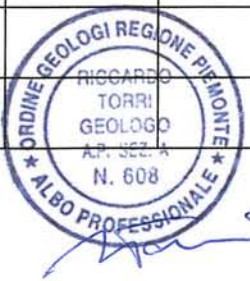


NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESEREVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO
CUP C11J05000030001GEOLOGIE – GEOLOGIA
SITES DE DEPOT – SITI DI DEPOSITO
SITE DE DEPOT COTE ITALIE – SITI DI DEPOSITO LATO ITALIA
CAPRIE – CAPRIE

Rapport géotechnique du site de Caprie – Relazione geotecnica del sito di Caprie

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/11/2012	Première diffusion / Prima emissione	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	31/01/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
B	05/02/2013	Passage status AP/ Passaggio stato AP	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO



**Tecnimont
Civil Construction**
Dott. Ing. Aldo Mancarella
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R



CODE DOC	P	D	2	C	3	B	T	S	3	0	0	4	5	B
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3B	//	//	30	03	20	10	01
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA
-

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO	3
1. INTRODUZIONE	9
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	10
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	16
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	19
6. CRITERI DI DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA DEL CUMULO	21
6.1 Studio delle condizioni morfologiche del sito antecedenti la coltivazione	21
6.2 Verifica della coerenza dell'intervento con gli strumenti di pianificazione territoriale	21
6.3 Individuazione delle strutture esistenti e identificazione degli ingombri di cantiere	22
6.4 Definizione della geometria del cumulo	25
7. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	26
8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI	30
9. VERIFICA DELLA STABILITÀ DEL CUMULO	31
9.1 Analisi di stabilità	32
10. VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE	33
11. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI GESTIONE DELLE ACQUE PIOVANE	35
11.1 Analisi idrologica	35
11.2 Calcolo delle portate di progetto	38
11.3 Verifica delle sezioni delle canalette in condizioni di moto uniforme	39
11.3.1 Canalette perimetrali	39
11.3.2 Canalette lungo le berme	40
11.3.3 Sistema di scarico delle acque	42
12. CONCLUSIONI	43
13. BIBLIOGRAFIA	46

RESUME/RIASSUNTO

Ce rapport présente le projet de réhabilitation environnementale de la carrière de Caprie (localité Truc Le Mura). La carrière est actuellement en phase finale d'exploitation.

Le projet de réhabilitation environnementale fait partie du plan de gestion des matériaux d'excavation (rif. PD2C3BTSE30084) qui sont générés par la réalisation de la NLTL. Le site de Caprie est un site de destination où seront stockés définitivement 1.220.040 t (correspondant à 610.020 m³) de matériaux d'excavation C13a et une partie du surplus de C12 qui ne peuvent être utilisés pour la réalisation des ouvrages du projet. Le document a été rédigé en prenant en considération les prescriptions de la délibération CIPE du 03/08/2011.

Le site de la carrière de Caprie se trouve dans le secteur occidental du territoire de la commune de Caprie, à une distance de 500 m de la ville principal, en limite de la commune de Condove (TO). Le site est située à une distance de 21 km de l'aire technique de la plaine de Susa. La distance est calculée sur la base du chemin de fer, le site pouvant être atteint par train, utilisant le chemin de fer existant et une petite connexion ferroviaire qui n'est plus utilisée actuellement.

L'aire de la carrière est située à l'extrémité sud-orientale d'une dorsale rocheuse qui, à partir du versant en rive gauche de la Dora Riparia, se développe vers l'axe de la vallée. La dorsale s'étend sur 450 m de longueur environ et 150 m de largeur. Les roches qui constituent la dorsale appartiennent à l'unité tectonométamorphique de la Basse Vallée de Susa – Valli di Lanzo – Monte Orsiera. Cette unité est structurellement superposée à l'unité Dora Maira. Elle est constituée d'ophiolites et paraderivés (serpentinites et serpentinoschistes, metagabbro, prasinites et calcschistes s.l.). Les dépôts quaternaires sont représentés par des dépôts alluviaux de fond de vallée (af) (dépôt sableux-graveleux avec des niveaux limo-argileux), dépôt de cônes

Il presente documento è redatto al fine di presentare il progetto del recupero ambientale della cava sita in località Truc Le Mura, nel comune di Caprie. La cava è attualmente nel corso di terminazione dell'attività di coltivazione.

L'intervento di recupero ambientale si inserisce nel più ampio quadro del Piano di Utilizzo dei materiali di scavo (rif. PD2C3BTSE30084) derivanti dai lavori di realizzazione della NLTL. In quest'ottica il sito in esame costituisce un **sito di destinazione**, presso il quale saranno destinate circa 1.220.040 t (corrispondenti a circa 610.020 m³) di materiale di scavo C13a e una parte del surplus di C12 che non trova utilizzo diretto nelle opere in progetto. Il documento è redatto anche in considerazione delle prescrizioni n. 9, n. 11 e n. 209, della delibera CIPE del 3/08/2011.

Il sito oggetto di studio interessa un'area soggetta ad attività estrattiva ubicata in località "Truc Le Mura", nel settore occidentale del territorio comunale di Caprie, ad una distanza di circa 500 m dal nucleo abitato principale del comune suddetto, in prossimità del confine con il limitrofo Comune di Condove (TO). Il sito dista circa 21 km dall'Area Tecnica della Piana di Susa. La distanza è calcolata considerando la sola rete ferroviaria, in quanto il sito è raggiungibile da Susa via treno, attraverso una breve connessione ferroviaria esistente, ma attualmente dismessa.

L'area di cava corrisponde all'estremità sud-orientale di una dorsale in roccia che dal versante in sinistra idrografica del fiume Dora Riparia si sviluppa verso l'asse vallivo. La dorsale presenta un'ampiezza media di circa 450 m ed una larghezza di circa 150 m. Le rocce che costituiscono la dorsale appartengono all'Unità tettonometamorfica bassa Val di Susa – Valli di Lanzo – Monte Orsiera. Strutturalmente sovrapposta all'Unità Dora-Maira è un'unità composita costituita da ophioliti e paraderivati (serpentiniti e

alluviaux (ac), à la base des versants, et dépôts détritiques-colluviaux (cd) (sables limoneux avec galets et blocs polygéniques).

Le site est localisé à une distance variable entre 300 et 600 m de la rivière Dora Riparia. La bande périfluviale de la Dora Riparia est réglementée par le PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) du bassin du fleuve Po, sur la base de la distribution des bandes A, B, C du fleuve Dora. L'aire de la carrière, bien que proche de la limite de la bande C, se maintient à l'extérieur de la bande ou de tout autre phénomène indiqué dans le PAI. Pour ce qui concerne la dynamique fluviale, pendant l'alluvion d'octobre 2000, l'aire de la carrière n'a pas été sujette aux phénomènes d'inondation du fleuve Dora Riparia.

Le site est localisé en correspondance de la Plaine des Chiuse. Ce secteur est caractérisé par un niveau d'hétérogénéité stratigraphique très marqué. Le site de Caprie est caractérisé par la présence de trois lithotypes : serpentinites antigoritiques, dépôts détritico-colluviaux et dépôts alluviaux du fond de vallée.

Pour permettre une optimisation en termes de volumes de matériel à utiliser et de réhabilitation environnementale, la géométrie du dépôt a été définie sur la base des critères suivantes :

- Caractéristiques morphologiques de la dorsale avant l'activité de la carrière (analyse des cartes historiques de la Provincia di Torino) ;
- Limites d'occupations définies pour permettre la conservation des installations existantes (observation directe et interprétation des photos aériennes) ;
- Amplitude des aires nécessaires pour les activités de chantier liés à la réalisation du dépôt (données du projet définitif de la NLTL) ;
- Définition de la géométrie du dépôt tel que ne soient pas nécessaires des structures de soutènement (palifiées,

serpentinocisti, metagabbri, prasiniti e calcescisti s.l.) I depositi quaternari sono rappresentati da depositi alluvionali del fondovalle (af) (depositi sabbioso-ghiaiosi con subordinati livelli limoso-argillosi), depositi di conoide alluvionale (ac), localizzati alla base dei versanti, e depositi della coltre detritico-colluviale (cd) rappresentati da sabbie limose con ciottoli e blocchi poligenici.

Il sito di deposito è ubicato ad una distanza variabile tra 300 e 600 m dal corso del fiume Dora Riparia. La fascia perifluviale della Dora Riparia è normata dai vincoli definiti dal PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) del bacino del fiume Po, sulla base della distribuzione delle fasce fluviali A, B e C del fiume Dora. L'area di cava, pur essendo prossima alla fascia C della Dora, non ricade all'interno delle fasce fluviali o di altri dissesti areali indicati dal PAI. Per quanto riguarda la dinamica fluviale, in occasione dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000, la zona in cui è ubicato il sito di cava non è stata direttamente interessata da fenomeni di esondazione ed allagamenti da parte della Dora Riparia.

Il sito è ubicato nel settore della Piana delle Chiuse. Il settore è caratterizzato da una spiccata eterogeneità verticale della sequenza stratigrafica dei depositi di fondovalle. Il sito di deposito di Caprie è caratterizzato dalla presenza di tre litologie: serpentinita antigoritica, coltre detritico-colluviale, depositi alluvionali di fondovalle, recenti e antichi, costituiti da alternanze di ghiaie e sabbie con intercalazioni limose. Al fine di permettere un'ottimizzazione in termini di volume di materiale destinabile e di inserimento ambientale, la geometria del cumulo è stata definita sulla base dei seguenti criteri:

- caratteristiche morfologiche dell'ammasso roccioso interessato dalla coltivazione nel periodo antecedente all'inizio dell'attività di cava (esame dei documenti cartografici storici della Provincia di Torino);
- limiti di ingombro definiti sulla base

terre renforcées, etc.)

- Objectifs des instruments de planification territorial pour l'aire du site (Plan Territorial « Metromontano »)

Sur la base des résultats de l'étude sur les conditions du site avant l'existence de la carrière a été définie l'aire d'occupation du dépôt en projet. La limite du dépôt a été défini aussi de manière à ne pas interférer avec la disposition des installations existantes. Autre élément guide pour la définition de la géométrie du dépôt est le volume des matériaux qui seront transférés au site, qui est d'environ 610.020 m³. Le volume du dépôt est quant à lui d'environ 850.000 m³. La différence entre les deux volumes (environ 240.000 m³) est prévue pour gérer d'éventuelles variations du processus de gestion des matériaux pendant les travaux.

Les vérifications de stabilité ont été conduites le long de trois sections indiquées dans le plan du projet PD2C3BTS30015. Les vérifications ont été conduites suivant le DM 14/01/2008, considérant l'action sismique exprimée à travers le paramètres suivantes : Kh (0,045) et Kv (0,022). Les vérifications ont été conduites en accord de l'approche 1, combinaison 2 (A2+M2+R2) (par. 6.8.2 des NTC, DN 14/01/2008). Le talus est stable si les coefficients de sécurité sont supérieurs à 1,1. La caractérisation géotechnique des terrains est la suivante :

- Roches du socle : $\phi = 40^\circ$ (RMRb x 0,5 + 5); $c = 354 \text{ kN/m}^2$ (RMRb x 5); $\gamma = 26,5 \text{ kN/m}^3$;
- dépôt: $\phi = 30^\circ$; $c' = 0$; $\gamma' = 20,0 \text{ kN/m}^3$.

Le valeur de l'index RMR a été déterminé sur la base des relevés structuraux exécutés dans la phase de projet de la mise en sécurité des fronts d'exploitation conduite par les techniciens travaillant pour les propriétaires du site. Les paramètres adoptés pour les matériaux du dépôt sont définis considérant la composition moyenne des matériaux d'excavation qui serait constitués par des matériaux appartenant à la classe CI3a (58%)

della necessità di mantenimento degli impianti esistenti presso il sito (rilievi in campo, esame aerofotogrammetrico);

- sviluppo areale presso il sito di cava delle aree necessarie alle attività di cantiere connesse alla realizzazione del cumulo (dati del progetto definitivo della NLTL);
- definizione di una geometria la cui stabilità non debba essere garantita mediante la realizzazione di opere di sostegno (es. palificate, terre rinforzate, ecc.);
- obiettivi degli strumenti di pianificazione territoriale per l'area entro cui ricade il sito (Piano Territoriale Integrato "Metromontano").

Sulla base dei risultati dello studio delle condizioni del sito prima dell'avvio della coltivazione è stata definita l'area di ingombro del cumulo di progetto. Il limite di ingombro individuato permette inoltre di definire un progetto di risistemazione che non interferisce con l'attuale disposizione degli impianti e degli edifici esistenti presso il sito di cava. Altro elemento guida nella definizione della geometria è il volume da trasferire nel sito di destinazione, che risulta esser di circa 610.020 m³. Il volume del cumulo progettato in base ai criteri definiti è di circa 850.000 m³. La differenza tra i due volumi (circa 240.000 m³) è mantenuta al fine di garantire un margine di sicurezza atto a gestire eventuali variazioni nel processo di utilizzo dei materiali di scavo in fase realizzativa.

Le verifiche di stabilità del cumulo in progetto sono state condotte lungo tre sezioni indicate nell'allegata tavola progettuale PD2C3BTS30015. Le verifiche sono state condotte ai sensi del DM 14/01/2008, considerando l'azione sismica espressa attraverso i seguenti parametri: Kh (0,045) e Kv (0,022). Le verifiche di stabilità sono state condotte seguendo l'approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2) (par. 6.8.2 delle

et à la classe C12 (42%). Sur la base des données de littérature (Jamiolkowski & Pasqualini, 1976) ont été définis les paramètres proposés. Les résultats de la vérification de stabilité sont résumés dans le tableau suivant, où sont indiqués les facteurs de sécurité les plus bas pour chaque section examinée :

Section	Fs
AA'	1,176
BB'	1,176
CC'	1,190

Pour la vérification de la capacité portante du terrain sur lequel sera réalisé le dépôt et l'évaluation de la pression limite (q) en conditions dynamiques a été utilisée la formule de Hansen. Sur la base du DM 14/01/2008, pour le calcul de la capacité portante il a été adopté l'approche 2 (A1+M1+R3). Le niveau de la nappe a été considéré coïncidant avec le niveaux du plan de campagne. L'inclinaison du plan de pose a été considéré égale à 0°. La pression admissible du terrain a été calculée considérant l'aire d'appui du dépôt sur l'esplanade à la base de la carrière qui mesure 27.750 m² environ. Les paramètres caractéristiques sont ceux-là définis pour les roches du socle. Pour les calculs a été considéré un poids total du dépôt évalué à 1.704.368 t, correspondant à 16.714.143 kN. Sur la base du DM 14/01/2008 (approche 2), appliquant à la pression limite un coefficient de sécurité de 2,3, la pression admissible est supérieure à celle générée par la charge appliquée.

Les ouvrages de drainage prévus sur la surface du dépôt, pour la gestion des eaux superficielles, sont distingués en trois catégories :

- 1) caniveaux de drainage périphériques en roche moyennement travaillé: section trapézoïdale avec base mineur 0,66 m, base majeur 2 m, hauteur 1 m, pente des appuis 56° ;
- 2) caniveaux de drainage le long des risbermes, à la base des escarpements en roche moyennement travaillé :

N.T.C., DM 14/01/2008). Pertanto il pendio è stabile se i fattori di sicurezza sono superiori a 1,1. La caratterizzazione geotecnica dei materiali è la seguente:

- basamento: $\varphi = 40^\circ$ (RMRb x 0,5 + 5); $c = 354 \text{ kN/m}^2$ (RMRb x 5); $\gamma = 26,5 \text{ kN/m}^3$;
- cumulo: $\varphi = 30^\circ$; $c' = 0$; $\gamma' = 20,0 \text{ kN/m}^3$.

Il valore dell'indice RMR è stato ricavato dai rilievi strutturali eseguiti in fase di progettazione degli interventi di messa in sicurezza dei fronti di cava da parte della proprietà. I parametri adottati per il cumulo in progetto sono definiti considerando la composizione media del marino in esubero, che sarà costituito da materiali appartenenti alla classe C13a, mediamente in percentuale pari al 58% del totale, e alla classe C12, con percentuale media del 42%. Sulla base dei dati di letteratura (Jamiolkowski & Pasqualini, 1976) sono stati pertanto assunti parametri geotecnici proposti. I risultati della verifica di stabilità sono riassunti nella tabella seguente, dove sono indicati i fattori di sicurezza più bassi per le sezioni in esame.

Sezione	Fs
AA'	1,176
BB'	1,176
CC'	1,190

Per la verifica della capacità portante del terreno su cui sarà realizzato il cumulo e la valutazione della pressione limite (ql) in condizioni dinamiche è stata utilizzata la formula di HANSEN. In base al D.M. 14/01/2008, per il calcolo della capacità portante è stato adottato l'approccio 2 (A1+M1+R3). La falda è stata considerata coincidente con il piano campagna. L'inclinazione del piano di posa è stata considerata pari a 0°. La pressione ammissibile dal terreno è stata verificata considerando l'area di appoggio del cumulo sul piazzale di cava che misura 27.750 m² circa. I parametri caratteristici del terreno di appoggio corrispondono a quelli definiti per il basamento. Per i calcoli è stato considerato il peso complessivo del cumulo stimato in 1.704.368 t, corrispondenti a circa 16.714.143 kN. Ai sensi del D.M. 14/01/2008

- section rectangulaire avec base 1 m, hauteur 0,5 m ;
- 3) puits de laminage en béton placés à l'intersection des caniveaux périphériques avec ceux le long des risbermes ; hauteur 1,5 m, base cadrée de côté 2 m ;
 - 4) bassin de décantation pour collecter les eaux des escarpements et tube à section circulaire en béton pour le rejet dans le fleuve Dora Riparia.

Le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales est organisé dans les phases suivantes :

- 1) analyse hydrologique pour l'aire de projet (Tr 20ans, Tr 100 ans, Tr 200 ans) ;
- 2) Calcul des débits maximaux de projet ;
- 3) Vérification en mouvement uniforme des section des ouvrages.

L'analyse hydrologique a été conduite sur la base des indication de la « Directive sur la crue de projet à assumer pour le projet et les vérifications de compatibilité hydraulique » (Annex 1 du PAI). Sur la base des débits de projet calculés, les section des ouvrages indiquées sont vérifiées.

(approccio 2), applicando alla pressione limite un coefficiente di sicurezza pari a 2,3, la pressione ammissibile è superiore a quella esercitata dal carico applicato.

Le opere di drenaggio previste lungo la superficie del cumulo, per la regimazione delle acque superficiali, sono distinte in tre categorie:

- 1) canalette di drenaggio perimetrali in roccia mediamente lavorata: sezione trapezoidale con base minore 0,66 m, base maggiore 2 m, altezza 1 m, inclinazione delle sponde 56°;
- 2) canalette di drenaggio lungo le berme, alla base delle scarpate in roccia mediamente lavorata: sezione rettangolare con base 1 m, profondità 0,5 m;
- 3) pozzetti di laminazione in calcestruzzo posti all'intersezione tra le canalette perimetrali e quelle lungo le berme: altezza 1,5 m, base quadrata di lato 2 m;
- 4) vasca di sedimentazione per la raccolta delle acque del pendio e tubazione a sezione circolare in calcestruzzo per il recapito delle acque nel corpo idrico ricettore Dora Riparia.

Il dimensionamento delle opere di gestione delle acque piovane è articolato nelle seguenti fasi:

- 1) Analisi idrologica dell'area di progetto (Tr 20 anni, Tr 100 anni, Tr 200 anni);
- 2) Calcolo della portata massima di progetto;
- 3) Verifica in moto uniforme delle sezioni di deflusso delle opere di drenaggio e smaltimento acqua in progetto.

L'analisi idrologica è condotta in accordo con le indicazioni della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica" (Allegato 1 del PAI). Sulla base delle portate di progetto calcolate, le sezioni dei manufatti elencati in precedenza risultano verificate.

1. Introduzione

Il presente documento è redatto al fine di presentare il progetto del recupero ambientale della cava sita in località Truc Le Mura, nel comune di Caprie. La cava, attualmente nel corso di terminazione dell'attività di coltivazione è di proprietà della società Ing. Rotunno srl.

L'intervento di recupero ambientale si inserisce nel più ampio quadro del Piano di Utilizzo dei materiali di scavo (rif. PD2C3BTSE30084) derivanti dai lavori di realizzazione della NLTL. In quest'ottica il sito in esame costituisce un **sito di destinazione** (art. 1, comma 1, lett. n del DM 161 del 10/08/2012), presso il quale sarà destinato il materiale di scavo che non trova utilizzo diretto nelle opere in progetto. Presso il sito è stato condotto un rilevamento nel corso del mese di giugno 2012.

Sulla base del piano di utilizzo, rispetto ai fabbisogni di cantiere per la costruzione di rilevati e la produzione di aggregati per calcestruzzo, è previsto un esubero di materiale di scavo complessivo di 2.440.081 tonnellate (corrispondenti a circa 1.220.040 m³). Sulla base di questo scenario e dei risultati dell'analisi comparativa condotta per l'individuazione dei siti di deposito (rif. PD2C3CTS30055), sono stati individuati due siti idonei al invio dei materiali in esubero, che saranno impiegati per interventi di recupero ambientale. I due siti si trovano rispettivamente nel comune di Caprie (cava di proprietà dell'Ing. Vito Rotunno srl) e nel comune di Torrazza P.te (cava di proprietà della soc. COGEFA spa). Per ciascuno dei due siti è previsto l'impiego di 1.220.040 t (corrispondenti a circa 610.020 m³) di materiale.

La scelta del sito è avvenuta in accordo con quanto definito dalla delibera CIPE del 3/08/2011, della quale sono riportati gli elementi riferibili al presente elaborato.

N.	Contenuto
9.	[...] Caprie: verificare la possibilità di riutilizzare lo smarino per riqualificare l'area paesaggisticamente; specificare il sistema di trasporto del materiale dalla stazione di Chiusa S.Michele sino all'area di cava e la sua conseguente movimentazione all'interno dell'area stessa di cui dovrà essere predisposto un piano di rinaturalizzazione dell'area.
11.	Trasporto via ferro del marino: In considerazione della valutazione negativa sulla originaria proposta di allocazione dello smarino, in quanto la scelta di destinarlo alla Carriere du Paradis comporta un elevato impatto ambientale paesaggistico e logistico legato alla necessità di eccessivi trasferimenti su gomma per conferire tutta la grande quantità di materiali a Prato Giò per alimentare una imponente teleferica; si prescrive l'adozione della soluzione di conferimento del materiale in siti sostitutivi mediante l'utilizzo della ferrovia, come presentato nelle integrazioni ripubblicate. In particolare sono stati individuati i siti estrattivi di Torrazza Piemonte, Montanaro, Caprie, S. Ambrogio e Cantalupo in provincia di Torino e raggiungibili per ferrovia. Il Proponente dovrà produrre idonea documentazione che dimostri la disponibilità (bonaria o in via amministrativa) delle aree di utilizzo dello smarino mediante proposte progettuali concordate con gli Enti territorialmente competenti. Tale garanzia dovrà coprire l'intero periodo di durata dei lavori.
209	Siti di cava: nella successiva fase di PD dovrà essere approfondito il piano relativo all'individuazione dei siti di cava, con specificazione delle opere previste, accompagnate dai relativi progetti di sistemazione ambientale da attuarsi al termine dei lavori.

Di seguito è riportato il quadro normativo di riferimento del presente elaborato:

- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i;
- DM Ambiente 10 agosto 2012 n. 161 – Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo;
- DM 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.

Per la redazione del presente elaborato sono state consultati i seguenti documenti di pianificazione e le seguenti banche dati:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po
- Geoportale di Arpa Piemonte
 - (evento alluvionale 2000)
 - (evento alluvionale 2008)
 - (evento alluvionale 2009)
 - SIFRAP (Sistema Informativo dei fenomeni FRAnosi in Piemonte)
- Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale:
 - PD2C3CTS30455 – Carta geologica Zona Caprie e Torrazza P.te
 - PD2C3CTS30457 – Carta idrogeologica Zona Caprie e Torrazza P.te
 - PD2C3CTS30458 – Carta geomorfologica Zona Caprie e Torrazza P.te

Al presente elaborato si allegano la planimetria e le sezioni di progetto riportate nella tavola PD2C3BTS30047.

2. Inquadramento geografico

Il sito oggetto di studio interessa un'area soggetta ad attività estrattiva ubicata in località "Truc Le Mura", nel settore occidentale del territorio comunale di Caprie, ad una distanza di circa 500 m dal nucleo abitato principale del comune suddetto, in prossimità del confine con il limitrofo Comune di Condove (TO).

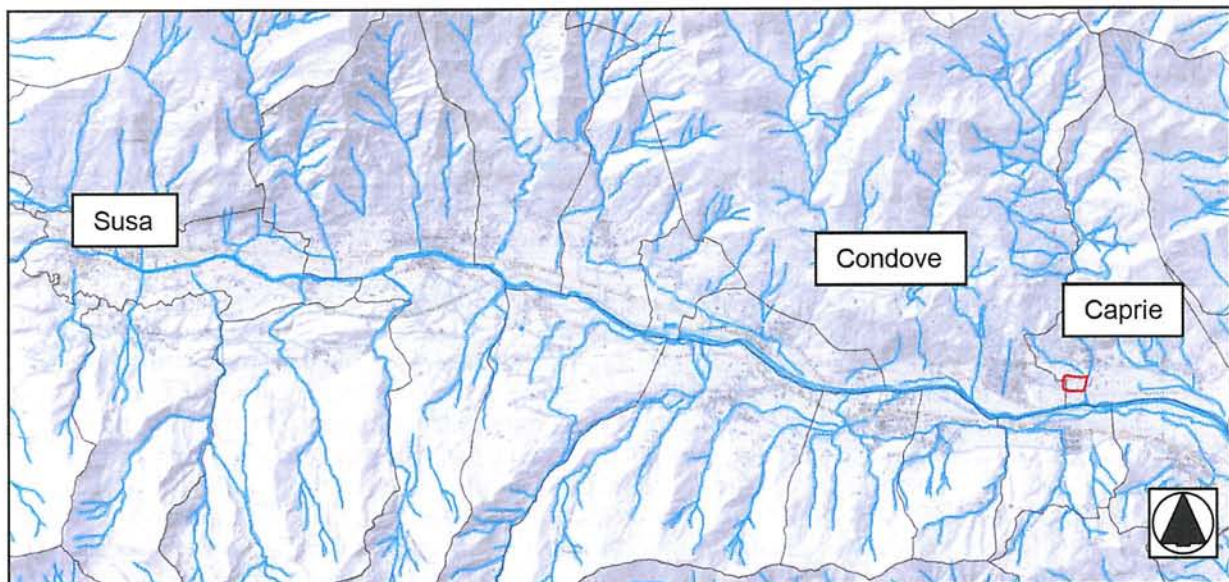


Figura 1 – Inquadramento del sito nel contesto della bassa Valle Susa e delle opere in progetto. Il limite rosso indica l'area di cava

Per un inquadramento topografico di dettaglio si può fare riferimento alla Sezione n. 154.080 della Carta Tecnica Regionale, edita dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte in scala 1:10.000, della quale viene riportato un estratto sul quale è indicata la perimetrazione dell'area di interesse.

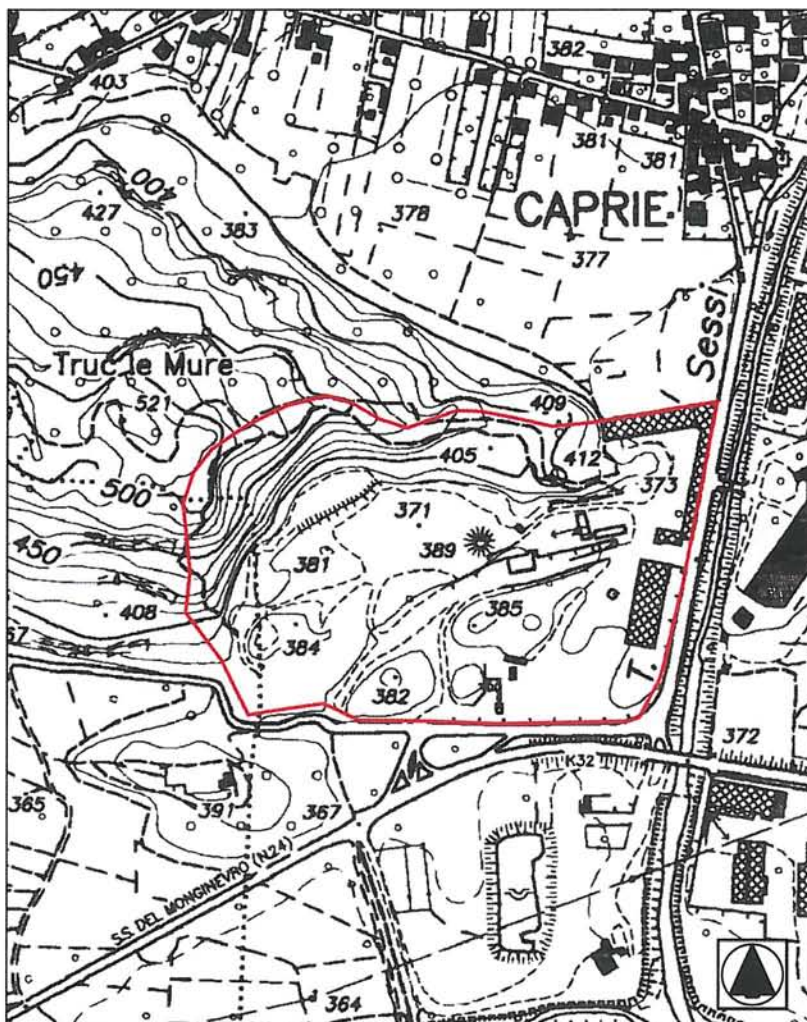


Figura 2 – Estratto Carta Tecnica Regionale, Sezione n. 154.080

Il sito, che viene di seguito localizzato su foto aerea (Volo Italia 2006), dista circa 21 km dall'Area Tecnica della Piana di Susa. La distanza è calcolata considerando la sola rete ferroviaria, in quanto il sito è raggiungibile da Susa via treno, attraverso una breve connessione ferroviaria esistente, ma attualmente dismessa.



Figura 3 – Localizzazione del sito su foto aerea (Fonte: <http://www.pcn.minambiente.it/GN/>)

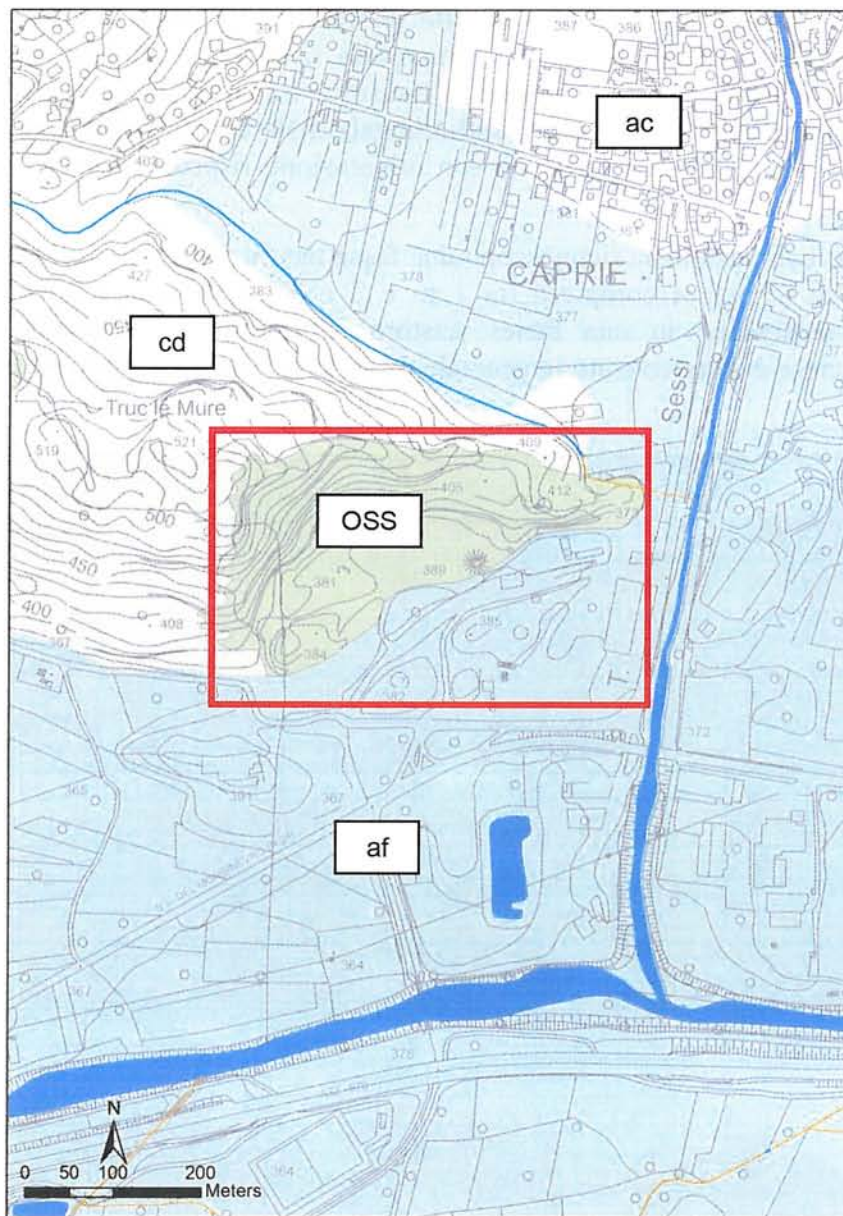
3. Inquadramento geologico

L'area di cava corrisponde all'estremità sud-orientale di una dorsale in roccia che dal versante in sinistra idrografica del fiume Dora Riparia si sviluppa verso l'asse vallivo. La dorsale presenta un'ampiezza media di circa 450 m ed una larghezza di circa 150 m.

Le rocce che costituiscono la dorsale appartengono all' Unità tettonometamorfica bassa Val di Susa – Valli di Lanzo – Monte Orsiera. Strutturalmente sovrapposta all'Unità Dora-Maira è un'unità composita costituita da ofioliti e paraderivati (serpentiniti e serpentinoscisti, metagabbri, prasiniti e calcescisti s.l.). Le serpentiniti rappresentano il litotipo più diffuso di questa unità ed affiorano sia in destra che in sinistra orografica della bassa Valle Susa. Queste rocce variano da facies massicce a facies scistose (serpentinoscisti, localizzati in prevalenza lungo i contatti con altri litotipi di quest'unità) e sono state oggetto di attività estrattiva (cave di S. Ambrogio di Susa, di Caprie e di Trana). Dal punto di vista mineralogico sono costituite da una massa di fondo antigoritica e da magnetite in placchette sub-millimetriche.

Le rocce affioranti nel settore di cava sono rappresentate da serpentiniti antigoritiche (OSS) che rappresentano il prodotto di processi di metamorfismo a carico dei materiali della crosta oceanica dell'antico bacino della Tetide.

Per l'area di progetto i depositi quaternari sono rappresentati da depositi alluvionali del fondovalle (af) (depositi sabbioso-ghiaiosi con subordinati livelli limoso-argillosi), depositi di conoide alluvionale (ac), localizzati alla base dei versanti, e depositi della coltre detritico-colluviale (cd) rappresentati da sabbie limose con ciottoli e blocchi poligenici (metabasiti e calcescisti) di dimensioni piuttosto variabili e forma da molto arrotondata a spigolosa (Figura 4).



Legenda /Legende

Copertura quaternaria

Copertura quaternaria

- Coltre detritico-colluviale (cd)
Couche détritico-colluviale (cd)
- Depositi alluvionali di fondovalle, recenti e antichi. Depositi torrentizi (af)
Dépôts alluviaux de fond de la vallée, anciens et récents. Dépôts actuels des torrents (af)
- Depositi di conoide alluvionale/misto (ac)
Dépôts de cônes alluviaux et cônes mixtes alluvions-débris (ac)

Unità oceaniche

Unités à séries océaniques

Unità tettonometamorfica Bassa Val di Susa - Valli di Lanzo - Monte Orsiera (SU)

Unité tectonométamorphique Bassa Val di Susa - Valli di Lanzo - Monte Orsiera (SU)

- Serpentinita antigoritica (OSS)
Serpentinites à antigorite (OSS)

Figura 4 – Estratto della Carta Geologica con indicazione dell'area di cava (rif. PD2C3CTS30455)

Il fronte di cava presente presso il sito oggetto di studio si sviluppa in corrispondenza alla propaggine sud-orientale della dorsale e si è impostato, nel corso degli anni, in funzione delle caratteristiche geomorfologiche dell'ammasso roccioso. La coltivazione a gradoni ha infatti comportato l'arretramento dell'estremità sud-orientale della dorsale, generando due fronti di lunghezza pari a circa 200 m ciascuno e con orientazione rispettivamente verso S e verso ESE.

Lungo i fronti di coltivazione si riconoscono due fasce tettonizzate con giacitura simile pari a circa $330^{\circ}/50^{\circ}$ di ampiezza compresa tra 1 m e 2 m (Figura 5). Lungo queste fasce le serpentiniti si presentano in una facies scistosa, con porzioni intensamente fratturate. L'ammasso roccioso è caratterizzato in generale da un significativo numero di discontinuità.

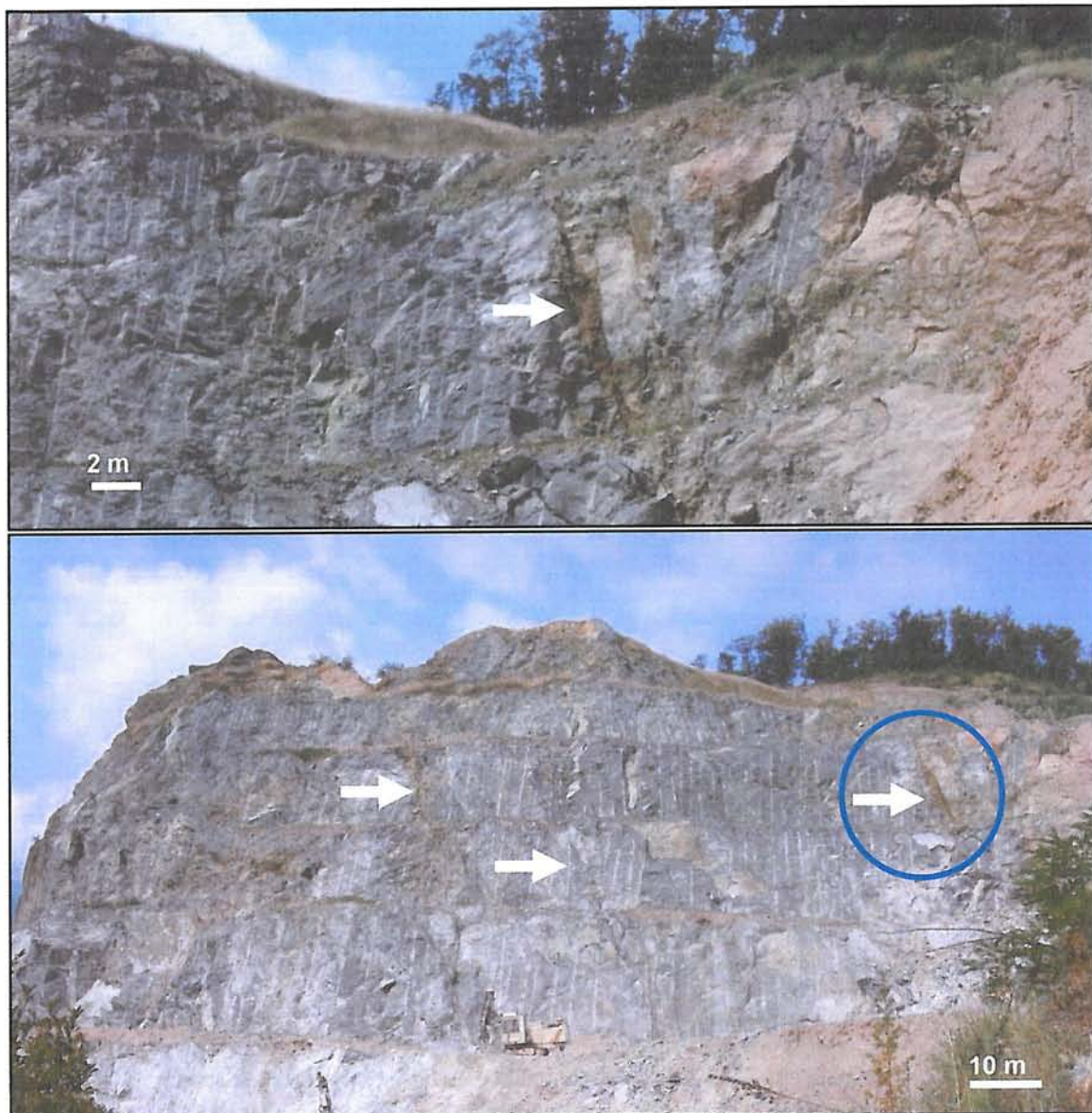


Figura 5 – Fronte di coltivazione posto sul lato W dell'anfiteatro di coltivazione. Le frecce indicano le fasce di fratturazione, evidenziate anche da una variazione cromatica dell'ammasso. La foto in alto propone il dettaglio del settore cerchiato in blu nella foto in basso

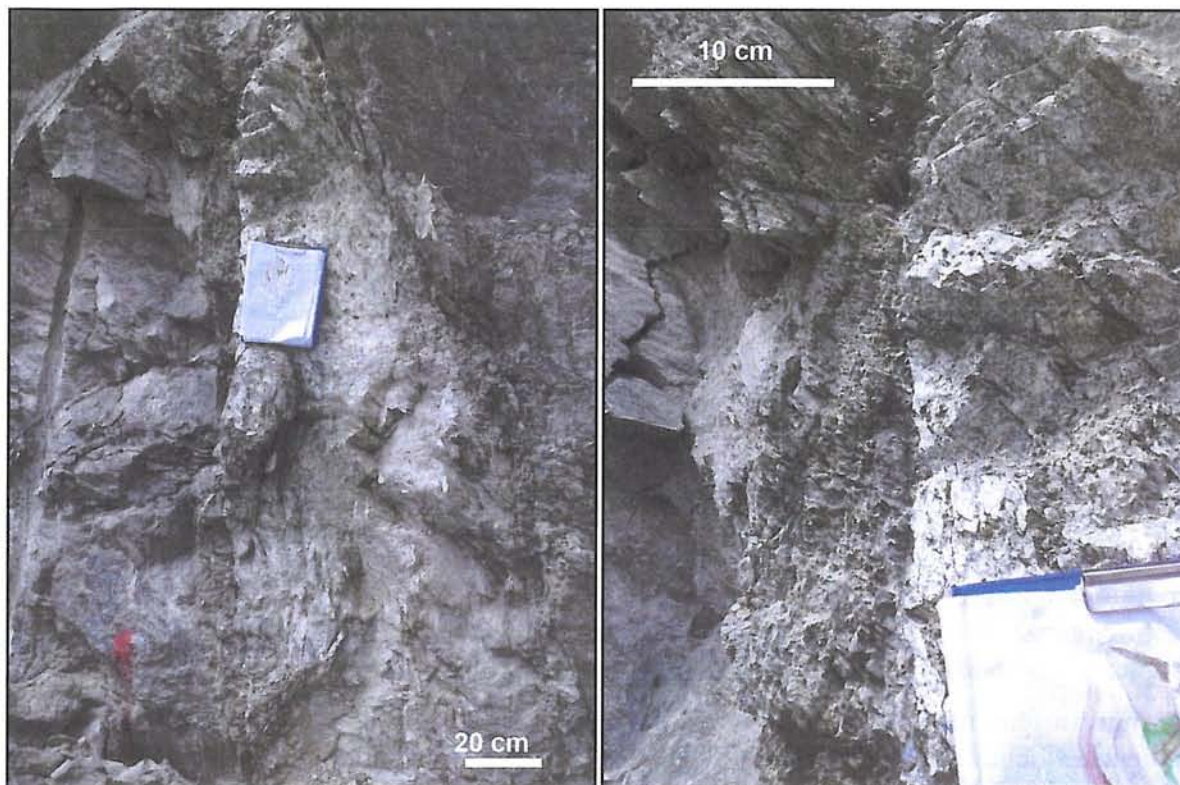


Figura 6 – Fascia tettonizzata caratterizzata dalla presenza di livelli cloritizzati e intensamente fratturati

Lungo il fronte W dell'anfiteatro di cava è presente un unico fronte che forma una parete sub-verticale, raccordandosi verso ovest con il versante naturale. Questa parete mostra numerose irregolarità, con la presenza di piccole dorsali e speroni, alcuni blocchi di dimensioni metriche quasi totalmente disarticolati dalla parete ed evidenti tracce di piani di discontinuità, anche ad elevata persistenza. I punti di ripresa delle foto di Figura 5 e Figura 6 sono riportati in .

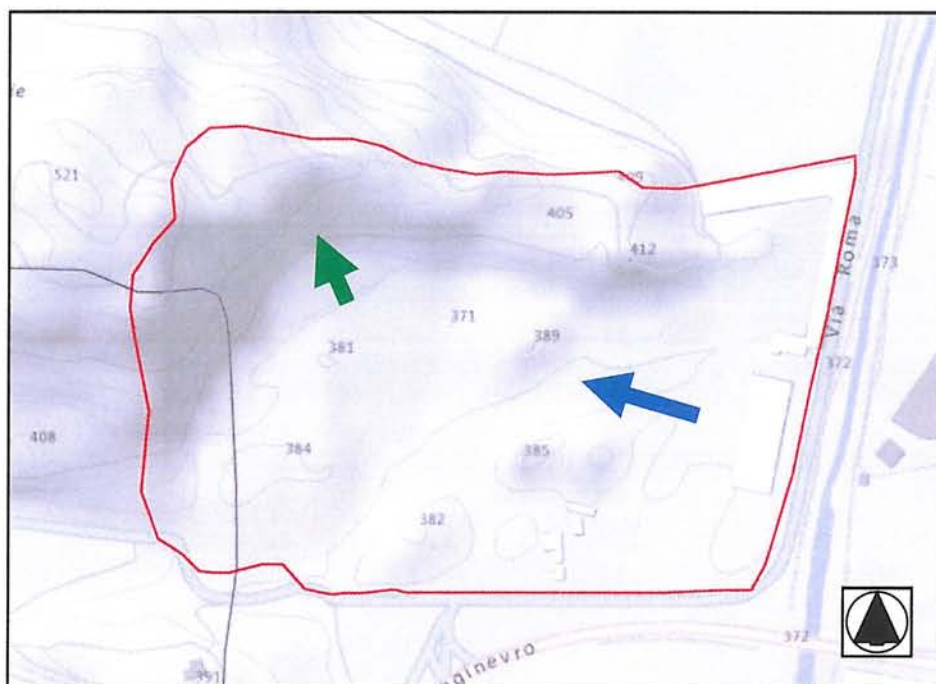


Figura 7 – Punti di ripresa delle foto di Figura 5 (freccia blu) e Figura 6 (freccia verde) (figura non in scala)

4. Inquadramento geomorfologico

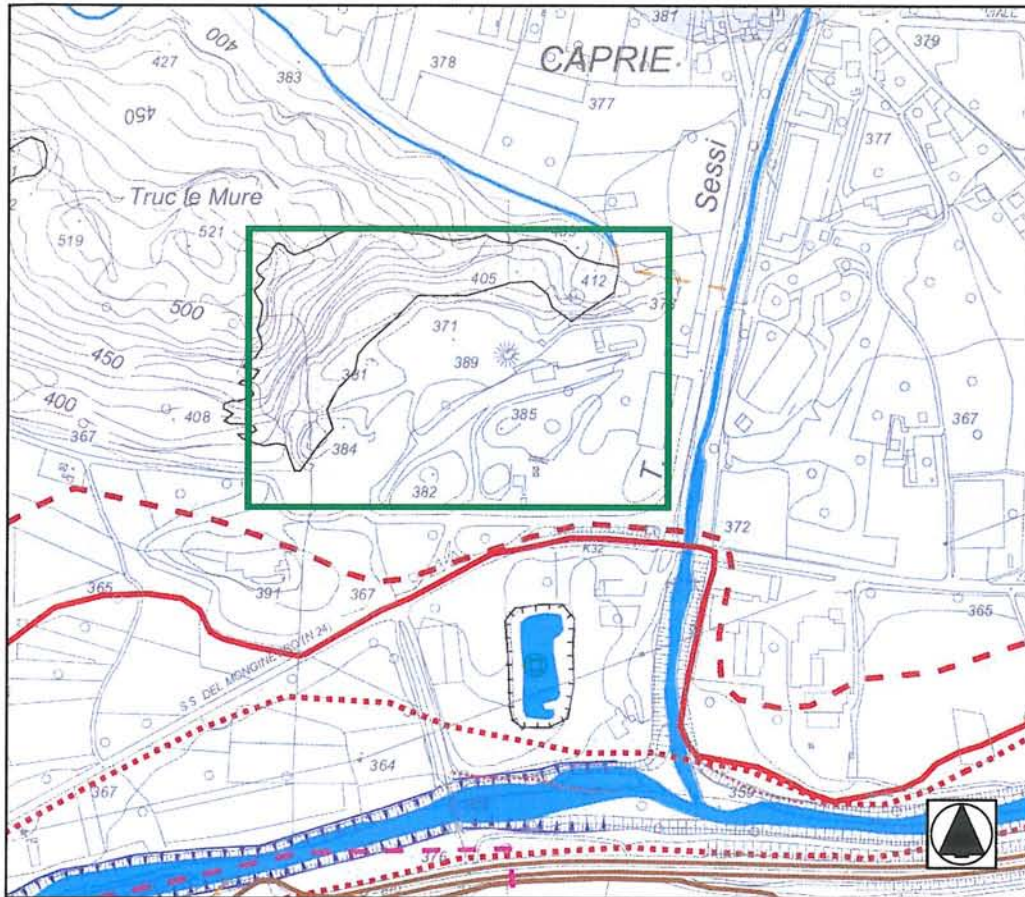
L'attuale morfologia della Valle Susa è il risultato di un complesso modellamento operato da diversi agenti morfogenetici che si sono susseguiti a partire dal Pliocene, anche se le prime evidenze geomorfologiche risalgono al Pleistocene medio. Si riconoscono forme e depositi associate al modellamento glaciale i cui relitti sono conservati prevalentemente alla fronte e ai lati dell'originaria massa glaciale, la cui distribuzione consente di ricostruire le fasi principali di espansione e di ritiro del ghiacciaio vallivo. Dopo l'ultimo ritiro, la morfologia glaciale è stata rimodellata ad opera dei processi di dinamica fluviale della Dora Riparia, fluviale torrentizia dei bacini laterali e dei processi gravitativi di versante.

L'azione del modellamento glaciale si è sviluppata a partire da una morfologia connessa alla deposizione di sedimenti di origine marina pliocenici ed ha determinato un approfondimento del fondovalle, il modellamento dei fianchi vallivi (lungo i quali a varie quote le forme glaciali sono tutt'ora evidenti) e la formazione di imponenti apparati deposizionali che costituiscono l'anfiteatro di Rivoli.

La porzione terminale della valle Susa, all'altezza della piana della Chiuse risulta simmetrica a testimonianza di un sistema di drenaggio che nel tempo ha mantenuto una direttrice costante, senza conoscere significative migrazioni laterali.



In termini di fenomeni gravitativi l'area di progetto risulta localmente interessata da limitati colamenti veloci a carico della coltre detritico-colluviale. I fenomeni risultano contenuti anche in ragione dei ridotti volumi mobilizzati vista l'esigua potenza dei terreni di copertura quaternari (generalmente compresi entro i 2 m).

Il sito di deposito è ubicato ad una distanza variabile tra 300 e 600 m dal corso del fiume Dora Riparia. La fascia perifluviale della Dora Riparia è normata dai vincoli definiti dal PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) del bacino del fiume Po, sulla base della distribuzione delle fasce fluviali A, B e C del fiume Dora. L'area di cava, pur essendo prossima alla fascia C della Dora, non ricade all'interno delle fasce fluviali o di altri dissesti areali indicati dal PAI (Figura 8).







Elementi geologici

Eléments géologiques

-  Depositi alluvionali di fondovalle attuali
Dépôts alluviaux actuels de fond de la vallée
-  Limiti degli affioramenti
Limites des affleurements

Elementi geomorfologici - Attività fluviale e fluvio-torrentizia

Eléments géomorphologiques - Activité fluviale et fluvio-torrentielle

-  Idrografia superficiale
Hydrographie de surface
-  Impluvio
Ravin
-  Orlo di scarpata fluviale-torrentizia attiva
Bord de talus actif d'origine fluviale et torrentielle actif
-  Canale irriguo intubato
Rigole d'écoulement tubée

Fasce Fluviali vigenti

"Zones d'inondation potentielle" en vigueur en Italie





-  Limite esterno della Fascia A
Limite extérieur "Zone A"
-  Limite esterno della Fascia B
Limite extérieur "Zone B"
-  Limite esterno della Fascia B di progetto
Limite extérieur "Zone B de projet"
-  Limite esterno della Fascia C
Limite extérieur "Zone C"

Figura 8 – Estratto della Carta Geomorfologica, con indicazione dell'area di cava (rif. C3C_0120_01-00-03-30-14_Carta_Geomorfologica_4/5_B).

Per quanto riguarda la dinamica fluviale, in occasione dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000 (di cui sono forniti dati relativi agli effetti morfologici indotti dalla piena, con delimitazione delle aree inondate, altezze delle acque di inondazione e censimento dei danni principali attraverso il Geoportale di Arpa Piemonte), la zona in cui è ubicato il sito di cava non è stata direttamente interessata da fenomeni di esondazione ed allagamenti da parte della Dora Riparia. Relativamente all'evento del 2008, la banca dati di Arpa Piemonte non riporta per l'area di intervento nessun fenomeno connesso all'attività fluviale, torrentizia o di versante.

Rapport géotechnique du site de Caprie / Relazione geotecnica del sito di Caprie



Figura 9 – Evento alluvionale 13-16 ottobre 2000 con individuazione dell'area di cava (riquadro rosso). Fonte: Geoviewer 2D Arpa Piemonte (<http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/geoviewerrisknat/>)

5. Inquadramento idrogeologico

La caratterizzazione idrogeologica dell'area in oggetto è desunta dal modello idrogeologico elaborato nell'ambito della progettazione preliminare della Nuova Linea Torino-Lione.

Il sito è ubicato nel settore della Piana delle Chiuse, ovvero il tratto di tracciato che attraversava la piana alluvionale tra l'abitato di Vaie e quello di Chiusa San Michele.

Il settore è caratterizzato da una spiccata eterogeneità verticale della sequenza stratigrafica dei depositi di fondovalle con alternanza di livelli acquiferi prevalentemente sabbioso - limosi e sabbioso - ghiaiosi e livelli acquiclude limoso – argillosi.

I dati piezometrici indicano la presenza di una falda freatica con soggiacenza generalmente di pochi metri (2 – 3 m) in equilibrio con la Dora Riparia e il complesso reticolo idrico secondario (naturale e artificiale) che a tratti ha funzione alimentante e drenante del deflusso idrico sotterraneo. La falda freatica risulterebbe infatti in connessione con il complesso reticolo idrico superficiale costituito, oltre che dai corsi d'acqua naturali, da canali artificiali che, in occasione degli eventi di piena, sono soggetti a diffusi fenomeni di esondazione.

L'alternanza di livelli acquiferi e acquiclude determina la presenza di falde sospese e talvolta in pressione. Le falde più profonde sono probabilmente in pressione (artesiane) mentre quella più superficiale, localizzata in ghiaie miste ad argille limose, potenti circa 3 – 4 m, è dotata di discreta permeabilità ed è di tipo freatico.

La direzione principale del deflusso idrico è circa parallelo all'asse vallivo principale (direzione W-E) come indicato in Figura 10.

Il sito di deposito di Caprie è caratterizzato dalla presenza di tre litologie, come definito nel precedente inquadramento geologico e rappresentato in Figura 4: serpentiniti antigoritiche, coltre detritico-colluviale, depositi alluvionali di fondovalle, recenti e antichi, costituiti da alternanze di ghiaie e sabbie con intercalazioni limose.

Il modello idrogeologico elaborato in sede di Progettazione Preliminare della NLTL attribuisce la prima litologia l'appartenenza al Complesso Idrogeologico 4b (metabasiti e rocce verdi), la seconda e la terza al Complesso Idrogeologico Q1 (Depositati quaternari detritici e alluvionali).

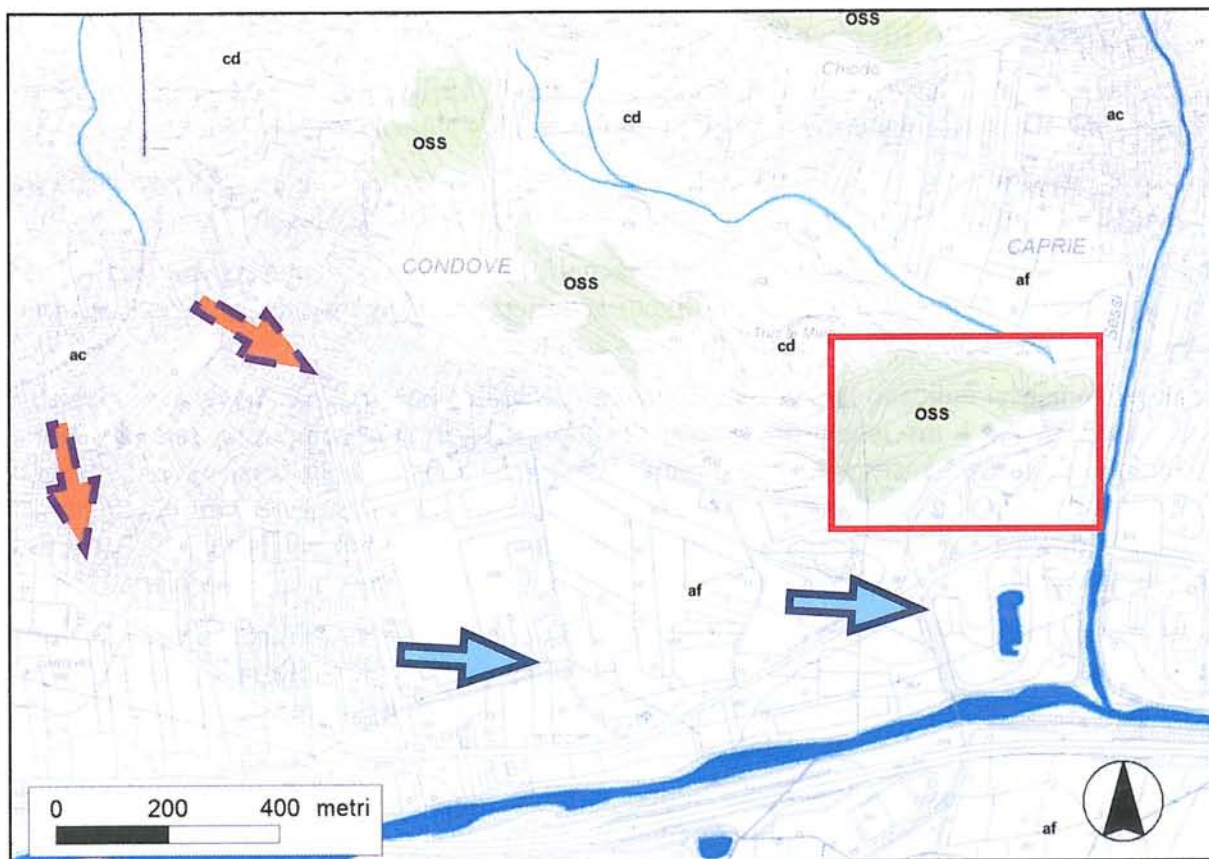


Figura 10 – Linee di flusso dei circuiti idrici principali del settore della Piana delle Chiuse. In azzurro le frecce che indicano la direzione di deflusso della falda del fondovalle; in arancione le frecce che indicano le direzioni dei flussi nei conoidi laterali. Il rettangolo rosso indica l'area di cava

Nella tabella che segue sono indicati i complessi idrogeologici e il relativo campo di permeabilità:

Complesso idrogeologico / Complexes hydrogéologiques		Grado di permeabilità / Degré de perméabilité				Tipo di permeabilità / Type de perméabilité
		molto basso - basso / très bas - bas K1 < 1E-8 m/s	basso - medio / bas - moyen 1E-8 > K2 > 1E-6	medio - alto / moyen élevé 1E-6 > K3 > 1E-4	alto - molto alto / élevé - très élevé K4 > 1E-4	
4b	Metabasiti e rocce verdi Métabasites et roches vertes					F
Q1	Depositi quaternari detritici e alluvionali Dépôts quaternaires détritiques et alluviaux					P

Tabella 1 – Complessi idrogeologici distinti nell'ambito del Progetto Preliminare.

Gli acquiferi e gli acquicludi in roccia presentano, nella maggior parte dei casi, una scarsa se non nulla permeabilità di tipo primario. Il deflusso idrico sotterraneo è dunque determinato dalla permeabilità di tipo secondario, la cui entità è strettamente dipendente dal grado di fratturazione e dall'interconnessione dei sistemi di fratture. Le rocce serpentinitiche sono caratterizzate da una permeabilità di grado basso (compresa tra 10^{-7} m/s e 10^{-8} m/s).

All'interno degli acquiferi dei depositi alluvionali si sviluppano circuiti idrici che possono alimentare sorgenti e pozzi utilizzati sia a scopo idropotabile che a scopo irriguo. I depositi

quaternari della Piana delle Chiuse sono caratterizzati da una permeabilità per porosità primaria di grado alto (10^{-4} m/s).

6. Criteri di definizione della geometria del cumulo

Al fine di permettere un'ottimizzazione in termini di volume di materiale destinabile e di inserimento ambientale, la geometria del cumulo è stata definita sulla base dei seguenti criteri:

- caratteristiche morfologiche dell'ammasso roccioso interessato dalla coltivazione nel periodo antecedente all'inizio dell'attività di cava;
- limiti di ingombro definiti sulla base della necessità di mantenimento degli impianti esistenti presso il sito;
- sviluppo areale presso il sito di cava delle aree necessarie alle attività di cantiere connesse alla realizzazione del cumulo;
- definizione di una geometria la cui stabilità non debba essere garantita mediante la realizzazione di opere di sostegno (es. palificate, terre rinforzate, ecc.);
- obiettivi degli strumenti di pianificazione territoriale per l'area entro cui ricade il sito.

6.1 Studio delle condizioni morfologiche del sito antecedenti la coltivazione

L'analisi delle condizioni morfologiche originarie del sito è basata sullo studio dei documenti storici disponibili presso l'archivio cartografico digitale della Provincia di Torino (**Figura 11**):

- Carta degli Stati Sabaudi (1816-1830)
- Carta IGM Impianto storico 1880-1882
- Carta IGM Impianto storico 1922-1934
- Carta IGM Impianto storico 1955-1956

I primi due documenti riportano la situazione del sito prima dell'inizio della coltivazione, mentre gli ultimi due riportano lo stato dei luoghi in fase di coltivazione intermedia rispetto al livello attuale (Figura 11).

L'esame della documentazione esaminata evidenzia l'area di ingombro dell'ammasso roccioso nelle fasi precedenti la coltivazione. Tale ammasso si estendeva verso SE dagli attuali fronti di cava, sino ad una strada con andamento circa NE-SW, che dalla base della Rocca del Castello (Comune di Condove), all'inizio di via Conte Verde, raggiungeva via Roma (Comune di Caprie), in un punto posto poco a S della confluenza del rio senza nome che confluisce nel T. Sessi in sinistra orografica (Figura 12).

Sulla base di questo limite è stato inoltre valutato lo sviluppo verticale massimo del cumulo in progetto. Per questo elemento sono stati presi in considerazione i limiti topografici definiti dall'andamento del versante lungo i fronti di coltivazione, posti lungo il lato N e il lato W dell'anfiteatro di cava, andando così ad individuare un limite massimo raggiungibile dal materiale abbancato (Figura 13).

6.2 Verifica della coerenza dell'intervento con gli strumenti di pianificazione territoriale

L'area di progetto ricade all'interno dell'area di influenza del Piano Territoriale Integrato "Metromontano" (PTIM). Il piano indica che l'area in cui si colloca la cava di Caprie sono

definiti obiettivi di valorizzazione paesaggistica ed ambientale in relazione agli elementi di pregio esistenti nelle zone circostanti (es. Castello del Conte di Monte Verde e Cappella della Madonna del Castello).

L'intervento di risistemazione dell'area di cava proposti nel progetto definitivo risulta coerente con gli obiettivi del PTIM: in particolare con l'obiettivo FS "Riqualificazione del territorio e delle sue produzioni, nell'ottica di una valorizzazione anche turistica".

L'intervento di proposto rientra nell'ambito del territorio interessato dall'obiettivo strategico del PTIM FS-SAN-1 "Miglioramento della fruizione naturalistica e per il loisir dell'area del sistema fluviale del Sangone: completamento delle reti piste ciclabili, manutenzione ordinaria-straordinaria percorsi ciclabili-punti di osservazione-aree sosta-sentieri...".

Il progetto di rimodellamento del versante permette infatti una configurazione coerente con lo stato dei luoghi riferibili al periodo precedente l'inizio delle attività coltivazione, consentendo il mascheramento di buona parte dei fronti di coltivazione. Si migliorerebbe così la percezione visiva dei luoghi in ambito di area vasta e non solo a livello locale, con beneficio anche per la fruizione di altri luoghi di pregio (sinergia con l'obiettivo strategico FS-BVS-1 per la Sacra di San Michele).

Le possibilità di fruizione dell'area risulterebbero maggiori, rispetto al risultato ottenuto con l'attuale progetto di recupero ambientale della cava presentato dalla soc. Ing. Vito Rotunno srl, che prevede il recupero classico di una cava di monte con rinaturalizzazione delle berme dei gradoni di coltivazione e rimboschimento del piazzale antistante:

- la copertura dei gradoni con il materiale di scavo, consentirebbe di diminuire i punti potenzialmente soggetti a fenomeni di crollo;
- il progetto non comporta la perdita di tratti di sentieri esistenti e il mantenimento dell'attuale pista di accesso ai gradoni costituisce un elemento che contribuisce al raggiungimento dell'obiettivo strategico citato, in quanto coerente con il proposito di miglioramento della fruizione naturalistica.

Rispetto agli indicatori previsti dal PTIM per la valutazione del raggiungimento dell'obiettivo FS il progetto del sito di destinazione permetterebbe di incrementare il valore dei seguenti indicatori:

Misuratore di realizzazione: a) numero interventi di ripristino, manutenzione, rinaturalizzazione, reti ecologiche, percorsi di connessione ciclopedonale, ecc., progettati; b) numero di interventi di riqualificazione di aree e strutture progettati.

Misuratore di risultato: numero di interventi di riqualificazione di aree e strutture realizzati.

Misuratore di impatto: riduzione del rischio idrogeologico (fenomeni evitati), difesa del suolo.

6.3 Individuazione delle strutture esistenti e identificazione degli ingombri di cantiere

L'ubicazione degli impianti e degli edifici esistenti è illustrata nella documentazione cartografica di dettaglio della Cava di Caprie (Figura 14). Le strutture risultano poste a SE della traccia della vecchia sede dei binari presso cui avveniva nel passato la movimentazione del materiale di coltivazione via treno.

Per permettere lo svolgimento delle attività di realizzazione del cumulo, minimizzando le interferenze con l'attività degli impianti presso la cava è da prevedere un corridoio che permetta il transito di mezzi di cantiere a monte (lato NW) della traccia dei vecchi binari. A

tal fine è stata valutata un'ampiezza minima di 10 m per consentire il transito nei due sensi di marcia (Figura 14). Inoltre è prevista un'area per il deposito temporaneo del marino proveniente dall'area di scarico posta nel settore a S di via Conte Verde. Presso questo settore sarà depositato il materiale che a sua volta viene caricato sui mezzi che lo trasferiranno nei settori di progetto per la realizzazione del cumulo. Tale settore è individuabile in prossimità dell'estremità E del fronte di coltivazione settentrionale (Figura 14).

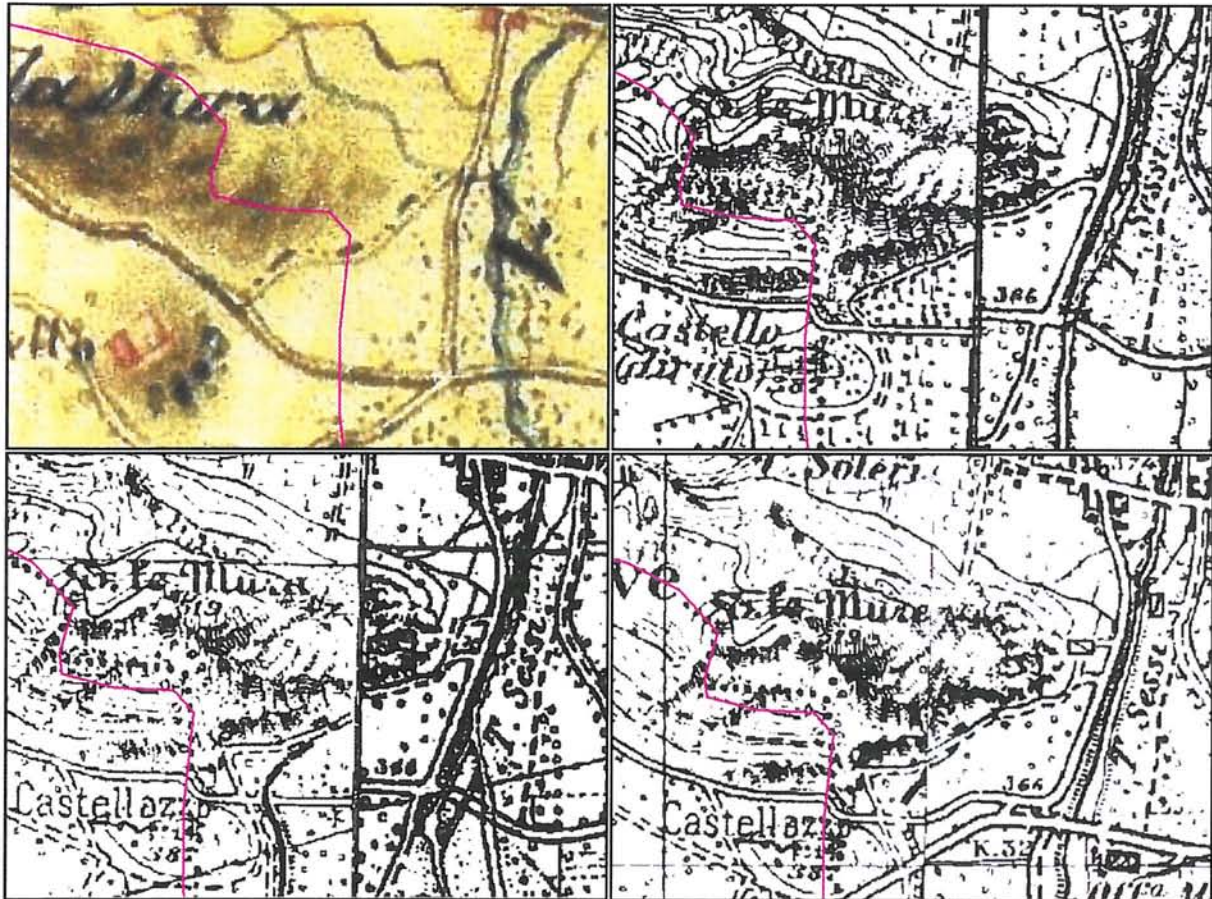


Figura 11 – Stralci della cartografia storica considerata per la definizione della geometria del cumulo per il ripristino della Cava di Caprie. Carta degli Stati Sabaudi (in alto a sinistra); Carta IGM Impianto storico 1880-1882 (in alto a destra); Carta IGM Impianto storico 1922-1934 (in basso a sinistra); Carta IGM Impianto storico 1955-1956 (in basso a destra) (Figure non in scala; fonte: Cartografia raster online della Provincia di Torino). L'attuale area di cava si colloca all'interno del perimetro definito dal cerchio in rosso

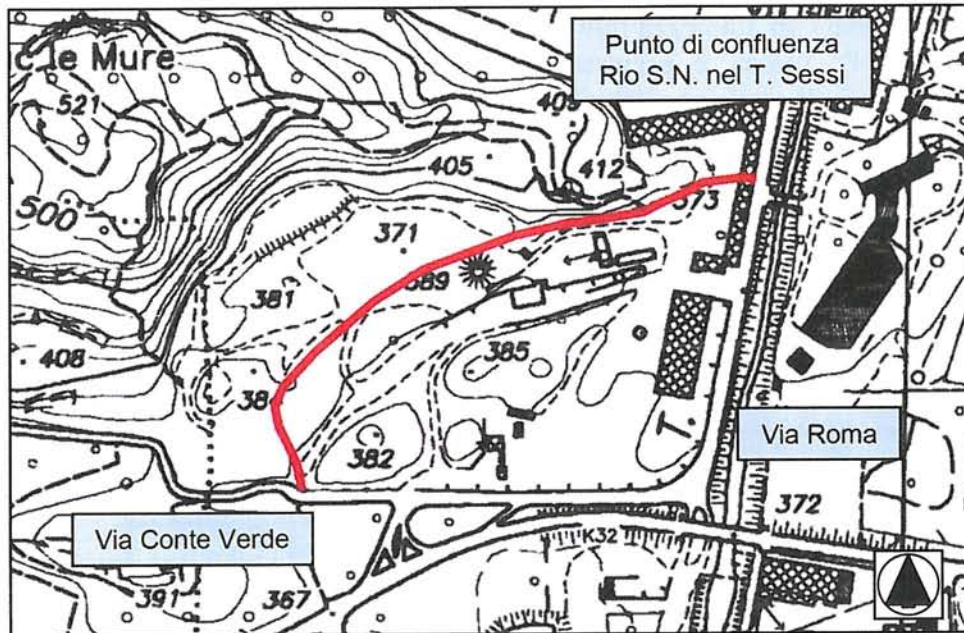


Figura 12 – Traccia della strada (linea rossa) che collegava in passato l'attuale Via Conte Verde (Comune di Condove) e l'attuale Via Roma (Comune di Caprie,) utilizzata come riferimento per la definizione del limite del piede del cumulo

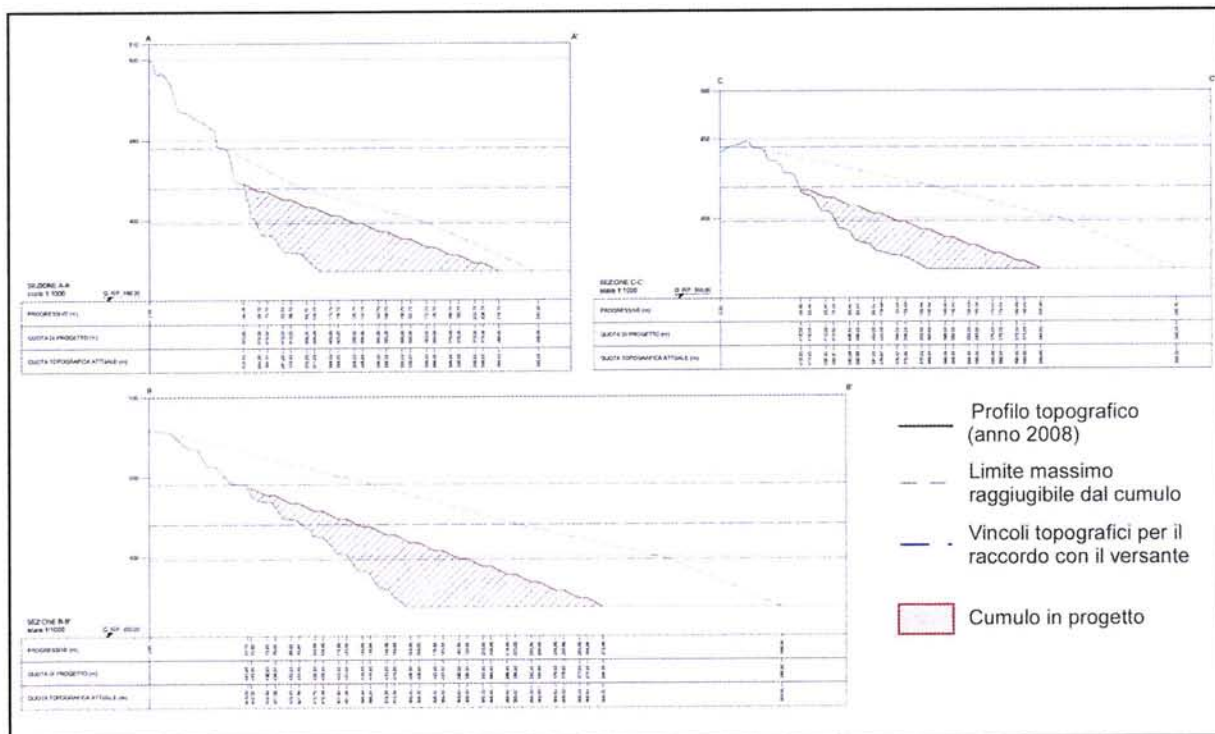


Figura 13 – Sezioni del cumulo in progetto risultanti dall'applicazione dei criteri morfologici e geotecnici adottati (le sezioni sono quelle riportate nella tavola allegata alla presente relazione – rif. PD2C3BTS30015: in alto a sinistra sezione A-A'; in alto a destra sezione C-C'; in basso sezione B-B')

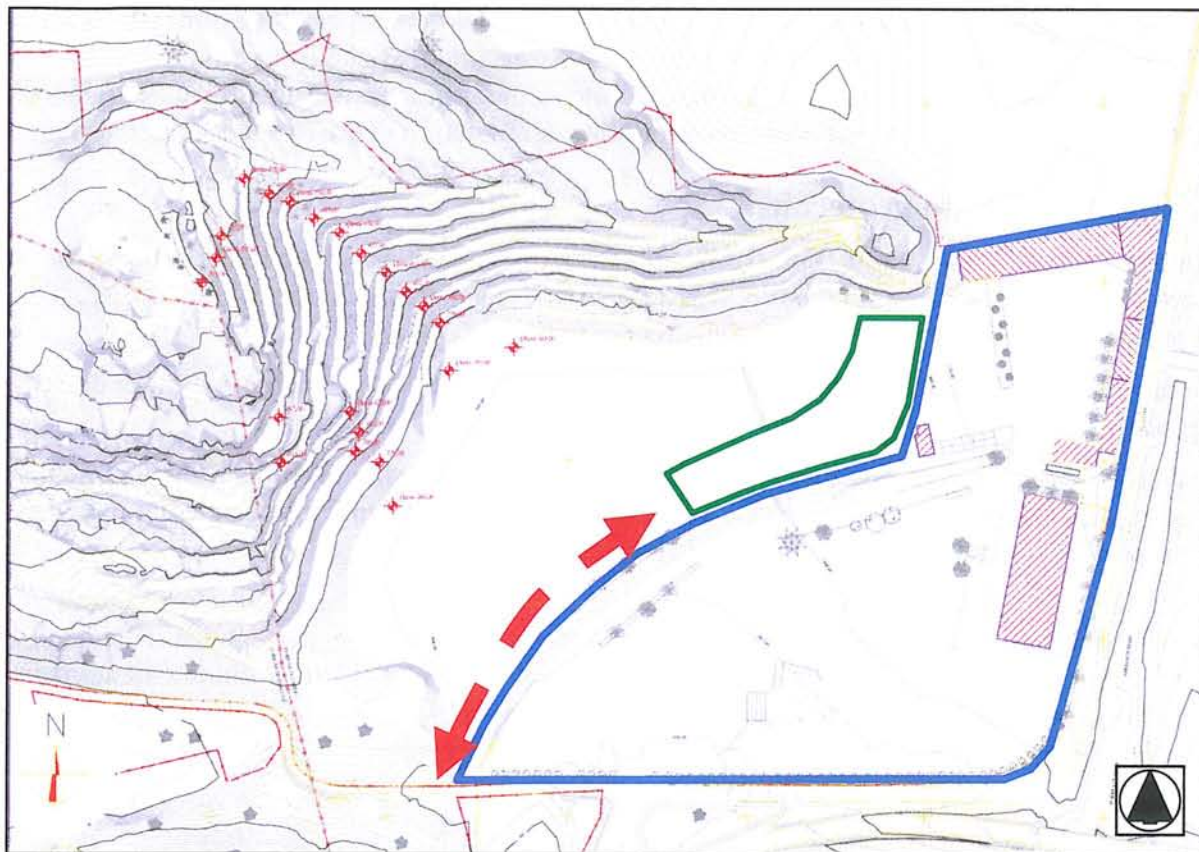


Figura 14 – Aree occupate dagli impianti e dagli edifici amministrativi della soc. Vito Rotunno srl (limite blu): il limite verde identifica il settore di deposito del materiale dai nastri trasportatori che trasferiscono il materiale di scavo dalla zona di carico posta a S. La linea tratteggiata rossa indica il corridoio di transito dei mezzi (figura non in scala) I punti in rosso indicano le quote delle berme e del piazzale di cava

6.4 Definizione della geometria del cumulo

Sulla base del limite individuato con lo studio delle condizioni del sito prima dell'avvio della coltivazione è stata definita l'area di ingombro del cumulo di progetto. Il limite individuato permette inoltre di definire un progetto di risistemazione che non interferisce con l'attuale disposizione degli impianti e degli edifici esistenti presso il sito di cava. Altro elemento guida nella definizione della geometria è il volume da trasferire nel sito di destinazione, che risulta essere circa 610.020 m^3 .

Il cumulo risulta strutturato in una serie di gradoni costituiti da rampe aventi base pari a 10 m e altezza di 5 m, con una pendenza di circa 27° . Alla sommità delle scarpate sono previste delle berme di 5 m di larghezza (rif. PD2C3BTS30017). Le berme saranno caratterizzate da una lieve contropendenza così da convogliare le acque di precipitazione nella canaletta di drenaggio posta lungo il lato di monte della berma stessa (si veda il capitolo 10). La soluzione geometrica adottata permette la realizzazione di scarpate per la cui stabilità non è necessaria la previsione di strutture di sostegno (es. terre rinforzate, palificate ecc.)

Lungo la traccia della sezione BB', la quota delle berme risulta maggiore di 0,5 m rispetto alla quota al margine delle stesse, così da garantire una pendenza sufficiente al deflusso delle acque meteoriche intercettate dalle opere di regimazione in progetto (Figura 19).

La configurazione del cumulo è stata quindi definita sulla base del rilievo topografico alla scala 1:1000 fornito dalla proprietà della cava e risalente all'anno 2008.

In base alla geometria ottenuta, il volume complessivo del cumulo risulta essere pari a circa 850.000 m³. La differenza tra il volume calcolato da destinare al sito e il volume del cumulo di progetto (circa 240.000 m³) è mantenuta al fine di garantire un margine di sicurezza atto a gestire eventuali variazioni nel processo di utilizzo dei materiali di scavo in fase realizzativa.

7. Inquadramento geotecnico

Sulla base degli studi effettuati presso la cava in occasione della redazione del progetto delle varie fasi di coltivazione (Magnetti & Rossello, 2006), sono stati individuati i principali valori di resistenza meccanica caratteristici della roccia in posto.

Le prove condotte per conto della proprietà sul materiale coltivato hanno permesso di definire per le serpentiniti un valore della massa volumica di 2,93 t/m³.

Nel corso delle diverse fasi di coltivazione della cava, sono state effettuate diverse analisi geostrutturali degli ammassi rocciosi e verifiche di stabilità dei cunei in roccia e del materiale di copertura: si riportano in seguito i risultati relativi a tali analisi.

Nel 2006 (Magnetti & Rossello, 2006) sono state eseguite cinque stazioni geostrutturali sui gradoni (dal settimo al terzo) posti a quote comprese tra 456 e 412 m, per ognuna delle quali è stato effettuato uno stendimento di lunghezza variabile tra 13 e 15 m. I cinque stendimenti sono denominati dall'alto verso il basso: ST1, ST2, ST3, ST4, ST5.

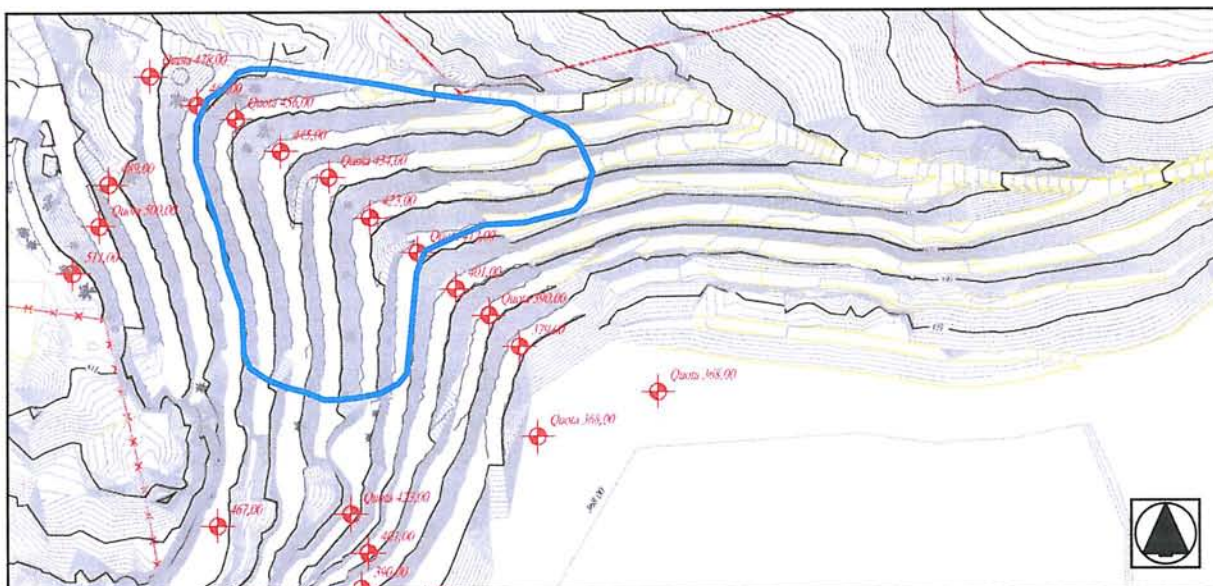


Figura 15 – Gli stendimenti ST1, ST2, ST3, ST4, ST5 fanno riferimento alle berme comprese all'interno del perimetro azzurro. I punti in rosso indicano la quota delle berme e del piazzale di cava (Magnetti & Rossello, 2006)

Il riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità è stato effettuato attraverso un'analisi statistica delle giaciture misurate, proiettate sul reticolo di Schmidt (emisfero inferiore) sotto forma di poli. Per ogni singola famiglia di discontinuità riconosciuta sono stati misurati i parametri fondamentali per poter classificare l'ammasso roccioso nel suo insieme, calcolando il valore RMR di Bieniawski. Sono stati inoltre definiti quei parametri di ogni singola discontinuità che permettono di attribuirne i valori di resistenza al taglio usando il metodo di Barton. Successivamente, utilizzando i valori di angolo di attrito ricavati, sono stati effettuati diversi test di Markland.

Le giaciture medie delle principali famiglie di discontinuità sono:

- K1: 90°-110°/65°-75°
- K2: 200°-270°/50°-70° (suddivisa in due sottofamiglie)
- K3: 320°-350°/55°-65°
- K4: 20°/60°
- K5: 60°/70°

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva dei principali parametri geometrici e di trasmissione degli sforzi attribuibili ad ogni singola famiglia riconosciuta.

FAMIGLIE	ORIENTAZIONE	APERTURA (mm)	SPAZIATURA (m)	PERSISTENZA (m)	SCABREZZA	RIEMPIMENTO
K1	100°/70°	0.5-25.0	1.0-5.0	3.0-10.0	Media Jrc 7-10	Patine biancastre o riempimento roccioso sfatto se molto aperte
K2	270°/60°-70°	0.5-2.0	1.0-2.0	0.5-2.0	Medio-alta Jrc 10	Assente o patina biancastra
K2'	220°/35°-45°	0.5-2.0	0.5-2.0	0.5-2.0	Medio-alta Jrc 10	Assente o patina biancastra
K3	320°-350°/55°-65°	0.5-2.0	1.0-4.0	2.0-6.0	Medio-alta Jrc 10	Riempimento roccioso sfatto se molto aperte
K4	20°/60°	<0.5	>2.5	1.0-2.0	Media	Assente o patina biancastra
K5	60°/70°	<0.5	>2.5	0.5-2.0	Media	Assente o patina biancastra

Tabella 2 – Risultati delle misure condotte lungo gli stendimenti geostrutturali: parametri geometrici e di trasmissione degli sforzi.

I metodi utilizzati per la classificazione dell'ammasso roccioso richiedono la conoscenza di alcuni parametri geomeccanici; sono stati utilizzati i seguenti valori:

- resistenza stimata alla compressione uniassiale della roccia intatta: **155 MPa**;
- resistenza media alla compressione, misurata sulle pareti delle discontinuità appartenenti alla K1: **JCS = 120**;
- coefficiente di rugosità medio : **JRC = 8**.

Per la classificazione dell'ammasso roccioso si sono utilizzati l'RMR System (Beniawski 1989) e l'indice di resistenza al taglio di Barton. L'RMR System si basa sul rilievo di sei parametri ad ognuno dei quali è assegnato un peso:

- R1 resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
- R2 indice RQD;
- R3 spaziatura delle discontinuità;
- R4 condizioni delle discontinuità;
- R5 condizioni idrauliche;

- R6 orientamento delle discontinuità.

La classificazione definisce due valori dell'indice RMR:

$$\text{RMR base} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

$$\text{RMR corretto} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6$$

I risultati ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

PARAMETRI	BASE	CORRETTO
RMR	70,9	20,9
CLASSE	II	IV
DESCRIZIONE	Buono	Scadente
ϕ°	40,5	15,5
Q index	19,86	0,07
RSR index	63,7	31,6

Tabella 3 – Risultati della classificazione dell'ammasso roccioso

Per quantificare la resistenza al taglio sulle singole superfici di discontinuità è stato applicato il metodo di classificazione geomeccanica di Barton, che ha generato i seguenti valori di resistenza al taglio e di angolo di attrito:

PARAMETRI BARTON	K1	K2, K3, K4, K5
ϕ°	38°	70°
τ (kPa)	81,17	285,67

Tabella 4 – Risultati del metodo di Barton

Sono stati effettuati tre test di Markland riferiti alla tre orientazioni principali che avrebbero assunto i gradoni allo stato finale di coltivazione:

- A: orientazione N 58° E;
- B: orientazione N 105° E;
- C: orientazione N 165° S.

Sulla base degli stereogrammi su cui si sono effettuati i Test di Markland è stata valutata la stabilità dei tetraedri in roccia: i fattori di sicurezza, i valori angolari tra le discontinuità (angoli d, e), l'angolo di attrito di picco (ϕ_p) ed il relativo valore di K (fattore correttivo) vengono riportati nella tabella seguente.

FAMIGLIE CHE ISOLANO IL TETRAEDRO	ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO ϕ	ANGOLO e	ANGOLO d	FATTORE K	Fc
K1-K5	70°	40°	67°	2.7	3.13
K1-K4	70°	50°	56°	1.9	3.51

Tabella 5 – Risultati verifica di stabilità

I risultati si riferiscono all'utilizzo dell'angolo di attrito pari a 70°, ricavato col metodo di Barton e risultano in ogni caso superiori al valore minimo di 1,3 fissato dal D.M. 11/03/1998.

Ad integrazione della documentazione presentata a corredo del progetto di coltivazione nell'anno 2006, è stato effettuato un nuovo rilievo geostrutturale sulla parte sommitale del versante di cava, nel 2009 (Savasta, 2009).

Sono stati effettuati quattro nuovi stendimenti di lunghezza variabile tra 20 e 30 m, a quote comprese tra 481 e 514 m s.l.m.: ST1, ST2, ST3, ST4.

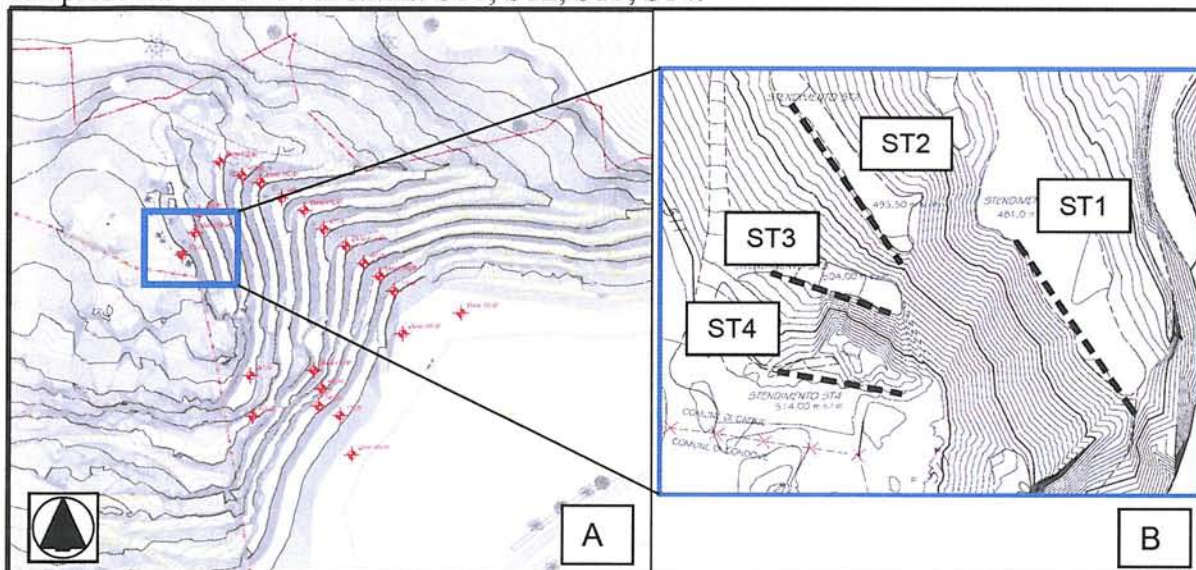


Figura 16 – Ubicazione degli stendimenti geostrutturali (Savasta, 2009). Il rettangolo in blu nello stralcio del rilievo topografico della cava (A) corrisponde al dettaglio con la traccia degli stendimenti geostrutturali (B)

I risultati relativi a tale nuovo rilievo, riportati in Tabella 6, mostrano come le giaciture medie dei principali sistemi di discontinuità siano confrontabili a quelle osservate in occasione del primo rilievo (Tabella 2).

FAMIGLIE	ORIENTAZIONE
K1	140°/75°
K2	240°/72°
K2'	190°/35°
K3	340°/80°
K3'	325°/40°
K4	40°/60°
K5*	190°/85°

Tabella 6 – Giaciture delle principali famiglie di discontinuità (rilievo 2009)

Attraverso il criterio di Barton è stata valutata la resistenza al taglio delle discontinuità, il cui angolo di attrito di picco risulta essere pari a $\phi_p=47^\circ$.

In base ai dati di terreno raccolti nel corso del rilevamento del 2012, eseguito dal personale del gruppo di progettazione TSE3, è stato possibile osservare come le attività di cava interessino i settori più elevati della cava.

Il progetto di ampliamento, messa in sicurezza e recupero ambientale della cava, prevede, in particolare per i gradoni posti alla sommità del fronte di coltivazione, significativi interventi di riprofilatura.

Ai fini della messa in sicurezza del sito in relazione all'attività di realizzazione degli interventi oggetto del presente elaborato, si prescrive un nuovo rilievo geo-strutturale da

condurre al termine delle attività di coltivazione in fase di progettazione esecutiva dell'intervento di risistemazione dell'area di cava. Tale attività dovrà portare all'identificazione sul terreno di tutti i possibili diedri instabili per i quali provvedere al disaggio. Inoltre dovrà essere aggiornato il quadro definito con i test di Markland eseguiti in precedenza, in modo da fornire un quadro aggiornato alla morfologia definitiva dei possibili cinematismi in roccia. Le verifiche di stabilità dei diedri dovranno essere condotte in base a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Costruzione del D.M. 14 gennaio 2008.



Figura 17 – Berma a quota 445 m s.l.m. Mezzi di cantiere impegnati nelle fasi di coltivazione lungo i fronti di cava

8. Caratterizzazione sismica dei terreni

Mediante l'utilizzo del foglio di calcolo *Spettri-NTCver.1.0.3.xls* fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e sulla base del D.M. 14 gennaio 2008 sono stati individuati i parametri sismici riportati nella seguente tabella.

Parametro	Valore	Descrizione
Coordinate UTM ED50	7,331	Longitudine
	45,121	Latitudine
Località	Truc Le Mura	
Comune	Caprie	
Provincia	Torino	
zona sismica	3	DGR 12 dic. 2011, n. 4-3084
Vn	50	Vita nominale opera
Classe d'uso	II	Classe d'uso

Parametro	Valore	Descrizione
Cu	1	Coefficiente classe d'uso
Vr	50	Vita di riferimento
Pvr	10%	Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
Tr	475	Tempo di ritorno
ag	0,116	Accelerazione massima al sito
Fo	2,469	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
Tc	0,260	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
Cat Suolo	E	Categoria sottosuolo (tab. 3.2.II)
β_s	0,200	Coeff. di riduzione (tab. 7.11.I)
Ss	1,600	Amplificazione stratigrafica (tab. 3.2.V)
St	1,200	Amplificazione topografica (tab. 3.2.VI)
S	1,920	eq. 7.11.5
a_{max}	0,223	eq. 7.11.5
Kh	0,045	eq. 7.11.3
Kv	0,022	eq. 7.11.4

Tabella 7 – Risultati della caratterizzazione sismica dell'area di progetto

Sulla base dei dati disponibili è stato scelto, cautelativamente, di considerare il materiale del cumulo come appartenente alla categoria E: *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).*

I parametri Kh e Kv sono quindi utilizzati per la valutazione della sollecitazione sismica in fase di esecuzione delle verifiche di stabilità.

9. Verifica della stabilità del cumulo

Con riferimento agli elaborati progettuali, la verifica di stabilità globale è stata effettuata utilizzando l'applicativo di calcolo Slide 5.025 ed utilizzando il metodo di Morgenstern e Price (Morgenstern & Price, 1967) con le seguenti ipotesi al contorno:

- per la verifica di stabilità globale sono state ipotizzate superfici a geometria circolare;
- in ragione della presenza di un sistema di drenaggio delle acque superficiali e di dreni sub-orizzontali non è prevista la formazione di una falda all'interno del cumulo;
- sono considerate le spinte sismiche orizzontali e verticali;
- le verifiche di stabilità sono state condotte utilizzando i seguenti parametri geotecnici:
 - basamento: $\varphi = 40^\circ$ (RMRb x 0,5 + 5); $c = 354$ kN/m² (RMRb x 5); $\gamma = 26,5$ kN/m³;
 - cumulo: $\varphi = 30^\circ$; $c' = 0$; $\gamma' = 20,0$ kN/m³.

I parametri adottati per il cumulo in progetto sono definiti considerando la composizione media del marino in esubero, che sarà costituito da materiali appartenenti alla classe CI3a, mediamente in percentuale pari al 58% del totale, e alla classe CI2, con percentuale media del 42% (rif. PD2C3BTS30085). Sulla base dei dati di letteratura (Jamiolkowski & Pasqualini, 1976) sono stati pertanto assunti parametri geotecnici proposti.

Il calcolo è stato eseguito ai sensi del DM 14/01/2008, agli stati limite di Vita (SLV) con l'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R2). Pertanto il pendio è stabile se i coefficienti di sicurezza sono superiori a 1,1.

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

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

Tabella 8 – Coefficienti parziali previsti per le azioni o per l'effetto delle azioni previste con l'approccio 1 combinazione 2 (Tabella 6.2.I delle NTC 2008). Il rettangolo rosso indica i coefficienti parziali considerati per le verifiche di stabilità

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

Tabella 9 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno previsti con l'approccio 1 combinazione 2 (Tabella 6.2.II delle NTC 2008). Il rettangolo rosso indica i coefficienti parziali considerati per le verifiche di stabilità

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Tabella 10 – Coefficienti parziali le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (Tabella 6.8.I delle NTC 2008)

9.1 Analisi di stabilità

La verifica è stata condotta per le tre sezioni indicate nella planimetria di progetto (rif. PD2C3BTS30015):

- Sezione AA';
- Sezione BB';
- Sezione CC'.

I risultati della verifica di stabilità sono riassunti nella tabella seguente, dove sono indicati i fattori di sicurezza più bassi per le sezioni in esame. Le sezioni considerate risultano verificate,

Sezione	Fs
AA'	1,176
BB'	1,176
CC'	1,190

Tabella 11 – Valori minimi del fattore di sicurezza per le tre sezioni considerate

I risultati ottenuti sono riferiti a superfici che si localizzano ad una profondità compresa 2,5 m e 2,8 m. Per questi settori, una volta a regime gli interventi di inserimento ambientale, sarà da prevedersi un contributo alle forze resistenti fornito dalla coesione apparente derivante dalla presenza degli apparati radicali degli alberi.

La rappresentazione grafica delle verifiche è riportata nella figura seguente.

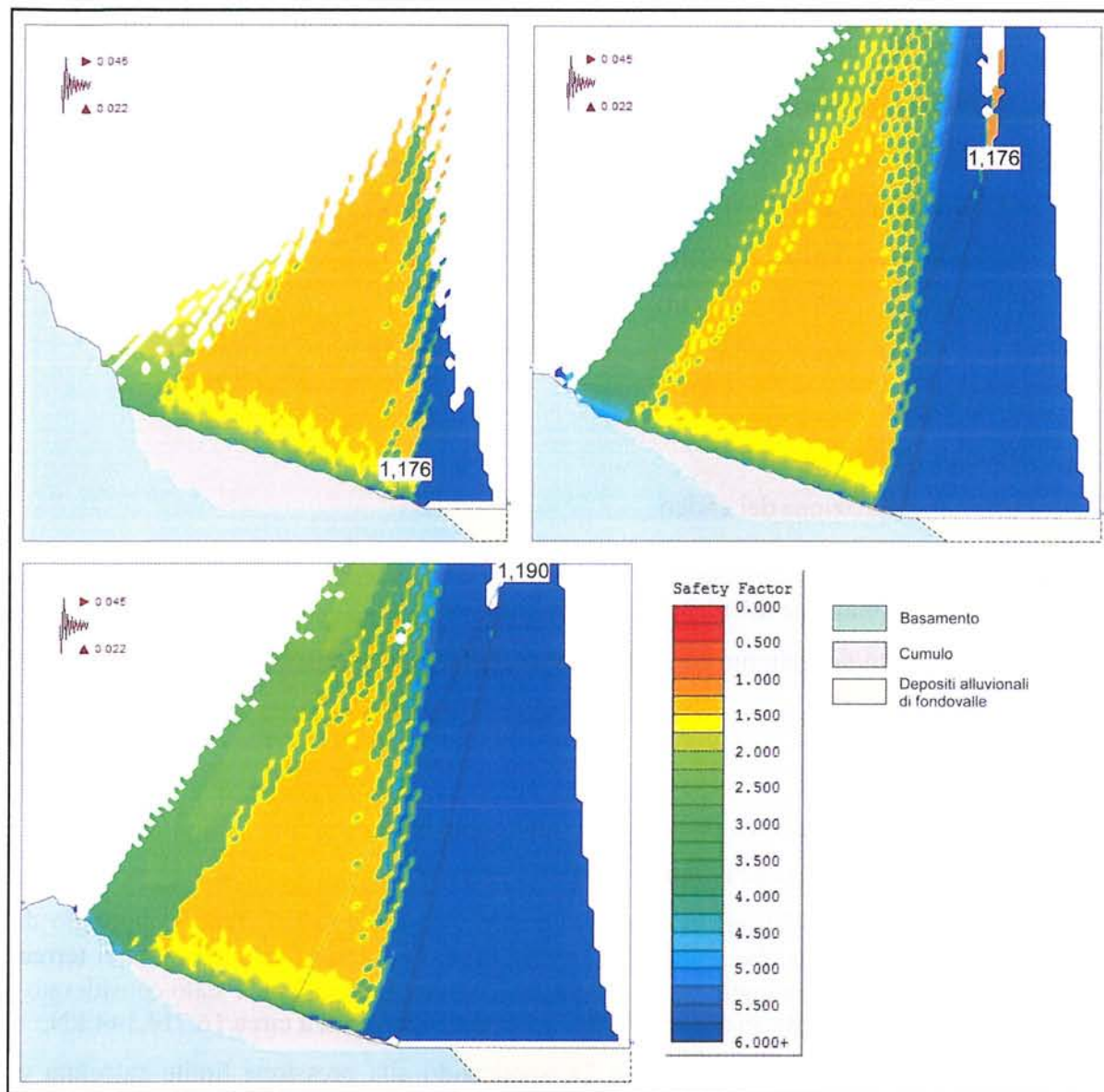


Figura 18 – Rappresentazione grafica dei risultati delle verifiche di stabilità eseguite per le tre sezioni rappresentative della geometria del cumulo da realizzarsi con i materiali di scavo. Il numero in alto a sinistra in ciascun riquadro indicano i valori dei parametri K_h e K_v considerati per tenere conto dell'azione sismica

10. Verifica della capacità portante del terreno di fondazione

Per la verifica della capacità portante del terreno su cui sarà realizzato il cumulo si è scelto di considerare quest'ultimo come appartenente alla categoria A: *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

Le indagini eseguite da LTF nel periodo novembre-dicembre 2012 (sondaggi geotecnici e geofisica tipo MASW) non sono state considerate, anche se i risultati preliminari di cui si dispone sembrano avvalorare i risultati delle indagini precedenti.

In base al D.M. 14/01/2008 per il calcolo della capacità portante è stato adottato l'approccio 2 (A1+M1+R3).

Per la valutazione della pressione limite (ql) in condizioni dinamiche è stata utilizzata la formula di HANSEN:

$$q_l = c N_c S_c D_c I_c G_c B_c + \gamma D N_q S_q D_q I_q G_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma D_\gamma I_\gamma G_\gamma$$

in cui:

ql pressione limite (kpa)

B larghezza della fondazione (m)

D profondità del piano di posa (m)

N_q, N_γ, N_c coefficienti funzione dell'angolo di attrito interno

$S_{c,q,\gamma}$ fattori forma

$D_{c,q,\gamma}$ fattori di profondità

$I_{c,q,\gamma}$ fattori di inclinazione del carico

$G_{c,q,\gamma}$ fattori di inclinazione del pendio

$B_{c,q,\gamma}$ fattori di inclinazione del piano di fondazione

γ, γ' peso specifico del terreno, rispettivamente soprastante e sottostante del piano di posa (kN/m^3)

c coesione (kPa)

La falda è stata considerata coincidente con il piano campagna.

L'inclinazione del piano di posa è stata considerata pari a 0° .

La pressione ammissibile dal terreno è stata verificata considerando l'area di appoggio del cumulo sul piazzale di cava che misura 27.750 m^2 circa. I parametri caratteristici del terreno di appoggio corrispondono a quelli definiti per il basamento. Per i calcoli è stato considerato il peso complessivo del cumulo stimato in $1.704.368 \text{ t}$, corrispondenti a circa $16.714.144 \text{ kN}$.

Ai sensi del D.M. 14/01/2008 (approccio 2), applicando alla pressione limite calcolata un coefficiente di sicurezza pari a 2,3, si ottiene la pressione ammissibile (Q_{amm}) riportata nella tabella seguente.

Approccio A1+M1+R3

SITO	B (m)	L (m)	P (m)	PW (m)	Peso spec.		phi (°)	c (kPa)	eB (m)	eL (m)	lpf (°)	lp (°)	Contr c (kPa)	Contr q (kPa)	Contr. γ (kPa)	P limite (kPa)	F (-)	Pamm (kPa)	
					Sopra (KN/m^3)	Sotto													
Caprie	150	185	0	0	16.7	0	40	354	25	30.83	0	0	45087.1	0.000	23535.5	68622.60	2.3	29835.9	Ed < Rd verificato

Tabella 12 – Pressioni ammissibili l'opera di fondazione calcolata secondo l'approccio 2 (fattore di sicurezza 2,3)

I risultati ottenuti indicano che la pressione ammissibile è superiore a quella esercitata dal carico applicato.

11. Dimensionamento delle opere di gestione delle acque piovane

Le opere di drenaggio previste lungo la superficie del cumulo, per la regimazione delle acque superficiali, sono distinte in tre categorie:

- 5) canalette di drenaggio perimetrali in roccia mediamente lavorata: sezione trapezoidale con base minore 0.66 m, base maggiore 2 m, altezza 1 m, inclinazione delle sponde 56°;
- 6) canalette di drenaggio lungo le berme, alla base delle scarpate in roccia mediamente lavorata: sezione rettangolare con base 1 m, profondità 0,5 m;
- 7) pozzetti di laminazione in calcestruzzo posti all'intersezione tra le canalette perimetrali e quelle lungo le berme: altezza 1,5 m, base quadrata di lato 2 m.
- 8) vasca di sedimentazione per la raccolta delle acque del pendio e tubazione a sezione circolare in calcestruzzo per il recapito delle acque nel corpo idrico ricettore Dora Riparia.

Le canalette lungo le berme presentano un profilo longitudinale a schiena d'asino con spartiacque coincidente con la traccia della sezione BB' (rif. PD2C3BTS30047), così da convogliare le portate verso i margini dello stesso con pendenze medie comprese tra 0,002 e 0,08.

Il dimensionamento delle opere di gestione delle acque piovane è articolato nelle seguenti fasi:

- 4) Analisi idrologica dell'area di progetto;
- 5) Calcolo della portata massima di progetto;
- 6) Verifica in moto uniforme delle sezioni di deflusso delle opere di drenaggio e smaltimento acqua in progetto.

11.1 Analisi idrologica

L'analisi idrologica è condotta in accordo con le indicazioni della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica" (Allegato 1 del PAI). In base alla direttiva la previsione delle piogge intense in una determinata area è definita attraverso la curva di probabilità pluviometrica associata a un dato tempo di ritorno e che definisce valori di altezza di precipitazione in funzione della durata dell'evento.

La curva è definita dalla seguente formula:

$$h(t) = a t^n \quad (\text{eq. 1});$$

i cui parametri a ed n sono riferiti ad uno specifico tempo di ritorno.

A tal fine sono considerati i valori dei coefficiente a ed n relativi all'area di interesse, e corrispondenti alle celle definite dalla direttiva PAI, su un reticolo di 2 km di lato, ed indicate nella tabella seguente.

Cella	Coord. E UTM	Coord. N UTM	a 20	n 20	a 100	n 100	a 200	n 200
AG101	365000	4999000	42,74	0,36	55,19	0,351	60,53	0,348
AG102	365000	4997000	40,82	0,378	52,26	0,373	57,15	0,371
AG103	365000	4995000	40,99	0,4	52,17	0,399	56,95	0,398
AH101	367000	4999000	44,22	0,372	56,97	0,365	62,41	0,362
AH102	367000	4997000	43,2	0,381	55,31	0,377	60,47	0,375
AH103	367000	4995000	42,6	0,397	54,18	0,397	59,1	0,397
AK101	373000	4999000	46,14	0,395	59,26	0,393	64,77	0,392
AK103	373000	4995000	45,73	0,386	58,43	0,385	63,67	0,386
AI101	369000	4999000	44,78	0,385	57,55	0,38	62,97	0,378
AI102	369000	4997000	44,31	0,386	56,69	0,383	61,93	0,383
AI103	369000	4995000	43,8	0,395	55,74	0,395	60,77	0,395
AJ101	371000	4999000	45,4	0,392	58,28	0,389	63,72	0,388
AJ102	371000	4997000	45,1	0,389	57,71	0,387	63	0,387
AJ103	371000	4995000	44,8	0,391	57,1	0,391	62,23	0,392

Tabella 13 – Valori di riferimento considerati per la determinazione dei parametri a ed n delle linee segnalatrici per l'area di progetto.

In base all'interpolazione in ambiente GIS dei dati riportati sono stati definiti i valori dei parametri *a* ed *n* per l'area di progetto in riferimento ai tempi di ritorno 20 anni, 100 anni e 200 anni.

Parametro	Tr 20 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
<i>a</i>	44,06	56,39	61,61
<i>n</i>	0,38	0,38	0,38

Tabella 14 – Valori dei parametri delle curve di probabilità pluviometrica per l'area di progetto riferiti ai tempi di ritorno considerati nello studio.

Al fine di determinare l'altezza di precipitazione da considerare nello studio, la superficie del cumulo in progetto è stata suddivisa in due settori, A e B, che rappresentano i due bacini di raccolta delle acque piovane. Il primo, relativo alla porzione SW del cumulo, è strutturato in modo tale da permettere il convogliamento delle acque meteoriche verso la canaletta posta lungo il margine SW (rif. PD2C3BTS30047), mentre il secondo settore, relativo alla porzione NE del cumulo, è strutturato in modo da convogliare le acque verso la canaletta posta lungo il margine NE.

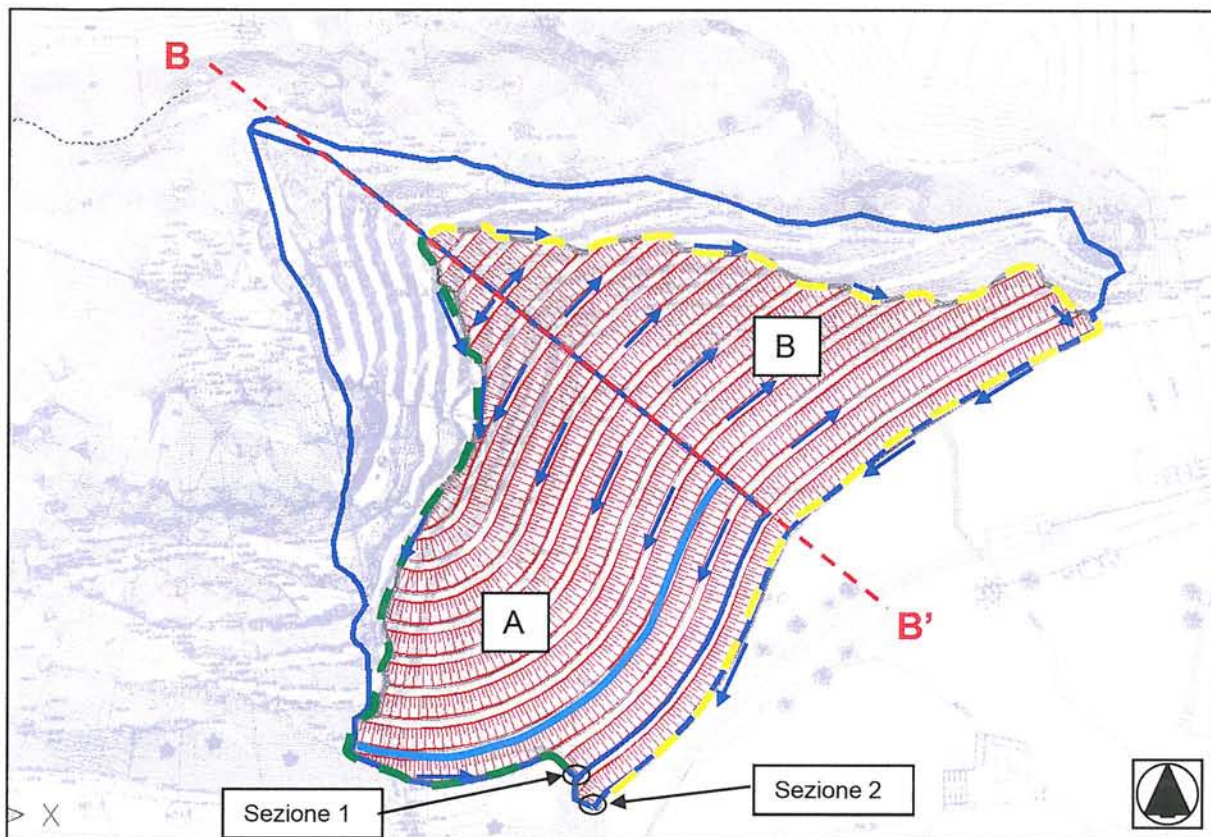


Figura 19 – Limiti dei bacini di raccolta (linee blu) considerati per i calcoli e relative sezioni di chiusura. In rosso è indicata la morfologia del cumulo in progetto. La linea tratteggiata verde indica la canaletta di raccolta acque del margine SW, con indicazione della sezione di chiusura per il bacino del settore A (sezione 1); la linea tratteggiata gialla indica la canaletta di raccolta acque del margine NE-E, con indicazione della sezione di chiusura per il bacino del settore B. La linea azzurra indica la canaletta lungo la berma individuata per la verifica di questa tipologia d'opera di drenaggio. Le frecce blu indicano la direzione di deflusso delle acque superficiali (figura non in scala).

I dati morfometrici dei due bacini sono riportati nella tabella seguente.

Bacino di raccolta A			
Superficie del Bacino	S	km ²	0,04
Lunghezza percorso idraulico principale	L	km	0,4
Altitudine max percorso idraulico	Hmax	(m s.l.m.)	445
Altitudine min percorso idraulico	H0	m (s.l.m.)	368
Pendenza media percorso idraulico	P	(m/m)	0,19
Altitudine max bacino	Hmax	m (s.l.m.)	445
Altitudine sezione considerata	H0	m (s.l.m.)	368
Altitudine media bacino	Hm	m (s.l.m.)	406,5
Dislivello medio bacino	Hm -H0	m	38,5
Bacino di raccolta B			
Superficie del Bacino	S	km ²	0,033
Lunghezza percorso idraulico principale	L	km	0,34
Altitudine max percorso idraulico	Hmax	(m s.l.m.)	445
Altitudine min percorso idraulico	H0	m (s.l.m.)	368
Pendenza media percorso idraulico	P	(m/m)	0,23
Altitudine max bacino	Hmax	m (s.l.m.)	445
Altitudine sezione considerata	H0	m (s.l.m.)	368
Altitudine media bacino	Hm	m (s.l.m.)	406,5
Dislivello medio bacino	Hm -H0	m	38,5

Tabella 15 – Dati morfometrici dei bacini di raccolta A e B.

Sulla base di questi dati viene calcolato il tempo di corrivazione dei due bacini di raccolta sulla base della formula di Giandotti:

$$Tc = \frac{4\sqrt{S}+1,5L}{0,8\sqrt{Hm-H0}} \text{ (eq. 2)}$$

Il tempo di corrivazione del bacino A è pari a 0,28 ore, mentre quello del bacino B è pari a 0,25 ore.

Considerando il tempo di corrivazione come la durata della pioggia critica i valori relativi agli scenari di progetto sono indicati nella tabella seguente.

Bacino A	Tr 20 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
<i>h (mm)</i>	27,24	34,86	38,09
Bacino B	Tr 20 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
<i>h (mm)</i>	25,98	33,25	36,33

Tabella 16 – Valori di precipitazione calcolati per i due bacini di raccolta.

11.2 Calcolo delle portate di progetto

Le portate di progetto sono calcolate a partire dalle precipitazioni definite per i tre scenari di riferimento secondo il metodo razionale, che definisce la portata di piena ad una data sezione come il risultato della seguente equazione:

$$Qc = \frac{cSh}{3,6Tc} \text{ (eq. 3)}$$

dove *h* è la precipitazione di calcolata al punto precedente e *c* è il coefficiente di deflusso che in questo caso è definito pari a 0,5.

In base ai valori definiti per i due bacini di raccolta le portate di progetto per i tempi di ritorno considerati sono indicate nella tabella seguente.

Valore di portata	Q (m ³ /s)
Portata massima attesa (Tr 20 anni)	0,54
Portata massima attesa (Tr 100 anni)	0,69
Portata massima attesa (Tr 200 anni)	0,75

Tabella 17 – Valori delle portate di progetto per il dimensionamento delle canalette perimetrali di scolo delle acque meteoriche per il settore A.

Valore di portata	Q (m ³ /s)
Portata massima attesa (Tr 20 anni)	0,48
Portata massima attesa (Tr 100 anni)	0,61
Portata massima attesa (Tr 200 anni)	0,67

Tabella 18 – Valori delle portate di progetto per il dimensionamento delle canalette perimetrali di scolo delle acque meteoriche per il settore B.

11.3 Verifica delle sezioni delle canalette in condizioni di moto uniforme

11.3.1 Canalette perimetrali

In condizioni di moto uniforme la velocità media V_m è legata alle caratteristiche delle canalette dalla formula di Manning:

$$V_m = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/3} \quad (\text{eq. 4})$$

dove R è il raggio idraulico, dato dal rapporto tra la superficie della sezione S ed il perimetro bagnato P ; I è la pendenza dell'alveo (m/m) e n è il coefficiente di scabrezza di Manning, i cui valori variano in funzione della natura della superficie delle canalette. Per il caso in esame è considerata una canaletta in pietrame di roccia a media lavorazione, per la quale il valore di n è posto pari a 0,05 (Caivano, 2003).

L'area della sezione bagnata cambia in funzione del tirante idraulico (H_t) che è fatto variare tra 0,01 m e 1 m, con passo 0,01 m, ottenendo così 100 valori di velocità media $V_m(H_t)$. Il prodotto della velocità media per l'area bagnata fornisce il valore della portata $Q(H_t)$. La sezione è verificata quando per $Q_c \approx Q(H_t)$ se il tirante idraulico determina una sezione bagnata (A) compatibile (uguale o inferiore) con quella della canaletta in progetto (pari a 1,32 m²).

I calcoli effettuati per la canaletta del margine SW che drena le acque del settore A, considerano i seguenti parametri: sezione trapezoidale (base minore $b = 0,66$ m; inclinazione delle pareti $\alpha = 56^\circ$; profondità massima della canaletta $z = 1,0$ m; pendenza del fondo alveo $i = 0,26$ riferita alla pendenza dell'ultimo tratto della canaletta immediatamente a monte della sezione di chiusura).

I risultati per $Q_c \approx Q(H_t)$, con Q_c riferita ai tempi di ritorno considerati, sono indicati nella tabella seguente.

	Parametro	Valore
Tr 20 anni	Portata critica Q_c	0,54 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,19 m
	Velocità V_m	2,77 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,54 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,20 m ² < 1,32 m ²
	La sezione è verificata	
Tr 100 anni	Portata critica Q_c	0,69 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,23 m
	Velocità V_m	2,99 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,69 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,23 m ² < 1,32 m ²
	La sezione è verificata	
Tr 200 anni	Portata critica Q_c	0,75 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,24 m
	Velocità V_m	3,07 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,76 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,25 m ² < 1,32 m ²
	La sezione è verificata	

Tabella 19 – Valori calcolati per la sezione delle canalette poste lungo il margine SW del settore A.

I calcoli effettuati per le canalette dei margini NE e E che drenano le acque del settore B, considerano i seguenti parametri: sezione trapezoidale (base minore $b = 0,66$ m; inclinazione

delle pareti $\alpha = 56^\circ$; profondità massima della canaletta $z = 1,0$ m; pendenza del fondo alveo $i = 0,008$ riferita alla pendenza dell'ultimo tratto della canaletta immediatamente a monte della sezione di chiusura).

I risultati per $Q_c \approx Q(H_t)$, con Q_c riferita a Tr 200 anni, sono indicati nella tabella seguente.

	Parametro	Valore
Tr 20 anni	Portata critica Q_c	0,48 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,58 m
	Velocità V_m	0,81 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,49 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,60 m ² < 1,32 m ²
	La sezione è verificata	
	Parametro	
Tr 100 anni	Portata critica Q_c	0,61 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,66 m
	Velocità V_m	0,86 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,62 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,72 m ² < 1,32 m ²
	La sezione è verificata	
	Parametro	
Tr 200 anni	Portata critica Q_c	0,67 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,69 m
	Velocità V_m	0,87 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,67 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,77 m ² < 1,32 m ²
	La sezione è verificata	

Tabella 20 – Valori calcolati per la sezione delle canalette poste lungo il margine NE e E del settore B.

Al fine di prevenire l'eventuale deposito di materiale lungo la canaletta dovranno prevedersi attività di ispezione ed eventuale pulizia per il periodo durante di consolidamento degli interventi di inserimento ambientale.

11.3.2 Canalette lungo le berme

Queste canalette drenano il volume di precipitazione della scarpata di monte e della berma lungo cui è realizzata la canaletta. Il volume d'acqua è convogliato verso le canalette perimetrali del cumulo.

La verifica delle dimensioni di progetto è calcolata pertanto verificando le condizioni di deflusso per la canaletta a posta a valle dell'area di drenaggio più grande dell'intero cumulo, in base ai seguenti parametri: sezione rettangolare (base $B = 1$ m; profondità = 0,5; $n = 0,05$). La berma presa in considerazione è posta nel settore B (Figura 19) ed ha una lunghezza di circa 240 m per una pendenza $i = 0,002$. I risultati per $Q_c \approx Q(H_t)$, con Q_c riferita ai tre scenari di riferimento, sono indicati nella tabella seguente.

Tr 20 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Q_c	0,031 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,15 m
	Velocità V_m	0,21 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,030 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,15 m ² < 0,5 m ²
	La sezione è verificata	
Tr 100 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Q_c	0,039 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,18 m
	Velocità V_m	0,23 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,039 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,23 m ² < 0,5 m ²
La sezione è verificata		
Tr 200 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Q_c	0,043 m ³ /s
	Tirante idraulico H_t	0,19 m
	Velocità V_m	0,24 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,044 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,19 m ² < 0,5 m ²
La sezione è verificata		

Tabella 21 – Valori calcolati per la sezione delle canalette lungo le berme.

Le velocità di deflusso calcolate garantiscono il trasporto di materiali variabili da argille, silt e sabbie consentendo così l'autopulizia delle canalette (Figura 20). L'intersezione delle curve della velocità con l'area di erosione non hanno riflessi significativi per lo stato delle canalette in quanto per il loro rivestimento è previsto l'uso di pietrame. Al fine di prevenire l'eventuale deposito di materiale lungo la canaletta dovranno prevedersi attività di ispezione ed eventuale pulizia per il periodo durante di consolidamento degli interventi di inserimento ambientale.

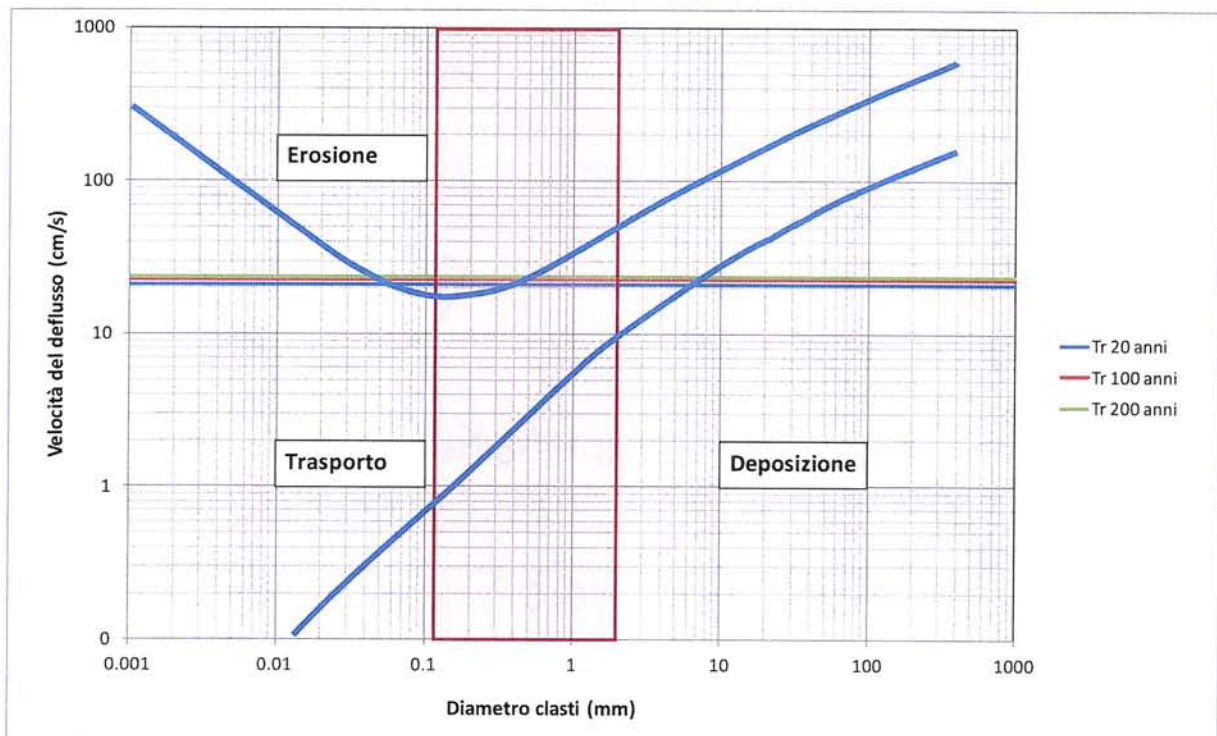


Figura 20 – Grafico delle velocità medie di deflusso lungo le canalette calcolate per i tre scenari di riferimento, in relazione alle condizioni di trasporto, erosione e deposizione definite nel diagramma di Hjulström. L'area in rosso indica l'intervallo granulometrico riferito alle sabbie.

11.3.3 Sistema di scarico delle acque

Le acque drenate dal cumulo e dai versanti in roccia a monte dello stesso sono dirette verso la vasca di decantazione, posta nell'area di scarico del marino localizzata a S del sito di cava, mediante tubazione interrata a sezione circolare in calcestruzzo con diametro interno pari a 0,9 m, lunghezza di circa 340 m e pendenza $i = 0,01$. Per il caso in esame è considerata una canaletta in calcestruzzo, per la quale il valore di n è posto pari a 0,0125 (Caivano, 2003). Per i calcoli si considera una condotta a pelo libero.

La portata da smaltire è data dalla somma delle portate calcolate per i due bacini di raccolta (Tabella 22).

Scenario	Q_A (m ³ /s)	Q_B (m ³ /s)	Q_{tot} (m ³ /s)
Portata massima attesa (Tr 20 anni)	0,54	0,48	1,02
Portata massima attesa (Tr 100 anni)	0,69	0,61	1,30
Portata massima attesa (Tr 200 anni)	0,75	0,67	1,42

Tabella 22 – Portate alla sezione di chiusura del bacino di raccolta del cumulo in progetto: Q_{tot} .

Al fine di verificare la sezione della condotta sono prese in conto le relazioni tra la portata di progetto e quella massima (Q_0) che può defluire attraverso la sezione della condotta (A_0).

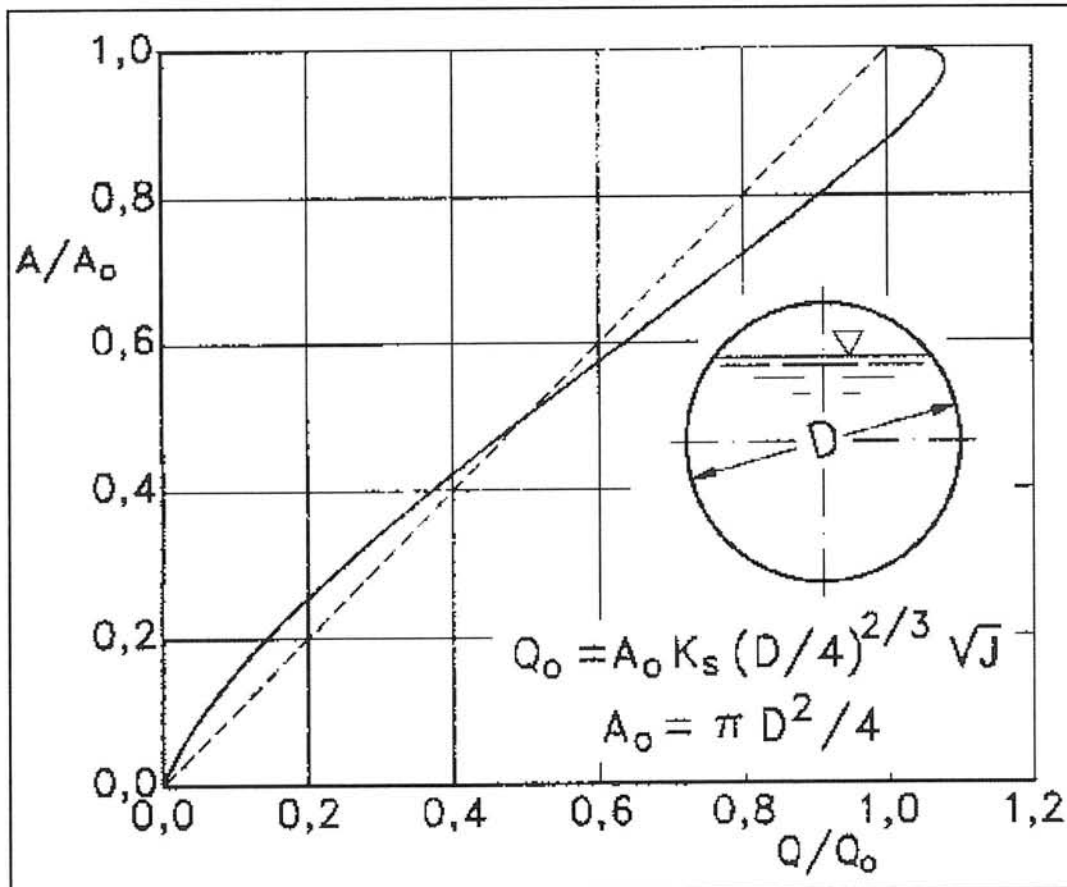


Figura 21 - Andamento della portata in funzione della sezione liquida in una condotta circolare. Q_0 (portata che defluisce per un'area bagnata pari alla sezione della condotta A_0). Q e A sono la portata e l'area bagnata per la sezione liquida considerata.

In base alle relazioni espone in Figura 21, le percentuali della sezione della condotta occupata dall'acqua per i tre scenari di riferimento sono riportate nella tabella seguente e indicano che la sezione della condotta è sufficiente a smaltire le portate di progetto.

Lunghezza condotta (m)	340		
Diametro interno (m)	0,9		
n	0,0125		
i	0,014		
Ao (m²)	0,64		
Qo (m³/s)	2,23		
Scenario di riferimento	Tr 20 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
Portata di progetto (m³/s)	1,01	1,3	1,42
Rapporto Q/Qo	0,46	0,58	0,64
Percentuale di riempimento %	48	55	59
Velocità di deflusso (m/s)	3,44	3,64	3,73

Tabella 23 – Parametri utilizzati per la verifica idraulica della condotta di scarico (parte superiore della tabella). Risultati della verifica: percentuale di riempimento della sezione della condotta e velocità di deflusso in funzione delle portate di progetto (parte inferiore della tabella).

12. Conclusioni

Il presente elaborato è stato redatto al fine di determinare i parametri progettuali del cumulo di materiali di scavo in esubero rispetto ai fabbisogni determinati dalla realizzazione delle opere in progetto.

L'elaborato costituisce pertanto il documento per la progettazione geotecnica dell'intervento di recupero ambientale della cava di proprietà della Soc. Ing. Vito Rotunno srl, sita nel Comune di Caprie. L'intervento proposto consiste nella messa a dimora di materiale di scavo atta alla realizzazione di un cumulo a gradoni, in appoggio agli attuali fronti di coltivazione.

Nell'ambito del piano di utilizzo dei materiali di scavo (rif. PD2C3BTS30084), redatto ai sensi del DM 161 del 10/08/2012, l'area oggetto del presente studio rappresenta un **sito di destinazione** (art. 1, comma 1, lett. n del DM 161 del 10/08/2012). Il sito oggetto di studio interessa un'area soggetta ad attività estrattiva ubicata in località "Truc Le Mura", nel settore occidentale del territorio comunale di Caprie, ad una distanza di circa 500 m dal nucleo abitato principale del comune suddetto, in prossimità del confine con il limitrofo Comune di Condove (TO) sarà raggiunto via treno dalla piana di Susa, dopo un percorso di circa 21 km.

Al fine di valutare la compatibilità dell'intervento con il contesto geologico e geomorfologico dell'area è stato definito il quadro geologico, di pericolosità geomorfologica e il quadro idrogeologico: l'area di cava interessa la propaggine sud-orientale di una dorsale rocciosa che, a partire dal versante in sinistra idrografica del fiume Dora Riparia, si sviluppa con asse circa parallelo a quello vallivo. Le rocce del basamento sono costituite da prasiniti e serpentiniti dell'unità tettonometamorfica bassa Val di Susa – Valli di Lanzo – Monte Orsiera. Relativamente all'area di intervento i terreni quaternari sono rappresentati da depositi alluvionali del fondovalle costituiti da materiali sabbioso-ghiaiosi con subordinati livelli limoso-argillosi. L'area di cava non è stata interessata da eventi alluvionali pregressi e per essa il PAI non indica la presenza di settori in dissesto. La falda risulta ospitata nei depositi alluvionali di fondovalle, con una soggiacenza media di circa 2-3 m dal piano campagna.

Al fine di permettere un'ottimizzazione in termini di volume di materiale destinabile e di inserimento ambientale, la geometria del cumulo è stata definita sulla base dei seguenti criteri:

- caratteristiche morfologiche dell'ammasso roccioso interessato dalla coltivazione nel periodo antecedente all'inizio dell'attività di cava (esame dei documenti cartografici storici della Provincia di Torino);
- limiti di ingombro definiti sulla base della necessità di mantenimento degli impianti esistenti presso il sito (rilievi in campo, esame aerofotogrammetrico);
- sviluppo areale presso il sito di cava delle aree necessarie alle attività di cantiere connesse alla realizzazione del cumulo (dati del progetto definitivo della NLTL);
- definizione di una geometria la cui stabilità non debba essere garantita mediante la realizzazione di opere di sostegno (es. palificate, terre rinforzate, ecc.);
- obiettivi degli strumenti di pianificazione territoriale per l'area entro cui ricade il sito (Piano Territoriale Integrato "Metromontano").

Sulla base dei risultati dello studio delle condizioni del sito prima dell'avvio della coltivazione è stata definita l'area di ingombro del cumulo di progetto. Il limite di ingombro individuato permette inoltre di definire un progetto di risistemazione che non interferisce con l'attuale disposizione degli impianti e degli edifici esistenti presso il sito di cava. Altro elemento guida nella definizione della geometria è il volume da trasferire nel sito di destinazione, che risulta compreso tra 850.000 m³ e 900.000 m³.

Sulla base della geometria definita per il cumulo in progetto sono state condotte le verifiche di stabilità lungo le tre sezioni (AA', BB' e CC') di riferimento (rif. PD2C3BTS30047), ai sensi del DM 14/08/2008, secondo l'approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2). In questa configurazione il pendio è stabile se i coefficienti di sicurezza sono superiori a 1,1. I fattori di sicurezza minimi per le sezioni considerate sono risultati superiori a tale valore.

Per la verifica della capacità portante del terreno su cui sarà realizzato il cumulo e la valutazione della pressione limite (ql) in condizioni dinamiche è stata utilizzata la formula di HANSEN. In base al D.M. 14/01/2008 per il calcolo della capacità portante è stato adottato l'approccio 2 (A1+M1+R3). Ai sensi del D.M. 14.01.2008 (approccio 2), applicando alla pressione limite un coefficiente di sicurezza pari a 2,3, la pressione ammissibile è superiore a quella esercitata dal carico applicato.

Le opere di drenaggio previste lungo la superficie del cumulo, per la regimazione delle acque superficiali, sono distinte in tre categorie:

- 1) canalette di drenaggio perimetrali in roccia mediamente lavorata: sezione trapezoidale con base minore 0,66 m, base maggiore 2 m, altezza 1 m, inclinazione delle sponde 56°;
- 2) canalette di drenaggio lungo le berme, alla base delle scarpate in roccia mediamente lavorata: sezione rettangolare con base 1 m, profondità 0,5 m;
- 3) pozzetti di laminazione in calcestruzzo posti all'intersezione tra le canalette perimetrali e quelle lungo le berme: altezza 1,5 m, base quadrata di lato 2 m.
- 4) vasca di sedimentazione per la raccolta delle acque del pendio e tubazione a sezione circolare in calcestruzzo per il recapito delle acque nel corpo idrico ricettore Dora Riparia.

Il dimensionamento delle opere di gestione delle acque piovane è articolato nelle seguenti fasi:

- 1) Analisi idrologica dell'area di progetto (Tr 20 anni, Tr 100 anni, Tr 200 anni);
- 2) Calcolo della portata massima di progetto;
- 3) Verifica in moto uniforme delle sezioni di deflusso delle opere di drenaggio e smaltimento acqua in progetto.

L'analisi idrologica è condotta in accordo con le indicazioni della “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica” (Allegato I del PAI). Sulla base delle portate di progetto calcolate, le sezioni dei manufatti elencati in precedenza risultano verificate.

13. Bibliografia

- Caivano, A. M., 2003. *Rischio idraulico e idrogeologico*. Roma: Epc Libri.
- Jamiolkowski, M. & Pasqualini, E., 1976. *Sulla determinazione e scelta dei parametri geotecnici che intervengono nelle verifiche di stabilità dei pendii naturali e artificiali*, Torino: Politecnico di Torino.
- Magnetti, R. & Rossello, E., 2006. *Ampliamento per la messa in sicurezza e recupero finale (Anno 2006) - Relazione geologica-tecnica*, Torino: Ing. Vito Rotunno srl.
- Morgenstern, N. & Price, V., 1967. A numerical method for solving the equations of stability of general slip surfaces. *Computer Journal*, Volume 9, p. 388–393.
- Savasta, G., 2009. *Autorizzazione, messa in sicurezza e recupero finale della cava di serpentino sita in località "Truc Le Mura" - Relazione geologico-tecnica: verifiche gradoni sommitali di cava. Integrazioni dicembre 2009*, Torino: Ing. Vito Rotunno srl.
- Savasta, G., 2011. *Autorizzazione, messa in sicurezza e recupero finale della cava di serpentino sita in località "Truc Le Mura" - Relazione geologico-tecnica: verifiche gradoni sommitali di cava. Integrazioni giugno 2011*, Torino: Ing. Vito Rotunno srl.