi di pericolosità e degli elementi a rischio, nella matrice di valutazione successivamente all'intervento sarà mantenuta la classe Rg2:

	Hg1	Hg2	Hg3	Hg4
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1
E2	Rg1	Rg1	Rg2	Rg2
E3	Rg1	Rg2	Rg3	Rg3
E4	Rg1	Rg2	Rg3	Rg4

In conclusione si può ritenere che gli interventi previsti in progetto siano compatibili con le previsioni e prescrizioni del PAI non comportando alcun incremento di rischio specifico da frana ed alcuna preclusione a successivi interventi di mitigazione del rischio eventualmente ritenuti necessari. Nell'area di interesse non sono state individuate manifestazioni instabili e l'analisi dello stato attuale non ha evidenziato la presenza di fattori concomitanti che possano originare situazioni di dissesto in atto e/o potenziali.

La tipologia di intervento in oggetto è disciplinata dalle Norme di Attuazione del P.A.I all'articolo 33 comma 2 lettera i, in riferimento al quale si ritiene compatibile l'intervento setsso.

L'attività estrattiva risulta infine compatibile con quanto previsto dalle norme del PAI, all'art. 13 comma 3 e articoli 24 e 25.

ALLEGATO A

RISULTATO DEI CALCOLI GEOTECNICI - ANALISI DI STABILITÀ DI PENDIO

RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

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

Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

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

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

Metodo equilibrio limite (LEM)

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

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

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

Metodo dei conci

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

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

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
 $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
 una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

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

mentre le equazioni a disposizione sono:

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

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

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

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

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

Metodo di FELLENIUS (1927)

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

n valori delle forze normali N_i ;

n valori delle forze da taglio T_i ;

1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;

n equazioni relative al criterio di rottura;

1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

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

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

Metodo di BISHOP (1955)

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

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_v = 0, \sum M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

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

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

Metodo di JANBU (1967)

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

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

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

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

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

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

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

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Metodo di BELL (1968)

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

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

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

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

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

in cui

F = il fattore di sicurezza;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo,

consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

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

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

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

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

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

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

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

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

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

Si ha pertanto:

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

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

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

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

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

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

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

Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

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

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

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

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

dove:

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

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

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

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

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

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

$$\sum Q_i = 0$$

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

Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una

relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione f(x) è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

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

Si ottiene la cosiddetta “equazione delle forze”:

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

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

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

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

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

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

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

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

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

W: peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_V : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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

$$K_V = \pm 0,5 \times K_O$$

Con

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

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

g accelerazione di gravità.

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

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

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

S_T (effetto di amplificazione topografica).

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

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

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

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

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

Ricerca della superficie di scorrimento critica

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

1.1. Analisi di stabilità ex ante

Sezione AA stato attuale

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Normativa	D.M. 88/96
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-25,62 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	138,13 m
Ascissa vertice destro superiore xs	124,99 m
Ordinata vertice destro superiore ys	195,38 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	137,34
2	5,0	137,59
3	10,0	137,85
4	15,0	139,48
5	20,0	140,72
6	25,0	141,26
7	30,0	141,65
8	35,0	142,05
9	40,0	142,57
10	45,0	143,07
11	50,0	143,5
12	55,0	143,93
13	60,0	144,29
14	65,0	144,67
15	70,0	145,07
16	75,0	145,58
17	80,0	146,01
18	85,0	146,08
19	90,0	146,16
20	95,0	146,23
21	100,0	146,33
22	105,0	146,5 1

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	124,8
2	5,0	125,0
3	10,0	125,1
4	15,0	125,2
5	20,0	125,2
6	25,0	125,3
7	30,0	125,4
8	35,0	125,6
9	40,0	125,8
10	45,0	126,0
11	50,0	126,0
12	55,0	126,1
13	60,0	126,1
14	65,0	126,2
15	70,0	126,4
16	75,0	126,6
17	80,0	126,8
18	85,0	127,1
19	90,0	127,15
20	95,0	127,2
21	100,0	127,2
22	105,0	127,5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,1
Coesione efficace	1,3
Coesione non drenata	1,2
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0,2		30	1900	2100	0,00	Deposito detritico di versante tipo Eboulis Ordonnes	
2	0		41	2600	2700	0,00	Substrato roccioso, calcari	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,9
Ascissa centro superficie	53,45 m
Ordinata centro superficie	148,15 m
Raggio superficie	45,81 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.

(ID=91) xc = 53,448 yc = 148,151 Rc = 45,814 Fs=2,899

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,18	-74,2	4,33	5158,65	0,0	0,0	0,2	30,0	0,0	1403,2	-4964,1
2	5,0	-64,3	11,52	105081,4	0,0	0,0	0,2	30,0	0,0	45600,5	-94671,5
3	5,0	-52,0	8,12	212410,1	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	130845,4	-167324,6
4	5,0	-42,6	6,8	290965,9	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	214045,3	-197093,3
5	5,0	-34,6	6,07	347428,8	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	286034,6	-197207,9
6	5,0	-27,3	5,62	390536,2	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	347148,4	-178903,6
7	5,0	-20,4	5,33	424261,0	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	397632,8	-147937,6
8	5,0	-13,8	5,15	449800,5	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	436727,8	-107653,9
9	5,0	-7,5	5,04	466782,2	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	462819,6	-60692,8
10	49,23	41,7	65,92	4213002,0	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	3145926,0	2802237,0



1.2. Analisi di stabilità ex post

Sezione AA stato finale

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Normativa	D.M. 88/96
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	12,73 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	152,22 m
Ascissa vertice destro superiore xs	105,55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	225,52 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	137,0
2	2,0	137,0
3	6,25	137,0
4	7,25	138,0
5	10,0	138,0
6	10,0	126,0
7	11,9	126,0
8	11,9	130,0
9	18,0	130,0
10	18,0	126,0
11	19,9	126,0
12	19,9	84,0
13	35,0	84,0
14	40,0	84,0
15	45,0	84,0
16	50,0	84,0
17	55,0	84,0
18	60,0	84,0
19	65,0	84,0
20	70,0	84,0
21	75,0	84,0
22	75,6	84,0
23	75,6	126,0
24	81,6	126,0
25	81,6	140,0
26	75,8	140,0
27	81,6	143,0
28	81,6	145,0
29	98,44	145,0
30	100,9	146,4
31	106,68	146,4

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	126,0
2	6,08	126,0
3	10,0	126,0
4	15,0	126,0
5	19,9	126,0
6	19,9	84,0
7	25,0	84,0
8	30,0	84,0
9	35,0	84,0
10	40,0	84,0
11	45,0	84,0
12	50,0	84,0
13	55,0	84,0
14	60,0	84,0
15	65,0	84,0
16	70,0	84,0
17	75,6	84,0
18	75,6	126,0
19	95,0	126,0
20	100,0	126,0
21	106,68	126,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,1
Coesione efficace	1,3
Coesione non drenata	1,2
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0,2		30	1900	2100	0,00	Deposito detritico di versante tipo Eboulis Ordonnes	
2			41	2600	2700	0,00	Substrato roccioso, calcari	

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

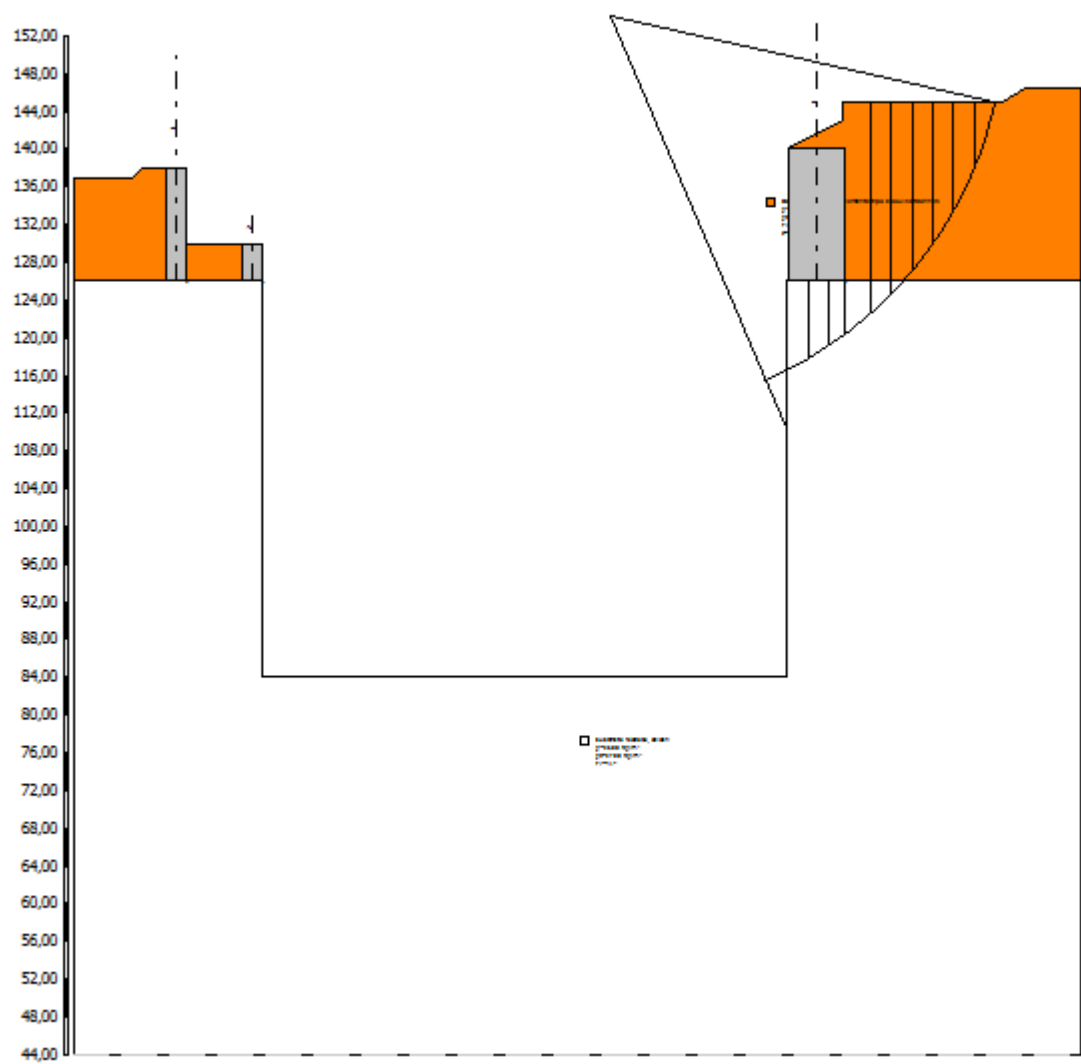
N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m ³)
1	19,9	126	0	0	4	2	2	2700
2	11,9	126	0	0	12	2	2	2700
3	81,7	126	0	0	14	6	6	2700

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,35
Ascissa centro superficie	56,82 m
Ordinata centro superficie	154,05 m
Raggio superficie	41,88 m

Numero di superfici esaminate....(41)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	54,5	152,2	38,5	1,76
2	56,8	154,1	41,9	1,35
3	59,1	152,2	43,7	1,53
4	61,5	154,1	42,0	1,60
5	63,8	152,2	39,5	1,44
6	66,1	154,1	37,9	1,71
7	68,4	152,2	35,4	1,74
8	73,1	152,2	31,0	2,82
9	77,7	152,2	26,8	3,90
10	91,6	152,2	11,1	20,00
11	93,9	154,1	12,7	15,30
12	96,3	152,2	9,8	10,90
13	98,6	154,1	10,2	9,19
14	54,5	155,9	44,3	1,44
15	56,8	157,7	43,2	1,62
16	59,1	155,9	40,7	1,89
17	61,5	157,7	43,1	1,82
18	63,8	155,9	40,5	1,75
19	66,1	157,7	38,9	1,96
20	70,7	157,7	34,4	2,51
21	91,6	155,9	13,4	20,00
22	93,9	157,7	15,1	16,08
23	96,3	155,9	13,1	11,51
24	98,6	157,7	13,0	10,82
25	54,5	159,5	45,7	1,47
26	56,8	161,4	44,6	1,92
27	59,1	159,5	45,7	1,46
28	61,5	161,4	44,3	2,09
29	63,8	159,5	41,6	2,03
30	68,4	159,5	37,1	2,32
31	91,6	159,5	16,9	20,00
32	93,9	161,4	18,8	15,72
33	96,3	159,5	15,9	12,53
34	54,5	163,2	47,0	1,98
35	56,8	165,0	49,5	1,63
36	61,5	165,0	45,4	2,01
37	91,6	163,2	20,0	20,00
38	96,3	163,2	18,9	14,25
39	54,5	166,9	51,7	1,93
40	56,8	168,7	50,5	1,89
41	96,3	166,9	22,1	17,16



Sezione AA stato ripristino

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Normativa	D.M. 88/96
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-25,37 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	146,35 m
Ascissa vertice destro superiore xs	96,27 m
Ordinata vertice destro superiore ys	182,51 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	137,0
2	2,0	137,0
3	6,25	137,0
4	7,25	138,0
5	10,0	138,0
6	11,9	138,0
7	59,2	140,0
8	81,6	145,0
9	98,44	145,0
10	100,9	146,4
11	106,68	146,4

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	137,0
2	2,0	137,0
3	6,25	137,0
4	7,25	138,0
5	10,0	138,0
6	10,0	126,0
7	11,9	126,0
8	18,0	126,0
9	19,9	126,0
10	19,9	84,0
11	35,0	84,0
12	40,0	84,0
13	45,0	84,0
14	50,0	84,0
15	55,0	84,0
16	60,0	84,0
17	65,0	84,0
18	70,0	84,0
19	75,0	84,0
20	75,6	84,0
21	75,6	126,0
22	81,6	126,0
23	81,6	140,0
24	81,6	143,0
25	81,6	145,0
26	98,44	145,0
27	100,9	146,4
28	106,68	146, 4

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	126,0
2	6,08	126,0
3	10,0	126,0
4	15,0	126,0
5	19,9	126,0
6	19,9	84,0
7	25,0	84,0
8	30,0	84,0
9	35,0	84,0
10	40,0	84,0
11	45,0	84,0
12	50,0	84,0
13	55,0	84,0
14	60,0	84,0
15	65,0	84,0
16	70,0	84,0
17	75,6	84,0
18	75,6	126,0
19	95,0	126,0
20	100,0	126,0
21	106,68	126,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,1
Coesione efficace	1,3
Coesione non drenata	1,2
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1			28	1900	2100	0,00	Materiali di ripristino	
2	0,2		30	1900	2100	0,00	Deposito detritico di versante tipo Eboulis Ordonnes	
3			41	2600	2700	0,00	Substrato roccioso, calcari	

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

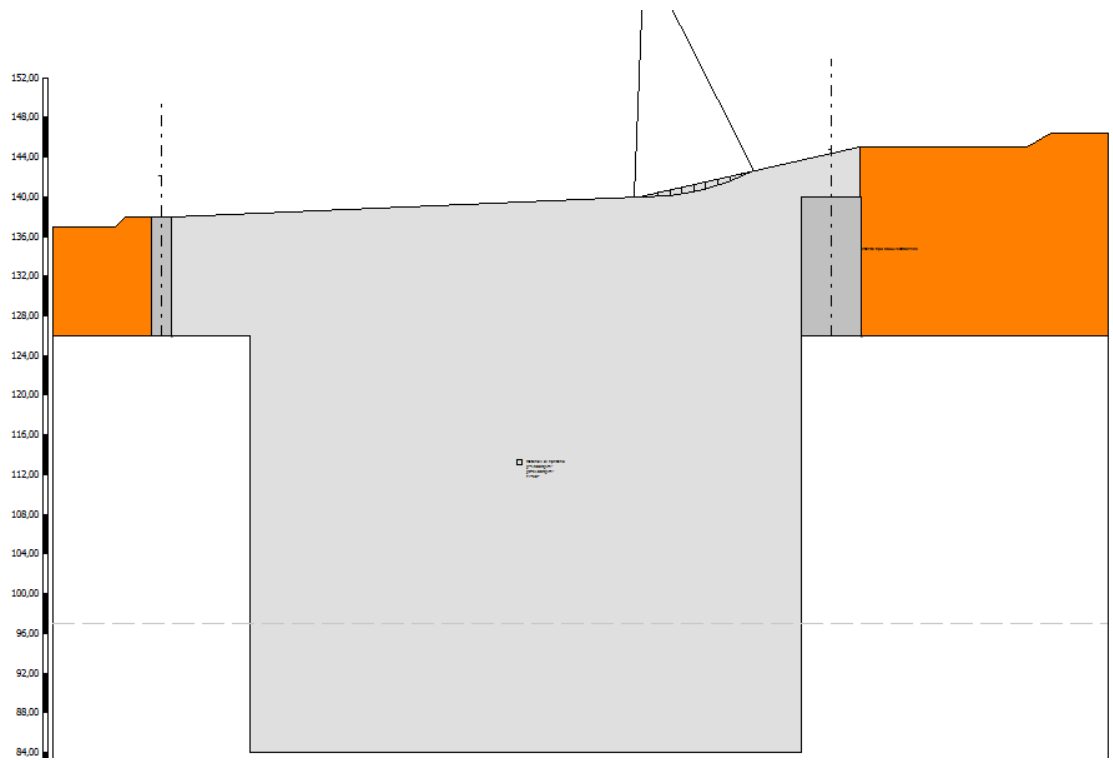
N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m ³)
1	11,9	126	0	0	12	2	2	2700
2	81,7	126	0	0	14	6	6	2700

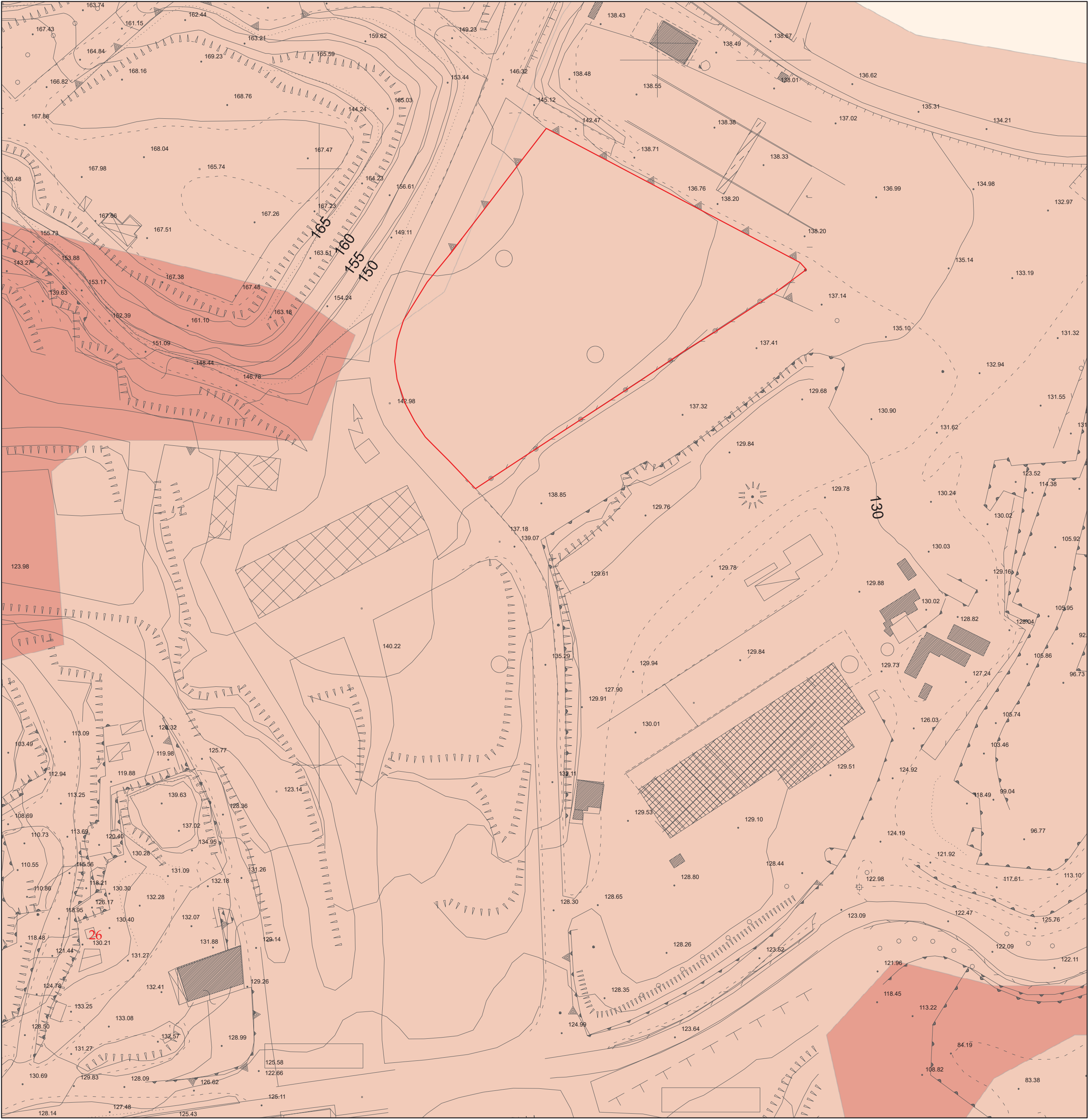
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,42
Ascissa centro superficie	59,78 m
Ordinata centro superficie	164,43 m
Raggio superficie	24,47 m

(ID=154) xc = 59,78 yc = 164,429 Rc = 24,473 Fs=2,423

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,48	-1,9	0,48	17,81	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	17,8	-0,6
2	1,94	0,9	1,94	948,2	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	948,1	15,2
3	1,21	4,6	1,22	1227,21	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	1223,2	98,7
4	1,21	7,5	1,22	1554,95	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	1541,8	202,1
5	1,21	10,3	1,23	1740,79	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	1712,5	312,6
6	1,21	13,2	1,25	1781,22	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	1733,8	408,1
7	1,21	16,2	1,26	1671,66	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	1605,5	465,8
8	1,21	19,2	1,28	1405,88	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	1328,0	461,4
9	1,21	22,2	1,31	975,87	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	903,6	368,6
10	1,21	25,3	1,34	371,42	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	335,8	158,7





Legenda

- Hg1
- Hg2
- Hg3
- Hg4

AREA DI INTERVENTO

Stralcio del P.A.I. vigente
Carta delle aree a pericolosità di frana
scala 1:1.000

COMUNE DI OROSEI
PROVINCIA DI NUORO

AUTORIZZAZIONE ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA
PER MATERIALE DI COLTIVAZIONE:
ROCCE ORNAMENTALI, DESTINATE ALLA
PRODUZIONE DI BLOCCHI, LASTRE E AFFINI

RICHIEDENTE : EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
Via Georgia s.n.c. - 07026 OLBIA (OT)
LOCALITA' : CANALE LONGU
MATERIALE : MARMO DI OROSEI
SUPERFICIE CAVA : ha 0 are 79 centiare 33

EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
L'Amministratore Unico
Dessena Maria Antonietta

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA
(ai sensi dell'articolo n. 25 delle NTA del PAI
STRALCIO DEL P.A.I. VIGENTE
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' DI FRANA

STUDIO TECNICO MASALA
VIA 1 MAGGIO, 4 09047 SELARGIUS (CA)
TEL.FAX 070/841478
studiotecnicomasala@gmail.com



PROGETTO

Dott. Geologo Andrea Selis
ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 630 Dott. Geol. ANDREA SELIS

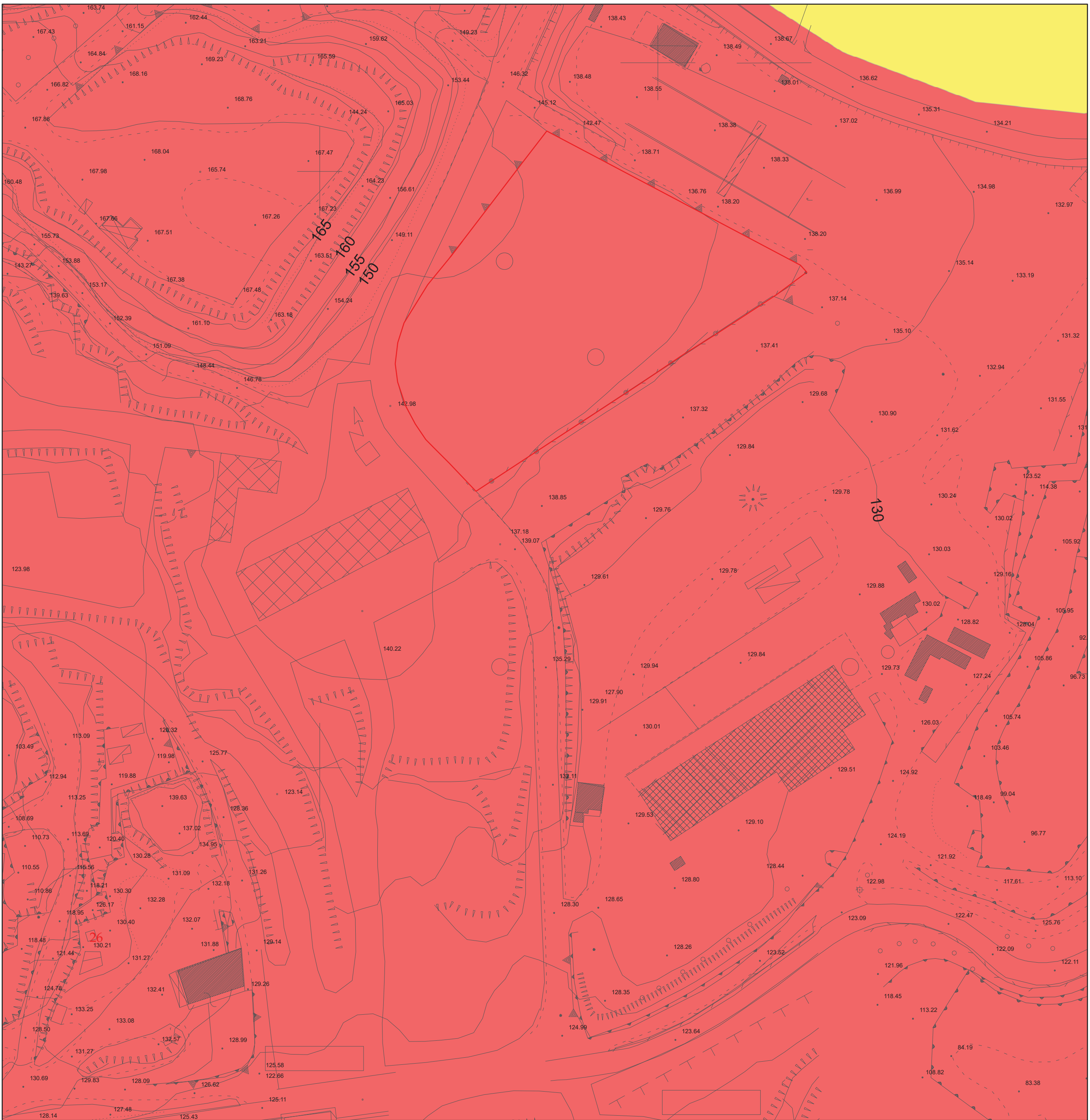
Dott. Ing. Ignazio MASALA
ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI
N. 1571 Dr. Ing. GNAZIO MASALA

ALL. I.1

SCALA 1:1.000

DATA LUGLIO 2017

ARCH.



Legenda

- | | |
|---|----|
|  | E1 |
|  | E2 |
|  | E3 |
|  | E4 |

— AREA DI INTERVENTO

Stralcio del P.A.I. vigente
Carta degli elementi a rischio
scala 1:1.000

COMUNE DI OROSEI
PROVINCIA DI NUORO

**AUTORIZZAZIONE ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA
PER MATERIALE DI COLTIVAZIONE:
ROCCE ORNAMENTALI, DESTINATE ALLA
PRODUZIONE DI BLOCCHI, LASTRE E AFFINI**

RICHIEDENTE	: EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l. Via Georgia s.n.c. - 07026 OLBIA (OT)
LOCALITA'	: CANALE LONGU
MATERIALE	: MARMO DI ROSEI
SUPERFICIE CAVA	: ha 0 are 79 centiare 33

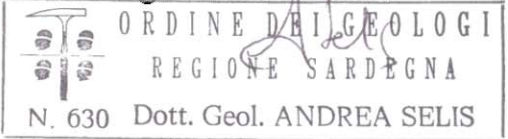
STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA
(ai sensi dell'articolo n. 25 delle NTA del PAI
STRALCIO DEL P.A.I. VIGENTE
CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO

STUDIO TECNICO MASALA
VIA 1 MAGGIO, 4 09047 SELARGIUS (CA)
TEL. FAX 070/84.1478
studiotecnicomasala@gmail.com

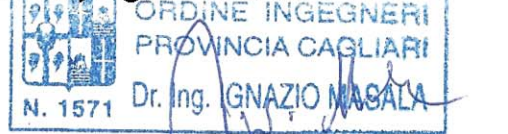


PROGETTO

Dott. Geologo Andrea Selis



~~Dott. Ing. Ignazio MASALA~~



ALL.

1.2

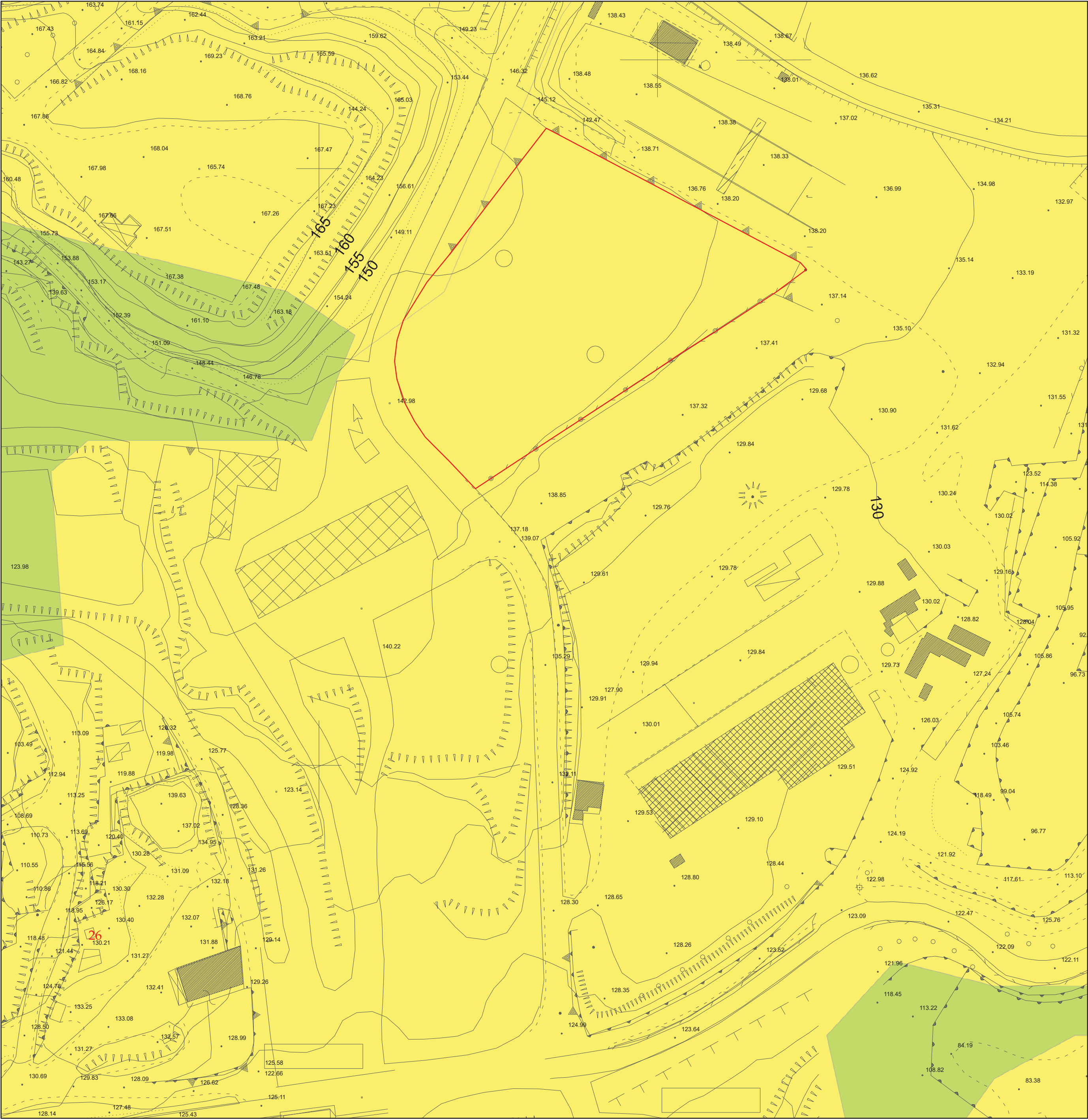
SCALA

1:1.000

DATA

LUGLIO 2017

ARCH.



Legenda

- Rg1
- Rg2
- Rg3
- Rg4
- AREA DI INTERVENTO

Stralcio del P.A.I. vigente
Carta delle aree a rischio di frana
scala 1:1.000

COMUNE DI OROSEI
PROVINCIA DI NUORO

AUTORIZZAZIONE ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA
PER MATERIALE DI COLTIVAZIONE:
ROCCE ORNAMENTALI, DESTINATE ALLA
PRODUZIONE DI BLOCCHI, LASTRE E AFFINI

RICHIEDENTE : EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
Via Georgia s.n.c. - 07026 OLBIA (OT)
LOCALITA' : CANALE LONGU
MATERIALE : MARMO DI OROSEI
SUPERFICIE CAVA : ha 0 are 79 centiare 33

EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
L' Amministratore Unico
Dessena Maria Antonietta

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA
(ai sensi dell'articolo n. 25 delle NTA del PAI
STRALCIO DEL P.A.I. VIGENTE
CARTA DELLE AREE A RISCHIO DI FRANA

STUDIO TECNICO MASALA
VIA 1 MAGGIO, 4 09047 SELARGIUS (CA)
TEL. FAX 070/841478
studiotecnicomasala@gmail.com



PROGETTO

Dott. Geologo Andrea Selis
ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 630 Dott. Geol. ANDREA SELIS

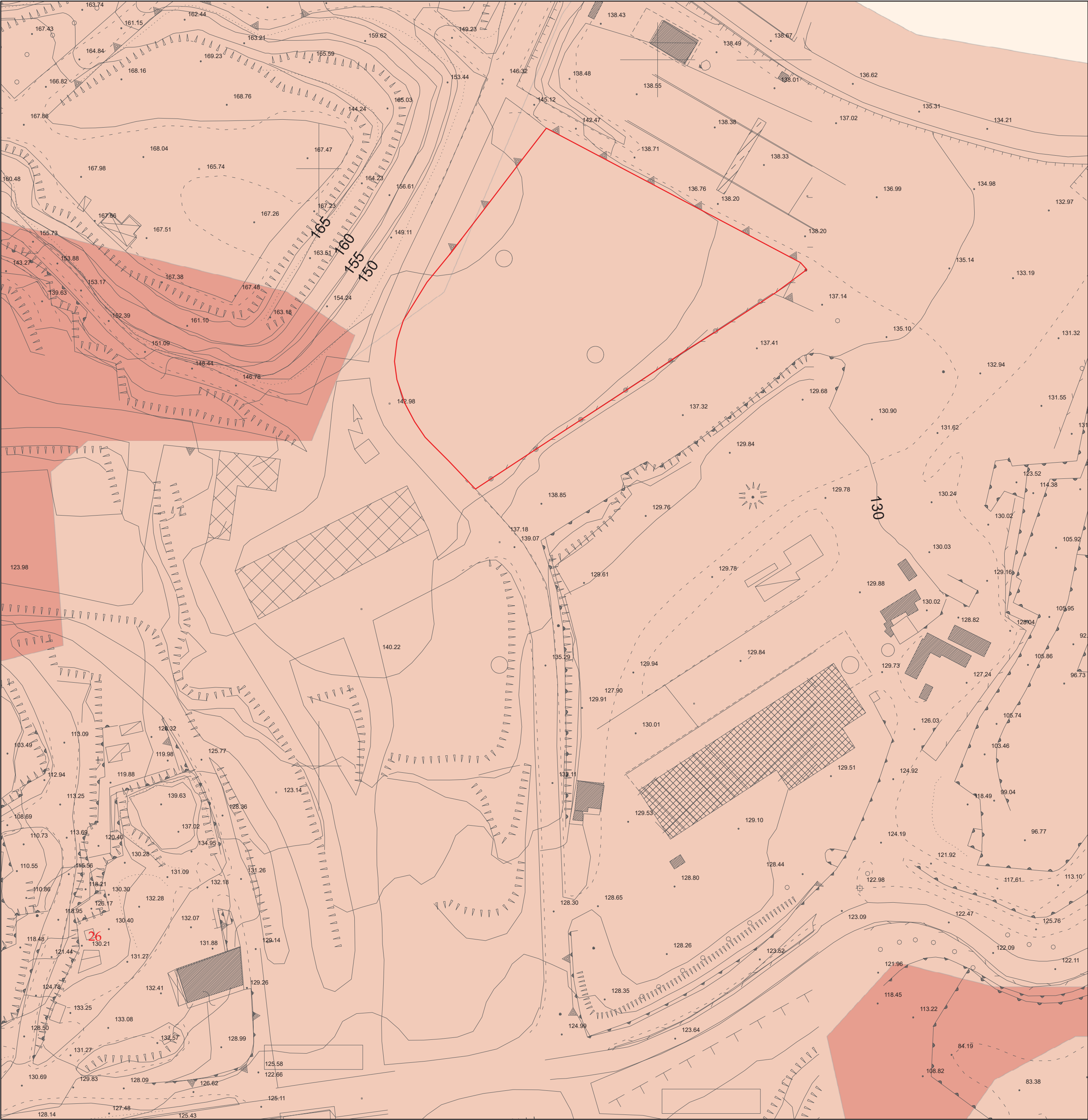
Dott. Ing. Ignazio MASALA
ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI
N. 1571 Dr. Ing. GNAZIO MASALA

ALL. 1.3

SCALA 1:1.000

DATA LUGLIO 2017

ARCH.



Legenda

- Hg1
- Hg2
- Hg3
- Hg4

AREA DI INTERVENTO

Carta di analisi delle aree a pericolosità di frana
ai sensi dell' art. 13, comma 6 delle Norme di Attuazione del P.A.I.
scala 1:1.000

COMUNE DI OROSEI
PROVINCIA DI NUORO

AUTORIZZAZIONE ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA
PER MATERIALE DI COLTIVAZIONE:
ROCCE ORNAMENTALI, DESTINATE ALLA
PRODUZIONE DI BLOCCHI, LASTRE E AFFINI

RICHIEDENTE : EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
Via Georgia s.n.c. - 07026 OLBIA (OT)
LOCALITA' : CANALE LONGU
MATERIALE : MARMO DI OROSEI
SUPERFICIE CAVA : ha 0 are 79 centiare 33

STUDIO TECNICO MASALA
VIA 1 MAGGIO, 4 09047 SELARGIUS (CA)
TEL. FAX 070/841478
studiotecnicomasala@gmail.com

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA
(ai sensi dell'articolo n. 25 delle NTA del PAI
CARTA DI ANALISI DELLE AREE A PERICOLOSITA' DI FRANA
ai sensi dell' art. 13, comma 6 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Dott. Geologo Andrea Selis
ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 630 Dott. Geol. ANDREA SELIS

Dott. Ing. Ignazio MASALA
ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI
N. 1571 Dr. Ing. GNAZIO MASALA

ALL. 1.4

SCALA 1:1.000

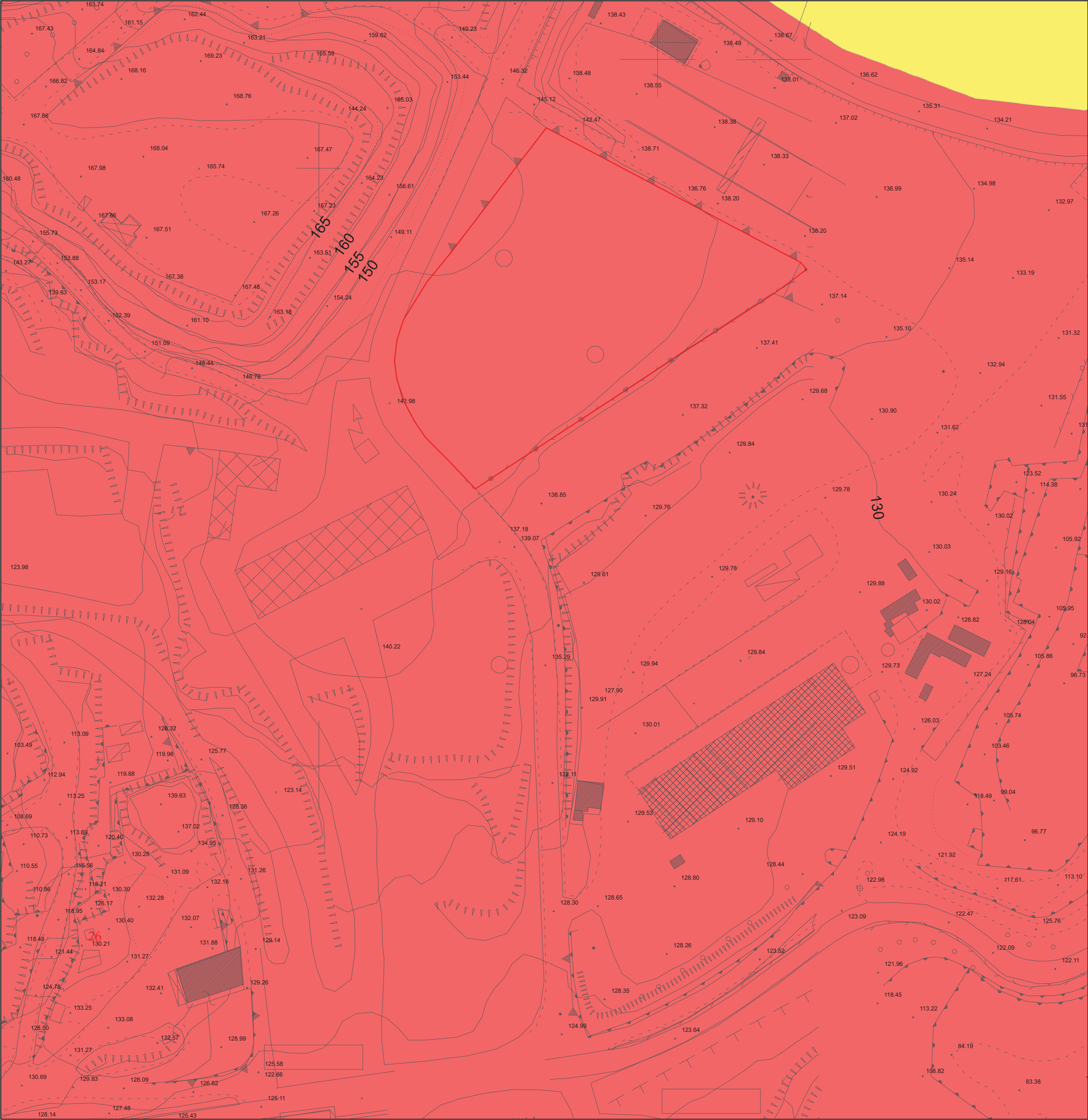
DATA LUGLIO 2017

ARCH.



PROGETTO

CAD LICENSES : L.S.H. Atlante 631, BENITLEY MicroStation 2592721460, AUTODESK Autocad 99000095169, TECNORIT ZW CAD PROFESSIONAL 2012



Legenda

- E1
- E2
- E3
- E4

AREA DI INTERVENTO

Carta di analisi degli elementi a rischio
ai sensi dell' art. 13, comma 6 delle Norme di Attuazione del P.A.I.
scala 1:1.000

COMUNE DI OROSEI
PROVINCIA DI NUORO

AUTORIZZAZIONE ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA
PER MATERIALE DI COLTIVAZIONE:
ROCCE ORNAMENTALI, DESTINATE ALLA
PRODUZIONE DI BLOCCHI, LASTRE E AFFINI

RICHIEDENTE : EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
Via Georgia s.n.c. - 07026 OLBIA (OT)
LOCALITA' : CANALE LONGU
MATERIALE : MARMO DI OROSEI
SUPERFICIE CAVA : ha 0 are 79 centiare 33

EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
L' Amministratore Unico
Dessena Maria Antonietta

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA
(ai sensi dell'articolo n. 25 delle NTA del PAI
CARTA DI ANALISI DEGLI ELEMENTI A RISCHIO
ai sensi dell' art. 13, comma 6 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

STUDIO TECNICO MASALA
VIA 1 MAGGIO, 4 09047 SELARGIUS (CA)
TEL.FAX 070/841478
studiotecnicomasala@gmail.com



PROGETTO

Dott. Geologo Andrea Selis
ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 630 Dott. Geol. ANDREA SELIS

Dott. Ing. Ignazio MASALA
ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI
N. 1571 Dr. Ing. GNazio MASALA

ALL. 1.5

SCALA 1:1.000

DATA LUGLIO 2017

ARCH.

CAD LICENSES : L.S.H. Atlante 631, BENTLEY MicroStation 2592721460, AUTODESK Autocad 99000095169, TECNORIT ZW CAD PROFESSIONAL 2012

Legenda

- Rg1
- Rg2
- Rg3
- Rg4

AREA DI INTERVENTO

Carta di analisi delle aree a rischio di frana
ai sensi dell' art. 13, comma 6 delle Norme di Attuazione del P.A.I.
scala 1:1.000

COMUNE DI OROSEI
PROVINCIA DI NUORO

AUTORIZZAZIONE ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA
PER MATERIALE DI COLTIVAZIONE:
ROCCE ORNAMENTALI, DESTINATE ALLA
PRODUZIONE DI BLOCCHI, LASTRE E AFFINI

RICHIEDENTE : EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
Via Georgia s.n.c. - 07026 OLBIA (OT)
LOCALITA' : CANALE LONGU
MATERIALE : MARMO DI OROSEI
SUPERFICIE CAVA : ha 0 are 79 centiare 33

EREDI GIORGIO DESSENA S.r.l.
L' Amministratore Unico
Dessena Maria Antonietta

[Signature]

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA
(ai sensi dell'articolo n. 25 delle NTA del PAI
CARTA DI ANALISI DELLE AREE A RISCHIO DI FRANA
ai sensi dell' art. 13, comma 6 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Dott. Geologo Andrea Selis
ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 630 Dott. Geol. ANDREA SELIS

Dott. Ing. Ignazio MASALA
ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI
N. 1571 Dr. ing. IGNAZIO MASALA

ALL. 1.6

SCALA 1:1.000

DATA LUGLIO 2017

ARCH.

STUDIO TECNICO MASALA
VIA 1 MAGGIO, 4 09047 SELARGIUS (CA)
TEL.FAX 070/841478
studiotecnicomasala@gmail.com



PROGETTO

CAD LICENSES : L.S.H. Altante 631, BENILEY MicroStation 2592721460, AUTODESK Autocad 99000095169, TECHNIBIT ZW CAD PROFESSIONAL 2012