



STUDIO TECNICO ASSOCIATO

Corso Trapani, 39 - 10139 TORINO

Tel. 011 / 447 07 00 (r.a.) - Fax 011 / 447 16 38

E-mail: info@geostudiotorino.it C. F. e P.I. 04664840016

**Cava di sabbia e ghiaia
in località “C.na Sardegna”
del Comune di Asti (AT).**

Rinnovo autorizzativo ex L.R. n. 23/2016.

RELAZIONE TECNICA.

Proponente:

ASTI CAVE S.r.l.

fraz. Perosini

14010 ANTIGNANO (AT)

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1. OGGETTO DELL'ISTANZA EX L.R. 23/2016	3
1.2. ELENCO DELLA DOCUMENTAZIONE GIÀ PRESENTATA PER IL RILASCIO DELL'AUTORIZZAZIONE, DA RITENERSI ANCORA VALIDA	5
2. INQUADRAMENTO GENERALE: AMBIENTALE, PAESISTICO E TERRITORIALE	7
2.1. UBICAZIONE E LOCALIZZAZIONE TOPOGRAFICA	7
2.2. TERRENI OGGETTO DELL'ISTANZA	10
3. RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI DI COLTIVAZIONE MINERARIA	11
3.1. CRONISTORIA AMMINISTRATIVA DELL'INTERVENTO ESTRATTIVO	11
3.2. SUDDIVISIONE DEI TERRENI DI CAVA E ARTICOLAZIONE DEGLI SCAVI ESTRATTIVI	12
3.3. STATO ATTUALE DELL'AREA DI CAVA	16
3.4. SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE MINERARIA E CUBATURE ESTRAIBILI	17
3.5. EVOLUZIONE TEMPORALE E TOPOGRAFICA DEGLI SCAVI	19
4. RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI DI RECUPERO AMBIENTALE	21
4.1. LINEE PROGETTUALI DEL RECUPERO AMBIENTALE	21
4.2. SPECIFICHE TECNICHE DEL RECUPERO AMBIENTALE	23
4.2.1. <i>Ripristino agrario</i>	23
4.2.2. <i>Siepi campestri</i>	28
4.2.3. <i>Inerbimenti tecnici delle scarpate</i>	30
4.2.4. <i>Piantagione di alberi isolati</i>	31
4.3. STATO DI AVANZAMENTO DEL RECUPERO AMBIENTALE	32
5. RELAZIONE GEOMECCANICA E GEOTECNICA	35
5.1. ANALISI DELLA PROBLEMATICHE (VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO)	35
5.2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO	36
5.2.1. <i>Condizioni stratigrafiche</i>	36
5.2.2. <i>Indagini geognostiche</i>	38
5.2.3. <i>Interpretazione dei risultati delle indagini geognostiche</i>	40
5.2.3.1. Inquadramento ad ampia scala	40
5.2.3.2. Interpretazione dei dati rilevati in sito	46
5.2.4. <i>Determinazione dei parametri geotecnici</i>	50
5.3. ANALISI SISMICA	53

5.3.1. Inquadramento normativo.....	53
5.3.2. Azione sismica propria dei terreni in esame secondo le NTC.....	54
5.3.2.1. Finalità e principi della zonazione sismica.....	54
5.3.2.2. Stati limite di riferimento.....	55
5.3.2.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	56
5.3.3. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.....	59
5.3.4. Azione sismica locale.....	61
5.4. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO A FINE COLTIVAZIONE.....	64
5.4.1. Problematiche generali.....	64
5.4.2. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato.....	65
5.4.2.1. Verifica analitica mediante programma di calcolo.....	65
5.4.2.2. Metodo dei conci.....	66
5.4.2.3. Metodo di Morgenstern e Price.....	67
5.4.3. Risultati dell'analisi di stabilità.....	68
6. RELAZIONE DI ADEMPIMENTO ALLE PRESCRIZIONI AUTORIZZATIVE	70
6.1. PRESCRIZIONI RELATIVE ALLA COLTIVAZIONE MINERARIA ED AL RECUPERO AMBIENTALE	70
6.2. PROSECUZIONE DELLE MISURE PIEZOMETRICHE.....	71
6.3. MONITORAGGIO ANNUO DELLA CONSISTENZA DEI CUMULI DI TERRENO VEGETALE PRESENTI IN CAVA	73
6.4. AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI GESTIONE DEI RIFIUTI ESTRATTIVI.....	75
6.4.1. Inquadramento amministrativo della tematica.....	75
6.4.2. Finalità del Piano di Gestione	77
6.4.3. Individuazione delle tipologie di rifiuti estrattivi.....	79
6.4.4. Gestione e monitoraggio delle strutture di deposito	82
6.4.4.1. Modalità di gestione e accantonamento dei rifiuti di estrazione	82
6.4.4.2. Struttura di deposito dei rifiuti di estrazione	83
6.4.4.3. Procedure di controllo e di monitoraggio delle strutture di deposito	84

1. PREMESSA

1.1. Oggetto dell'Istanza ex L.R. 23/2016

In ottemperanza alle disposizioni della L.R. n. 23 del 17 novembre 2016 “*Disciplina delle attività estrattive: disposizioni in materia di cave*” (B.U. 21 novembre 2016, 1° suppl. al n. 46), che ha sostituito la precedente L.R. 22.11.1978 n. 69 “*Coltivazione di cave e torbiere*”, è stata redatta la presente relazione tecnica, a corredo dell'Istanza per il rinnovo, ai sensi della L.R. suddetta, dell'autorizzazione per l'esercizio dell'attività estrattiva nella cava di sabbia e ghiaia sita in località “C.na Sardegna” del Comune di Asti (AT), che viene presentata dalla ASTI CAVE S.r.l., con sede legale e domicilio fiscale in fraz. Perosini, 14010 ANTIGNANO (AT), P.I. 00094900057, e per essa il Legale Rappresentante Sig. Giovanni Dente, nato a Costigliole d'Asti (AT) il 02.04.1940, e residente in c.so Alba, 276/F, 14100 – Asti.

Gli allegati annessi a questa relazione, ai sensi e per gli effetti delle disposizioni previste dalla Legge Regionale sopra menzionata, costituiscono parte integrante a corredo dell'Istanza di autorizzazione, ai sensi della suddetta L.R. 23/2016, per il completamento dei lavori di coltivazione mineraria nella cava di sabbia e ghiaia sita in località “Cascina Sardegna” nel territorio del Comune di Asti (AT).

Il presente progetto tiene preventivamente conto delle indicazioni tecniche generali fornite dagli Uffici Competenti nell'ambito delle precedenti autorizzazioni per l'attività estrattiva: l'attività estrattiva nella cava in esame, infatti, è stata precedentemente autorizzata dal Comune di Asti, ex L.R. 69/78, con la Decisione Dirigenziale n. 637, in data 15.06.2011, a firma del Dirigente dell'Ufficio Servizio alle Imprese del Settore Sportello Unico, Attività Economiche e Ambiente del Comune di Asti, a seguito del giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso dal Servizio Ambiente – Ufficio Area Progettuale Ambientale della Provincia di Asti, ai sensi della L.R. 40/98, con la Determinazione Dirigenziale n. 743/2011, in data 15.02.2011, aggiornato dall'Ente medesimo con la successiva Determinazione Dirigenziale n. 1377/2011, in data 22.03.2011, sulla base del nulla osta idraulico espresso dall'AIPO – Ufficio Operativo di Alessandria, con nota prot. n. 9.529 dell'11.03.2011.

A seguito di successiva istanza di rinnovo, presentata nel dicembre 2012, è poi stato autorizzato il rinnovo e l'ampliamento della coltivazione mineraria, così da completare la Fase 1 e dare avvio alla successiva Fase 2 previste dal progetto a suo tempo presentato ed approvato ai sensi della L.R. 40/98: tale l'autorizzazione è stata rilasciata, ai sensi della allora L.R. 69/78 (ora sostituita dalla L.R. 23/2016), dal Settore urbanistica, Sportello Unico e Attività Produttive, Ufficio S.U.A.P. del Comune di Asti con “Provvedimento Conclusivo” n. 68 del 16.09.2014, notificato in data 26.06.2019, vista la Determinazione Dirigenziale n. 1423 in data 01.09.2014 del Comune di Asti – Settore Urbanistica, Sportello Unico e Attività Produttive – Servizio alle Imprese, e con scadenza al 29.08.2019.

Al momento attuale, nel periodo intercorso, a causa del prolungarsi della fase di stagnazione economica e di conseguenze riduzione dei ritmi produttivi, l'intervento estrattivo ha avuto uno sviluppo inferiore a quanto inizialmente previsto.

E' stata pertanto redatta la presente relazione tecnico-illustrativa, per conto della ASTI CAVE S.r.l., a corredo dell'istanza di rinnovo autorizzativo che viene presentata, ai sensi della L.R. 23/2016 (che ha sostituito la precedente L.R. 69/78), per procedere al completamento del progetto complessivo di coltivazione mineraria e recupero ambientale.

Il progetto qui proposto costituisce il naturale e logico proseguimento, senza alcuna modifica rispetto a quanto già autorizzato e da implementare per un arco temporale della durata di cinque anni, del programma estrattivo contemplato e descritto nel progetto di coltivazione mineraria e recupero ambientale a suo tempo approvato ed autorizzato dagli Uffici Competenti ed al quale si rimanda per ogni ulteriore dettaglio.

Per gli scavi viene infatti richiesta un'autorizzazione di durata quinquennale (5 anni), al fine di consentire il completamento della coltivazione mineraria e del recupero ambientale.

L'attività mineraria verrà esclusivamente condotta in virtù dell'autorizzazione stessa, da concedersi ai sensi della L.R. 23/2016 e nel rispetto delle norme di legge vigenti (D.P.R. 9 aprile 1959, n. 128, sulle Norme di Polizia delle Miniere e delle Cave; D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547, e 19 marzo 1956, n. 302, sulle Norme di Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro e di Igiene e Sicurezza del Lavoro; D.Lgs. 25.11.1996, n. 624 *“Attuazione della direttiva 92/91/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive per trivellazione e della direttiva 92/104/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive a cielo aperto o sotterranee”*, come pure il D.Lgs. 09.04.2008 n. 81 *“Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”*).

Per tutto quanto non descritto nella presente relazione, con annessi elaborati grafici, si fa esplicito riferimento a quanto illustrato nella documentazione e negli elaborati allegati al progetto di coltivazione mineraria (con relativo Studio di Impatto Ambientale) a suo tempo presentato ed approvato ex L.R. 40/98 e successivamente rinnovato.

1.2. Elenco della documentazione già presentata per il rilascio dell'autorizzazione, da ritenersi ancora valida

Ai sensi di quanto previsto al punto D1.b dell'Allegato D al D.P.G.R. 2 ottobre 2017, n. 11/R - Regolamento regionale recante: *“Attuazione dell'articolo 39 della legge regionale 17 novembre 2016, n. 23 in materia di attività estrattive”*, si riporta nel seguito l'elenco della documentazione già presentata per il rilascio delle precedenti autorizzazioni, da ritenersi ancora valida e non oggetto di nuova presentazione.

- Progetto preliminare e definitivo (giugno 2009):
 - Progetto preliminare;
 - Relazione tecnica;
 - Tav. 1 – Estratto di mappa catastale;
 - Tav. 2 - Planimetria stato attuale (aggiornamento topografico in data 23.12.2006);
 - Tav. 3 - Planimetria stato finale – Fase 1;
 - Tav. 4 - Planimetria stato finale – Fase 2;
 - Tav. 5 - Sezioni A-A, B-B, C-C - Stato attuale, massimo scavo e stato finale;
 - Tav. 6 - Planimetria di recupero ambientale;
 - Tav. 7 - Sezioni di recupero ambientale – Sezz. A'-A', B'-B', C'-C';
 - Tav. 8 – Carta dell'uso del suolo;
 - Tav. 9 – Carta degli ecosistemi e della vegetazione;
 - Piano di Gestione dei Rifiuti di Estrazione.

- Studio di impatto ambientale (giugno 2009):
 - Quadro Programmatico;
 - Quadro Progettuale;
 - Quadro Ambientale;
 - Sintesi in linguaggio non tecnico.

- Integrazioni (novembre 2010):
 - Relazione tecnica integrativa;
 - Studio idraulico;
 - Tav. 1 int – Estratto di mappa catastale;
 - Tav. 2 int – Planimetria stato attuale con tracciato stradale di P.R.G.C.;
 - Tav. 3 int – Planimetria stato finale Fase 1 – Vincolo ex art. 104 D.P.R. 128/59;
 - Tav. 4 int – Planimetria stato finale Fase 2 – Deroga ex art. 104 D.P.R. 128/59;
 - Tav. 5 int – Sezioni A-A, B-B, C-C - Stato attuale, massimo scavo e stato finale;
 - Tav. 6 int – Planimetria di recupero ambientale fase 2;
 - Tav. 10 int – Planimetria di recupero ambientale fase 1.

- Progetto di rinnovo ed ampliamento (dicembre 2012):
 - Relazione tecnica
 - Tav. 1 – Estratto di mappa catastale;
 - Tav. 2 - Planimetria stato attuale (rilievo aerofotogrammetrico in data 23.12.2006 con aggiornamento topografico a terra dell'ottobre 2012);
 - Tav. 3 - Planimetria stato finale;
 - Tav. 4 - Sezioni A-A, B-B, C-C - Stato attuale, massimo scavo e stato finale;
 - Tav. 5 - Planimetria di recupero ambientale;
 - Tav. 6 - Sezioni di recupero ambientale – Sezz. A'-A', B'-B', C'-C', D'-D'.

- Integrazioni (novembre 2013):
 - Relazione tecnica integrativa;
 - Tav. 1 int – Estratto di mappa catastale con individuazione vincoli territoriali;
 - Tav. 2 int - Planimetria stato attuale con individuazione vincoli territoriali;
 - Tav. 3 int - Planimetria stato finale;
 - Tav. 4 int - Sezioni A-A, B-B, C-C, D-D - Stato attuale, massimo scavo e stato finale;
 - Tav. 5 int - Planimetria di recupero ambientale;
 - Tav. 6 int - Sezioni di recupero ambientale – Sezz. A'-A', B'-B', C'-C';
 - Tav. 7 int – Canalette di raccolta – Planimetria quotata.

- Prescrizioni integrative (luglio 2014):
 - Relazione;
 - Tav. 1 agg – Estratto di mappa catastale con individuazione vincoli territoriali;
 - Tav. 2 agg - Planimetria stato attuale con individuazione vincoli territoriali;
 - Tav. 3 agg - Planimetria stato finale;
 - Tav. 4 agg - Sezioni stato attuale e finale in corrispondenza alla viabilità.

2. INQUADRAMENTO GENERALE: AMBIENTALE, PAESISTICO E TERRITORIALE

2.1. Ubicazione e localizzazione topografica

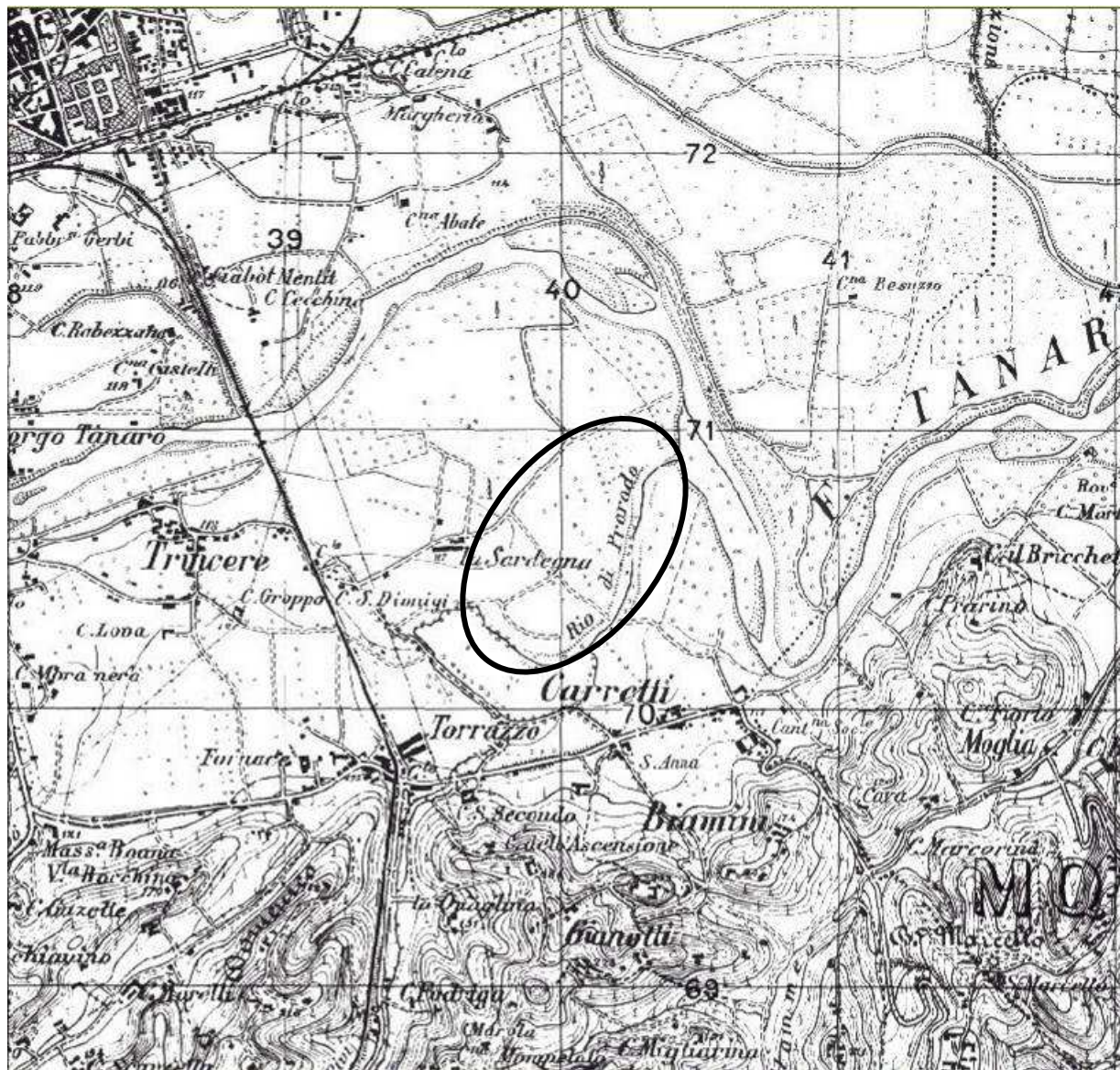
L'attività estrattiva oggetto della presente istanza di rinnovo autorizzativo interessa un'area sita nella pianura alluvionale del fiume Tanaro e posta in sponda orografica destra, in territorio del Comune di Asti (AT), in prossimità del confine con il limitrofo Comune di Azzano.

La località sede dell'escavazione è individuabile nella Tavoletta I S.O. "Rocca d'Arazzo" del Foglio 69 "Asti" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare.

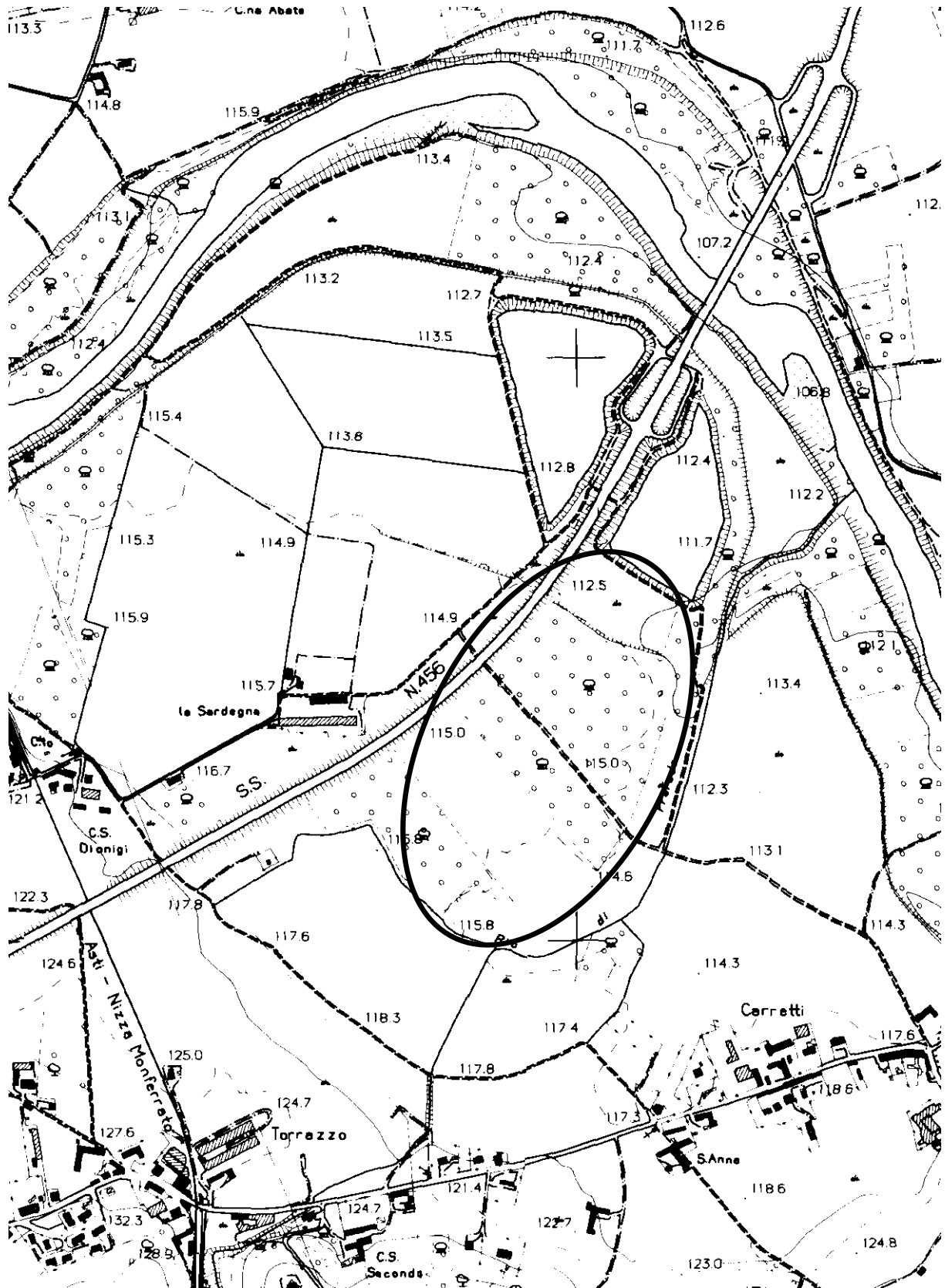
Il baricentro dell'area richiesta in autorizzazione corrisponde alle seguenti coordinate U.T.M.: 32T MQ 4000 7050 (Cfr.: Allegato estratto della tavoletta I.G.M. I S.O. "Rocca d'Arazzo"), mentre per un inquadramento topografico più dettagliato si può fare riferimento alla Sezione n. 175.110 della Carta Tecnica Regionale, edita dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte in scala 1:10.000 (Cfr.: Allegato estratto Carta Tecnica Regionale, Sez. n. 175.110).

La quota assoluta del terreno interessato dagli scavi è, indicativamente, di circa 115 m s.l.m. (riferimento: altimetria della CTR); i terreni di cava appartengono ad un territorio che ha un andamento pressoché pianeggiante, movimentato da irregolarità topografiche locali, dovute a terrazzamenti fluviali o a precedenti attività estrattive.

La zona che si intende scavare è alquanto discosta dalle abitazioni vicine, trovandosi in un'area decisamente marginale rispetto al centro abitato di Asti, le cui propaggini sono poste circa 1,5 km a Nord-Ovest, sulla sponda idrografica opposta del f. Tanaro.



Estratto Tav. I.G.M. I S.O. "Rocca d'Arazzo", F° 69 "Asti".
Scala 1:25.000



Estratto Carta Tecnica Regionale, Sezione n. 175.110.
Scala 1:10.000.

2.2. Terreni oggetto dell'Istanza

L'autorizzazione per il proseguimento dell'attività estrattiva è richiesta, senza alcuna modifica rispetto a quanto già autorizzato, su di un'area posta nel territorio del Comune di Asti, in loc. C.na Sardegna.

Nel dettaglio, la coltivazione mineraria è prevista sulle particelle catastali di seguito elencate, come riportato nell'allegata planimetria catastale (Cfr.: Tav. 1 - Estratto di mappa catastale): mappali n. 40, 42, 43, 203, 204, 205, 206, 207 e 208 del F° CX e n. 3, 4, 146, 147, 396, 397, 398, 399 e 400 del F° CXI “Asti”, per un'estensione catastale di circa 328.840 m². La suddetta planimetria catastale è stata aggiornata in funzione degli ultimi frazionamenti intercorsi: i mappali n. 396, 397 e 398 del F° CXI derivano dalla suddivisione del precedente mappale 206, mentre i mappali n. 399 e 400 del medesimo F° CXI derivano dal frazionamento del precedente mappale n. 207.

I terreni in parola confinano rispettivamente alle seguenti coerenze, in senso orario:

- Nord: con il sedime dell'Autostrada Asti – Cuneo e con l'alveo del f. Tanaro;
- Est: con i mappali n. 131, 11, 130, 9, 8, 7, 139, 162, 6, 5, 138, 44 e 51 del F° CXI “Asti”;
- Sud: con i mappali n. 150, 149, 145, 142, 141, 139, 138, 137, 44, 128, 127, 235, 126, 125, 206, 124, 123, 204, 203, 122, 121, 120, 119, 118, 117 del F° CIX “Asti”;
- Ovest: con i mappali n. 30 e 91 del F° CX “Asti” e con il sedime dell'Autostrada (o “Superstrada”) Asti - Cuneo.

I terreni in parola sono in disponibilità alla Asti Cave S.r.l..

3. RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI DI COLTIVAZIONE MINERARIA

3.1. Cronistoria amministrativa dell'intervento estrattivo

La presente relazione è relativa all'istanza di rinnovo autorizzativo per il completamento della coltivazione mineraria e del recupero ambientale nella cava di sabbia e ghiaia denominata "C.na Sardegna", sita in località omonima del Comune di Asti (AT).

L'attività estrattiva nella cava in esame era stata inizialmente autorizzata dal Comune di Asti, ex L.R. 69/78, con la Decisione Dirigenziale n. 637, in data 15.06.2011, a firma del Dirigente dell'Ufficio Servizio alle Imprese del Settore Sportello Unico, Attività Economiche e Ambiente del Comune di Asti, a seguito del giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso dal Servizio Ambiente – Ufficio Area Progettuale Ambientale della Provincia di Asti, ai sensi della L.R. 40/98, con la Determinazione Dirigenziale n. 743/2011, in data 15.02.2011, aggiornato dall'Ente medesimo con la successiva Determinazione Dirigenziale n. 1377/2011, in data 22.03.2011, sulla base del nulla osta idraulico espresso dall'AIPO – Ufficio Operativo di Alessandria, con nota prot. n. 9.529 dell'11.03.2011.

Nel dicembre 2012, era poi stata presentata, dalla ASTI CAVE S.r.l., apposita istanza per il rinnovo e l'ampliamento dei lavori di coltivazione mineraria e di recupero ambientale nella cava medesima; nello specifico, oggetto dell'istanza era il proseguimento della coltivazione mineraria (e del contestuale recupero ambientale) così da completare la Fase 1, già autorizzata ex L.R. 69/78 nel 2011, e da dare avvio alla successiva Fase 2, previste dal progetto a suo tempo presentato ed approvato ai sensi della L.R. 40/98.

L'iter istruttorio ai sensi della allora L.R. 69/78 si è concluso con la Conferenza dei Servizi tenutasi, in data 12.12.2013, presso il Servizio Ambiente dell'Area Territorio della Provincia di Asti, nella quale è stato espresso il parere favorevole in merito all'istanza di rinnovo ed ampliamento dell'attività estrattiva nella cava in oggetto, così che l'autorizzazione ai sensi della L.R. 69/78 è stata rilasciata dal Settore urbanistica, Sportello Unico e Attività Produttive, Ufficio S.U.A.P. del Comune di Asti con "Provvedimento Conclusivo" n. 68 del 16.09.2014.

3.2. Suddivisione dei terreni di cava e articolazione degli scavi estrattivi

L'area oggetto dell'istanza di rinnovo autorizzativo ex L.R. 23/2016 (che ha sostituito la precedente L.R. 69/1978) è costituita da una serie di terreni posti nella piana di fondovalle del f. Tanaro, in sponda destra del corso d'acqua, in territorio del Comune di Asti.

I terreni sul fondovalle mostrano un andamento sub-pianeggiante, con una quota topografica media compresa tra circa 110 e 115 m s.l.m.; il corso d'acqua, in corrispondenza dei terreni interessati dall'attività estrattiva, si imposta ad una quota del pelo libero di circa 103 - 104 metri s.l.m.; esso risulta delimitato da sponde alte sino a 7÷8 metri, anche se localmente il dislivello risulta ripartito tra diverse scarpate di altezza minore, con fasce di terreno a diversa altezza.

La quota dei terreni interessati dal progetto di cava è quindi sopraelevata mediamente di una decina di metri rispetto al pelo libero del fiume Tanaro; prima dell'avvio dell'intervento estrattivo, i terreni stessi erano adibiti a colture agricole.

Presso la zona in esame, l'estremità settentrionale dei terreni in disponibilità alla Società Istante, in prossimità del f. Tanaro, mostra le tracce di precedenti interventi estrattivi, condotti nei decenni trascorsi come "cava di prestito" a corredo della realizzazione dell'attuale Superstrada Asti – Cuneo (inizialmente realizzata come "Variante alla S.S. 456"): si notano infatti due ampie depressioni, poste simmetricamente rispetto al sedime della Superstrada, derivanti da vecchi scavi estrattivi.

A nord – ovest (lato monte) della Superstrada, lo scavo è occupato da un ampio specchio d'acqua, mentre a sud – est (lato valle) del rilevato stradale, in corrispondenza all'estremità settentrionale dei terreni di cava, lo specchio d'acqua che un tempo occupava gli scavi si è progressivamente interrato (anche per effetto del materiale depositatosi dalle acque di esondazione durante gli eventi alluvionali del novembre 1994 e del novembre 2016), e oggi ne rimane traccia sotto forma di un'ampia depressione morfologica, occupata da vegetazione insediatasi spontaneamente, con specchi d'acqua localizzati e di dimensioni minori, di estensione variabile stagionalmente.

Nell'ambito del progetto estrattivo a suo tempo presentato ed approvato ex L.R. 40/98, l'intervento principale di coltivazione mineraria è previsto sulla restante parte dei terreni in disponibilità: si tratta di un'area di forma sub-ellissoidale, allungata in direzione SW-NE, compresa tra il rilevato della Superstrada AT-CN a ovest ed un fosso colatore a sud e ad est.

Quest'ultimo, riportato sulle mappe catastali con il toponimo di "Fosso di Prarado", è costituito da un fosso di scolo privo di un suo proprio sedime catastale, e che descrive un percorso curvilineo, contornando i terreni di cava sul lato meridionale e su quello orientale, per deviare poi verso nord-est, andando a confluire nel f. Tanaro all'altezza dell'estremità settentrionale dei terreni in disponibilità.

Il "Fosso di Prarado" non risulta riportato nell'elenco delle "acque pubbliche": come indicato anche negli elaborati del P.R.G. del Comune di Asti (consultati *on-line* sul sito *web* della Città di Asti), esso non risulta pertanto sottoposto a vincolo ai sensi del D.Lgs. n. 42/2004, in base

al quale (Cfr.: art. 142, lettera c), sono soggetti a vincolo paesaggistico *“i fiumi, i torrenti ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna”*.

L'area in disponibilità alla Società Istante è poi interessata dalla presenza di una pista sterrata (attualmente obliterata per effetto dei lavori agricoli) che attraversava con un tracciato sinuoso (secondo quanto riportato sulle mappe catastali) il settore centro- meridionale dei terreni di cava: la pista in parola, indicata sulle mappe catastali come *“strada campestre della Cascina Sardegna”*, collegava quest'ultima con la località Carretti, costituita da un nucleo rurale posto circa 400 m a sud-est del sito di cava.

Nei decenni trascorsi, a seguito della realizzazione della variante alla S.S. 456, poi divenuta l'attuale *“Superstrada Asti – Cuneo”*, il rilevato di quest'ultima ha interrotto molte delle strade poderali presenti sul fondovalle, la cui continuità (e fruibilità) è ora funzione della presenza di alcuni sottopassi nel rilevato autostradale: la pista suddetta, come riportato anche sulla cartografia CTR, ha assunto pertanto un tracciato più rettilineo, che corre grosso modo in corrispondenza del confine tra i mappali n. 3 e 146 del F° CXI.

E' bene ricordare che la pista in parola è riportata sulle mappe catastali con un segno grafico costituito da una doppia linea tratteggiata, ad indicare che la medesima non ha un proprio sedime, bensì rappresenta un diritto di passaggio a favore dei proprietari dei terreni limitrofi.

Nell'ambito del primo progetto estrattivo a suo tempo presentato, il tracciato rettilineo della *“strada campestre”*, lungo il confine tra i mappali n. 3 e 146, era stato assunto come delimitazione tra il Lotto 1 (a nord) ed il Lotto 2 (a sud) della cava.

Prima dell'avvio degli scavi estrattivi, nel settore centro – settentrionale dell'area richiesta in autorizzazione era inoltre presente una scarpata che attraversava trasversalmente i terreni stessi, diretta da WNW verso ESE ed alta un paio di metri: si tratta di una traccia morfologica residua di modellamento fluviale, associata alle divagazioni storiche del f. Tanaro e già riportata sulla cartografia CTR, sulla quale la si può riconoscere nel suo proseguimento verso NW, oltre il tracciato della Superstrada AT-CN (prosecuzione poi obliterata per effetto di interventi estrattivi).

Nell'ambito del progetto inizialmente presentato, era stato quindi individuato con il termine informale di *“Lotto 1A”* la porzione settentrionale dei terreni di cava, compresa tra i vecchi scavi abbandonati e la suddetta scarpata morfologica, individuando invece come *“Lotto 1B”* il settore meridionale del Lotto 1, compreso tra la summenzionata pista sterrata e la scarpata morfologica che separa il Lotto 1A.

Nell'ambito di tale area, il P.R.G. del Comune di Asti, sotto forma della Variante Parziale n. 14 al P.R.G. comunale, approvata con Del. C.C. n. 15 del 08.02.2007, riporta la previsione di una nuova strada comunale di collegamento tra la frazione Carretti e la Tangenziale Est (ossia l'asse viario ancora riportato sulla cartografia CTR come *“S.S. n. 456”*, e primo nucleo dell'attuale Autostrada Asti – Cuneo); la nuova strada comunale in progetto, proveniente dalla frazione Carretti,

posta a sud-est dei terreni di cava, attraverserà questi ultimi da SE verso NW, portandosi in prossimità della Tangenziale Est e costeggiandone il tracciato, su entrambi i lati, sino allo svincolo esistente immediatamente a sud del ponte sul f. Tanaro.

Nell'ambito dell'iter istruttorio del progetto estrattivo autorizzato nel 2011 si era provveduto a riportare il tracciato della nuova viabilità comunale sulla planimetria catastale: la nuova viabilità in progetto si dipartirà dalla frazione Carretti seguendo un percorso incentrato, sostanzialmente, su quello dell'attuale "strada consortile del Casone".

Esso proseguirà quindi verso nord-ovest, attraversando i terreni di cava in prossimità di una viabilità interpoderale che corrisponde, sulle mappe catastali, ad una porzione del tracciato della "*strada campestre della cascina Sardegna*": ciò sino a raggiungere uno degli attraversamenti (sottopassi) esistenti sotto il sedime della Tangenziale di Asti (che dovrà quindi essere adeguato, in termini strutturali e dimensionali, ai requisiti previsti dal "Codice della strada"), per dividersi in due diramazioni parallele, che costeggeranno, sui due lati, il rilevato della Tangenziale stessa, per raggiungere infine le rampe di uscita poste in prossimità del ponte sul Tanaro.

Si era provveduto altresì a riportare sulle planimetrie di progetto, redatte sulla base di un rilievo aerofotogrammetrico della zona in esame, il tracciato stradale così ricostruito: sulla base di tale individuazione grafica e cartografica, si era pertanto provveduto all'adeguamento della progettazione estrattiva.

In particolare, era stata individuata, come nuovo limite a separazione tra i due Lotti in cui era stato suddiviso l'intervento estrattivo, proprio la nuova viabilità comunale in progetto (per quanto non ancora fisicamente esistente), nel tratto che attraverserà trasversalmente il corpo dei terreni di cava.

L'intervento estrattivo era stato quindi suddiviso in una "Fase 1", che avrebbe interessato la porzione dei terreni di cava posta a nord e ad est della nuova viabilità in progetto (ossia la porzione nord – orientale dei terreni di cava), mentre nella successiva "Fase 2", si sarebbe provveduto allo scavo della restante porzione dei terreni di cava, posta a ovest e soprattutto a sud del tracciato della nuova viabilità comunale in progetto.

L'autorizzazione rilasciata dal Comune di Asti, ex L.R. 69/78, con la Decisione Dirigenziale n. 637, in data 15.06.2011, a firma del Dirigente dell'Ufficio Servizio alle Imprese del Settore Sportello Unico, Attività Economiche e Ambiente del Comune di Asti, era relativa alla sola Fase 1, ossia ai soli mappali facenti parte della porzione dei terreni di cava posta a nord del tracciato della nuova viabilità in progetto e ad est del suo prolungamento verso nord, parallelamente alla "Superstrada Asti – Cuneo".

Nell'ambito della successiva istanza di rinnovo ed ampliamento della coltivazione mineraria, presentata nel dicembre 2012, si prevedeva invece di esaurire la Fase 1, per passare quindi alla successiva Fase 2.

L'istanza di rinnovo autorizzativo presentata nel dicembre 2012 dalla ASTI CAVE S.r.l. era quindi finalizzata a completare la Fase 1, già autorizzata ex L.R. 69/78 nel 2011, e a dare avvio alla

successiva Fase 2, previste dal progetto a suo tempo presentato ed approvato ai sensi della L.R. 40/98.

L'iter istruttorio di tale istanza si è concluso con la Conferenza dei Servizi tenutasi, in data 12.12.2013, presso il Servizio Ambiente dell'Area Territorio della Provincia di Asti, nella quale è stato espresso il parere favorevole in merito all'istanza di rinnovo ed ampliamento dell'attività estrattiva nella cava in oggetto, così che l'autorizzazione ai sensi della L.R. 69/78 (ora sostituita dalla L.R. 23/2016) è stata rilasciata dal Settore urbanistica, Sportello Unico e Attività Produttive, Ufficio S.U.A.P. del Comune di Asti con "Provvedimento Conclusivo" n. 68 del 16.09.2014.

3.3. Stato attuale dell'area di cava

Come illustrato sull'allegata planimetria, redatta per fotogrammetria sulla base di un volo aereo effettuato dalla ALIFOTO S.r.l. di Torino in data 23.12.2006, con aggiornamento a terra nel gennaio 2019 (Cfr.: Tav. 2 – Planimetria dello stato attuale della coltivazione mineraria e del recupero ambientale), corredata delle relative sezioni (Cfr.: Tav. 4 – Sezioni stato attuale e finale – Sezz. A – A, B – B, C – C), gli scavi estrattivi, condotti nell'ambito della vigente autorizzazione, rilasciata dal Settore urbanistica, Sportello Unico e Attività Produttive, Ufficio S.U.A.P. del Comune di Asti con il “Provvedimento Conclusivo” n. 68 del 16.09.2014, hanno completato l'esaurimento della porzione nord - orientale dei terreni di cava, individuata a suo tempo come “Fase 1” e già autorizzata nel 2011, avanzando poi verso ovest e verso sud così da interessarne anche quella centro – meridionale, a suo tempo individuata come “Fase 2”.

A seguito della prima autorizzazione ex L.R. 69/78, rilasciata nel 2011, i lavori estrattivi erano stati avviati a partire dall'estremità settentrionale del “Lotto 1”, al margine con la limitrofa area esaurita, derivante da pregressi scavi minerari e rinaturalizzatasi spontaneamente nel tempo, così da dare origine ad una estesa zona umida.

A separazione da tale area, per il suo pregio naturalistico, era stata lasciata in posto una scarpata morfologica, e nella fase iniziale dei lavori di scavo era stata altresì interposta (in adempimento di quanto richiesto da ARPA Piemonte nell'ambito dell'iter istruttorio del progetto a suo tempo approvato ex L.R. 40/98 e quindi autorizzato ex L.R. 69/78) una rete con funzione di mitigazione visiva e di mascheramento del cantiere estrattivo nei confronti della limitrofa area seminaturale.

Alla data attuale (rilievo di aggiornamento del gennaio 2019), la coltivazione mineraria, partendo dall'estremità settentrionale dei terreni di cava, è avanzata verso sud – ovest di circa 450 metri, procedendo secondo un metodo di scavo per “strisce” parallele, adottato già in sede di progetto ed incentrato sul progressivo “esaurimento” di singole strisce allungate trasversalmente ai terreni di cava, e la cui coltivazione prende avvio dal lato orientale di quest'ultima per avanzare verso ovest.

L'area così coinvolta, che si estende a comprendere tutta la porzione centro - settentrionale dell'area di cava, è stata ribassata per effetto degli scavi, sia per lo scotico preliminare del terreno vegetale presente in superficie (con uno spessore medio di circa 40 cm), sia per il successivo scavo del sottostante deposito alluvionale ghiaioso – sabbioso, che è stato localmente ripartito, al fine di operare in condizioni ottimali nell'utilizzo delle macchine movimento terra, su più “passate” di spessore inferiore rispetto a quello teorico del giacimento coltivabile.

Di conseguenza, allo stato attuale di avanzamento dei lavori, “fotografato” dall'allegata planimetria (Cfr.: Tav. 2 – Planimetria dello stato attuale della coltivazione mineraria e del recupero ambientale), in alcuni settori il ribassamento risulta dell'ordine di pochi decimetri, mentre in altri i terreni di cava sono stati ribassati di 3 – 4 metri, così da raggiungere la configurazione finale prevista dal progetto estrattivo.

3.4. Sviluppo della coltivazione mineraria e cubature estraibili

I terreni oggetto della presente istanza di rinnovo autorizzativo, come riportato sulla planimetria allegata (Cfr.: Tav. 2 - Planimetria dello stato attuale della coltivazione mineraria e del recupero ambientale), sono posti in territorio del Comune di Asti (AT).

Per il completamento dell'intervento estrattivo, i lavori di coltivazione mineraria, per i quali si richiede il rinnovo autorizzativo ai sensi della L.R. 23/2016 (che ha sostituito la precedente L.R. 69/78), potranno ancora interessare un'estensione pari, alla data del gennaio 2019, a circa 65.600 m².

A fronte dell'avanzamento sinora raggiunto, infatti, gli scavi non interesseranno l'intera estensione residua dei terreni in disponibilità, in quanto l'intervento estrattivo in progetto è stato limitato, sin dalla sua prima stesura, così da mantenere una distanza di rispetto di 20 metri dalla sponda del "Fosso di Prarado", che scorre lungo il lato meridionale e sud-orientale dei terreni di cava.

Sui restanti lati, si prevede invece di osservare un franco di rispetto di 5 metri dai confini di proprietà, ossia almeno pari alla massima profondità di scavo, secondo il principio della "distanza solonica"; in particolare, relativamente al lato occidentale della fossa di scavo, nel proseguimento dell'intervento estrattivo si farà riferimento, come già nella vigente autorizzazione, ad un franco di rispetto di 5 metri dal piede del rilevato della limitrofa Superstrada Asti – Cuneo, così da pervenire allo stato finale rappresentato nell'allegato elaborato grafico (Cfr.: Tav. 3 – Planimetria dello stato finale della coltivazione mineraria).

Sul lato nord, come si è visto, i terreni di cava sono stati invece ribassati così da raccordarli con la limitrofa area oggetto di vecchi scavi estrattivi, rinaturalizzatasi spontaneamente nei decenni trascorsi; a scala dell'intera area di cava, il fondo della fossa di scavo sarà livellato secondo una debole pendenza verso nord, così da consentire il deflusso e lo scolo per gravità delle acque meteoriche che affluiscono sull'area medesima.

Nell'ambito dell'iter istruttorio del progetto presentato nel giugno 2009 si era provveduto, sulla base dell'individuazione grafica e cartografica della nuova viabilità comunale in progetto, descritta in precedenza e che attraverserà diagonalmente i terreni di cava, all'adeguamento della progettazione estrattiva: in particolare, era stata individuata, come nuovo limite fisico a separazione tra i due Lotti in cui era stato inizialmente suddiviso l'intervento estrattivo, proprio la nuova viabilità comunale in progetto, nel tratto che attraverserà trasversalmente il corpo dei terreni di cava, come pure il suo prolungamento verso nord, parallelamente al limitrofo rilevato autostradale.

Il massimo avanzamento della "Fase 1", che risultava in tal modo limitata al settore nord – orientale dei terreni di cava, era stato quindi definito sulla base della necessità di osservare un franco di rispetto di 20 metri da tale viabilità, che veniva pertanto a limitare la possibilità di sviluppo e di avanzamento, verso ovest e soprattutto sud, dei lavori estrattivi nell'ambito della prima fase.

Nella “Fase 2”, che è stata sviluppata nell’ambito della corrente autorizzazione ed il cui completamento costituisce l’oggetto della presente istanza di rinnovo autorizzativo, si provvede invece allo scavo della restante porzione dei terreni di cava (ossia del “Lotto 2”), posta a ovest e soprattutto a sud del tracciato della nuova viabilità comunale in progetto.

In conseguenza di tale impostazione, allo stato finale (Cfr.: Tav. 3 – Planimetria dello stato finale della coltivazione mineraria) la pista trasversale verrà pertanto realizzata in corrispondenza del previsto tracciato della nuova viabilità comunale in progetto, così da poter svolgere la funzione di primo “embrione” della viabilità stessa, ed al tempo stesso ripristinando comunque la viabilità agricola (ancora indicata sulle mappe catastali come “strada campestre della Cascina Sardegna”) al servizio dei terreni della zona.

Sulla base di questa impostazione dei lavori estrattivi, tenendo conto dello stato di avanzamento attuale della coltivazione mineraria, si è provveduto ad un calcolo delle superfici che saranno interessate dagli scavi estrattivi nell’ambito della presente istanza e, di conseguenza, delle volumetrie residue ancora estraibili.

Al momento attuale (gennaio 2019), la superficie ancora oggetto di scavo è costituita dal residuo della Fase 2 autorizzata nel 2014, ed è individuabile nel settore meridionale dell’area in disponibilità, sotto forma di un corpo di terreni allungato per poco più di 400 metri in direzione NW – SE, e con una larghezza massima di circa 160 – 170 metri.

Per effetto della necessità di conferire al fondo scavo una debole pendenza verso nord, al fine di consentire il deflusso per gravità delle acque meteoriche, il piano di fondo scavo sarà caratterizzato, allo stato finale, da una quota topografica che sale progressivamente verso sud – ovest; a fronte di una quota topografica del piano campagna, nell’area di previsto completamento degli scavi, pressoché costanti o lievemente degradanti verso il tracciato del “Fosso di Prarado”, sul perimetro esterno dell’area stessa, ne consegue che lo spessore utile coltivabile diminuisce progressivamente verso sud – ovest, attestandosi su valori medi quantificabili come dell’ordine di circa 3,7 metri.

Ne deriva che la volumetria ancora estraibile, tenuto conto di una superficie residua da coltivare di circa 65.600 m^2 , è pari a circa 242.700 m^3 : a questa cubatura occorre sottrarre il materiale da lasciare in posto in corrispondenza alle scarpate laterali che, su tutto il perimetro esterno, delimiteranno la fossa di scavo dai terreni limitrofi, e quantificabile in circa 18.500 m^3 : la volumetria coltivabile netta, ancora da estrarre per il completamento dell’intervento estrattivo, risulta quindi pari a circa 224.200 m^3 di inerte alluvionale.

A questo dato occorre aggiungere circa 26.000 m^3 di terreno vegetale, presente in superficie con uno spessore medio di circa 40 cm, da asportare preventivamente agli scavi, per essere poi riportato in sito in sede di recupero ambientale, stendendolo sulla superficie del fondo scavo.

3.5. Evoluzione temporale e topografica degli scavi

Come illustrato in precedenza, nell'attività estrattiva in esame gli scavi, condotti nell'ambito della vigente autorizzazione, rilasciata nel settembre 2014, hanno completato la coltivazione della porzione nord - orientale dei terreni di cava, individuata a suo tempo come “Fase 1” e già autorizzata nel 2011, avanzando poi verso ovest e soprattutto verso sud così da interessarne anche quella centro – meridionale, a suo tempo individuata come “Fase 2”.

A fronte dell'attuale avanzamento dei lavori estrattivi, nel futuro sviluppo del rinnovo autorizzativo oggetto di istanza essi verranno condotti, secondo quanto previsto dal progetto attualmente autorizzato, avanzando verso sud così da completare lo sfruttamento anche della restante porzione dell'area individuata come “Fase 2”.

In termini dimensionali, gli scavi verranno avanzati ancora verso sud – ovest così da andare ad interessare l'estrema porzione meridionale dei terreni di cava, operando su una ampiezza trasversale dell'ordine di circa 400 metri.

In termini di modalità di avanzamento degli scavi, nell'attività estrattiva in oggetto, al fine di non compromettere insieme l'intera area di cava, l'intervento estrattivo è stato impostato in modo da far procedere la coltivazione, per quanto possibile, su strisce di terreno di larghezza limitata.

Similmente a quanto condotto in precedenza, anche nell'ambito della presente istanza di rinnovo autorizzativo la coltivazione mineraria avanzerà pertanto per fasce parallele, affiancate tra loro e con una larghezza dell'ordine mediamente dei 15 metri circa; la coltivazione sarà articolata su strisce affiancate, così da ripartire i diversi lavori di scotico, di scavo e di recupero.

Tale suddivisione è stata definita sulla base della conformazione dei terreni di cava, caratterizzata da una configurazione planimetrica abbastanza regolare, allungata parallelamente alla limitrofa “Superstrada” (o “Tangenziale Est”), che ben si presta ad un progressivo esaurimento per strisce successive orientate trasversalmente al corpo dei terreni di cava.

Questa soluzione del metodo di scavo per “strisce parallele”, già positivamente sperimentata negli anni trascorsi, risulta preferibile, oltre che per quanto riguarda l'impatto visivo della coltivazione, anche dal punto di vista tecnico, in quanto minimizza le percorrenze dei mezzi, concentrando il fronte di escavazione, e consente pertanto di abbreviare le tempistiche di ripristino morfo – pedologico delle aree già coltivate.

Analogamente a quanto condotto negli anni trascorsi, anche in quelli successivi, nel proseguimento dell'intervento estrattivo, il fronte di coltivazione, disposto trasversalmente ad ognuna delle singole “strisce” in cui verranno suddivisi i terreni di cava, avanzerà progressivamente in senso longitudinale lungo la striscia stessa, arretrandola dall'estremità orientale verso quella occidentale; l'accesso ai terreni di cava avverrà infatti, come già attualmente, mediante la pista di servizio appositamente realizzata sul lato occidentale dei terreni di cava.

In considerazione dello spessore del deposito alluvionale interessato dagli scavi, questi ultimi potranno essere svolti sia dall'alto, con escavatore a benna rovescia funzionante in arretramento, sia dal basso, con escavatore o pala a benna dritta, caricando i mezzi di trasporto che

vengono a prelevare il materiale in cava, e che si avvicinano al fronte di scavo percorrendo la sommità della singola “striscia”, preventivamente scoticata.

Il fronte di scavo verrà pertanto traslato progressivamente lungo la singola “striscia”, mentre in quella ad essa parallela si provvede alla preventiva scopertura della coltre vegetale e dello sterile terroso; il materiale di scotico viene accantonato in posizione laterale, sotto forma di cumuli allungati parallelamente a ciascuna delle strisce ed interposti tra le medesime, così da consentire una sua movimentazione laterale, su ridotte distanze, nella successiva fase di ripristino.

La presenza di cumuli di forma allungata consente altresì di ottenere, con i medesimi, un effetto di schermo visivo nei confronti dell’area estrattiva, contribuendo inoltre alla schermatura delle emissioni sonore nei confronti delle aree limitrofe.

Allo stato finale, come già segnalato, si otterrà un’area ribassata e modellata con un piano di fondo scavo che sarà caratterizzato da una debole pendenza verso nord, al fine di consentire il deflusso per gravità delle acque meteoriche; a tale proposito, si deve osservare che la porzione settentrionale dell’area già esaurita presenta quote topografiche superiori a quelle finali previste, in quanto l’area in parola è stata interessata dalle acque di esondazione, durante l’evento del novembre 2016, che vi hanno depositato uno spessore, da decimetrico a pluridecimetrico, di materiale limoso – sabbioso, sul quale si è provveduto ad un livellamento ed al successivo inerbimento.

Anche in corrispondenza alla pista (ed alla corrispondente nuova strada) che attraverserà i terreni di cava le quote attuali risultano superiori a quelle finali previste, come riportato sulle sezioni allegate; a tale proposito, al fine di mantenere la continuità altimetrica e morfologica tra i diversi settori dell’area estrattiva, e di non interporre delle soluzioni di continuità che potrebbero interferire con il deflusso delle acque meteoriche e superficiali, si propone di delimitare fisicamente la corrispondente striscia di terreno con un picchettamento, senza procedere ad ulteriori rialzi morfologici, che potrebbero risultare in contrasto con le vigenti disposizioni in materia di interventi nelle fasce fluviali.

Al riguardo, la stessa futura viabilità pubblica, prevista dallo strumento urbanistico comunale, dovrà essere sottoposta, in fase di progettazione, alla valutazione della compatibilità idraulica, ai sensi delle vigenti direttive dell’Autorità di Bacino in materia di compatibilità delle opere pubbliche nelle fasce fluviali, incentrate per l’appunto sulla necessità di non determinare, in fascia B, ostacoli al deflusso delle acque di esondazione, e di consentirne invece la laminazione e l’invaso.

4. RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI DI RECUPERO AMBIENTALE

4.1. Linee progettuali del recupero ambientale

La *ratio* prevalente del progetto di recupero ambientale della cava in esame, secondo quanto previsto dal progetto estrattivo a suo tempo presentato ed autorizzato nel 2011, successivamente rinnovato nel 2014, mira alla risistemazione di un fondo agrario integrato nella realtà produttiva locale, sia per la tipologia di recupero dell'area nel suo insieme, caratterizzata da attività agricole in atto, sia per la continuità delle diverse componenti territoriali e paesaggistiche caratterizzanti il tessuto del sistema paesaggistico, di cui il sito stesso costituisce un importante tassello.

L'obiettivo del recupero si configura pertanto nell'identificazione di linee progettuali generali che, riferite alla realtà territoriale in oggetto, possano determinare una riqualificazione fondiaria del sito.

Quanto sopra espresso si coniuga con le modificazioni implicate dall'attività estrattiva; si sottolinea come la preventiva “stabilizzazione” dell’assetto morfologico del sito debba essere obbligatoriamente la piattaforma su cui poggia il progetto di recupero ambientale, in quanto la riuscita di quest'ultimo è anche funzione di una corretta impostazione di metodologie di modellamento appropriate.

L'area di intervento risulta posta in corrispondenza della superficie del fondovalle alluvionale del f. Tanaro, in destra idrografica, immediatamente a valle del ponte della “Superstrada Asti – Cuneo”: in tale ambito si prevede il ribassamento della superficie del fondovalle, relativamente alla porzione dei terreni di cava interessata dalla coltivazione mineraria.

Allo stato finale di progetto, l'area ribassata sarà raccordata, verso nord, con l'adiacente area estrattiva esaurita (si tratta di una delle cave di prestito utilizzate in passato proprio per la realizzazione della limitrofa superstrada), dalla quale viene ad essere separata mediante una scarpata morfologica, mentre sui restanti lati sarà delimitata da delle scarpate perimetrali a debole pendenza (1:3, pari a circa 18° sessagesimali).

La destinazione finale prevista per l'area, e quindi il suo riuso finale, può essere impostata su un recupero avente finalità agrarie, per quanto estensive, destinando il piazzale di cava a prato permanente, e corredandolo di elementi a siepe campestre per un miglior inserimento paesaggistico dell'intervento.

Di fatto, il prato permanente, oltre che produrre foraggio, presenta altre importanti funzioni:

- paesaggistica: il prato ha una rilevanza visuale notevole ed è un elemento di diversificazione del paesaggio, in quanto ne arricchisce la complessità strutturale, specie in ambiti agrari monotoni. Inoltre i prati variano colore nel tempo, in relazione alla stagione ed alla modalità di gestione, con sequenze fisionomiche diversificate e pregevoli;

- ecologica: legata alla protezione delle risorse idriche; il prato svolge un ruolo di filtro mediante il processo di organicazione dei fertilizzanti, in quanto l'assorbimento di elementi nutritivi (nitrati), specie in alcuni periodi critici (per esempio in primavera), garantisce una copertura vegetale continua durante tutto l'anno, preservando il suolo da lisciviazione e ruscellamento;
- di biodiversità: un prato ha una ricchezza floristica superiore a qualunque altra coltura agraria, in quanto essa è inversamente proporzionale all'intensificazione delle pratiche agricole; i prati ospitano inoltre molti invertebrati, compresi alcuni limitatori naturali dei patogeni; in definitiva si tratta di una coltivazione assimilabile ad un'unità ecosistemica paranaturale.

L'insediamento del prato permanente è reso interessante anche da considerazioni di differente carattere:

- storico - paesaggistico: negli ultimi anni, nella pianura piemontese è in corso una progressiva riduzione dei prati permanenti a favore dei seminativi e di prati avvicendati intensivi, per motivi più economici (contributi PAC) che agronomici, e si è giunti alla rottura definitiva del binomio fieno-allevamento bovino. Ne deriva l'importanza di incentivare il recupero di una forma storica di gestione del paesaggio agrario;
- zootecnico: le aziende zootecniche bovine, incluse quelle del comprensorio in cui è collocato l'intervento, sempre più per rimanere sul mercato debbono puntare a ridurre i costi dell'alimentazione e avere garanzie qualitative sui foraggi: una delle strade perseguibili è quella di produrre i foraggi in proprio. Si ritiene, pertanto, che vi saranno aziende zootecniche interessate alla gestione di un prato permanente. Inoltre, qualora la gestione fosse affidata ad un allevatore di bovini, questi avrebbe tutto l'interesse a gestire correttamente il prato, perché la produzione di fieno e la sua qualità sono funzione diretta della cura con cui esegue le operazioni colturali;
- versatilità di gestione: il prato stabile è in grado di tollerare intensità di input colturali (irrigazioni, sfalci, concimazioni) da molto intensivi a molto estensivi, senza compromettere in modo irreversibile la sua durata nel tempo (al contrario di tutte le altre colture agrarie, anche arboree, che senza l'intervento continuo dell'uomo sono destinate a non sopravvivere). L'insediamento di un prato stabile non pregiudica, ad esempio, la sua futura conversione in un inerbimento tecnico.

Pertanto, in termini agronomici, il fine dell'intervento può essere riassunto nei seguenti punti:

- ottimizzazione e miglioramento degli spazi fondiari;
- diversificazione paesaggistica;
- diversificazione delle produzioni agrarie;
- protezione del suolo.

4.2. Specifiche tecniche del recupero ambientale

4.2.1. Ripristino agrario

Per quanto concerne lo scotico e l'accantonamento del cappellaccio, coincidente con lo strato attivo di terreno agrario, si fa presente che esso, poco profondo, deve essere prelevato a mano a mano che si avanza con la coltivazione e riportato in cumulo.

Si tratta di terreno sciolto tendente a medio impasto, modestamente dotato di sostanza organica, sul quale le alte temperature, ad esempio, possono agire negativamente, disidratando i colloidi ed inibendo o addirittura distruggendo la microflora e microfauna.

I cumuli dovranno essere formati avendo cura di non compattare troppo il terreno, e dovranno avere altezza non superiore a 2 – 2,5 m. Essi, al fine di migliorarne la conservazione in termini di mantenimento delle proprietà del suolo, potranno essere inerbiti con graminacee e leguminose anche poco persistenti, ma caratterizzate da elevate produzioni di biomassa; si propone, pertanto, l'utilizzo, a seconda dell'epoca d'intervento, di miscugli semplici comprendenti le seguenti specie:

- loiessa (*Lolium multiflorum*);
- veccia villosa (*Vicia villosa*);
- secale (*Secale cereale*);
- cicerchia (*Lathyrus sativus*);
- trifoglio incarnato (*Trifolium incarnatum*);
- pisello da foraggio (*Pisum arvense*);
- avena comune (*Avena sativa*).

Di seguito si riportano, a titolo indicativo, alcuni miscugli proponibili, da scegliersi in funzione dell'epoca d'intervento e su indicazione della D.L., ed alcune caratteristiche delle specie sopra elencate.

specie	%
Loiessa (<i>Lolium multiflorum</i>)	23
Veccia villosa (<i>Vicia villosa</i>)	46
Trifoglio incarnato (<i>Trifolium incarnatum</i>)	31

La dose di semente da impiegare è di 40-50 kg/ha

specie	%
Avena (<i>Avena fatua</i>)	40
Veccia villosa (<i>Vicia villosa</i>)	34
Pisello da foraggio (<i>Pisum arvense</i>)	26

La dose di semente da impiegare è di circa 50 kg/ha

specie	%
Secale (<i>Secale cereale</i>)	30
Veccia villosa (<i>Vicia villosa</i>)	35
Cicerchia (<i>Lathyrus sativus</i>) *	35

* oppure al posto della cicerchia pisello (*Pisum arvense*)

La dose di semente da impiegare è di circa 50 kg/ha.

Specie	Produzione di biomassa verde q/ha	Portamento
Loiessa	400-500	Eretto
Veccia villosa	250-350	Strisciante
Trifoglio incarnato	200-400	Eretto
Senape nera	200-350	Eretto
Senape bianca	250-300	Eretto
Cicerchia	150-200	Strisciante
Pisello	250-350	Eretto
Secale	200-300	Eretto
Avena	250-300	Eretto

Al termine delle operazioni di scavo potrà essere riposto il terreno di scotico precedentemente accantonato in cumuli.

In particolare, si prevede che esso venga riposto per una potenza pari ad almeno 40 cm, sia sul piano di fondo scavo che sulle scarpate perimetrali.

Il terreno di coltivo, una volta effettuate le operazioni di ricarico, dovrà essere rimodellato, effettuando lo spianamento ed il livellamento in modo da ottenere una superficie atta ad essere coltivata facilmente, sistemando il terreno "a colmare" in modo da evitare ristagni d'acqua.

Prima della semina, una volta terminate le operazioni di cui ai precedenti paragrafi, occorrerà eseguire le seguenti operazioni:

1. livellamento localizzato: l'eventuale materiale apportato dovrà avere caratteristiche chimico - fisiche simili a quello già presente e dovrà essere privo di scheletro;
2. rullatura per uniformare il letto di semina, per la quale non dovranno usati mezzi eccessivamente pesanti, che costiperebbero eccessivamente il terreno.

La superficie oggetto di recupero, una volta livellata, potrà essere sede di apporto di una concimazione organica di fondo, interessando concime organico; considerata la maggior efficienza dell'organizzazione con interrimento, si stima sufficiente l'apporto di circa 200 q/ha.

In seguito, si prevede una concimazione da eseguirsi immediatamente prima della semina, in cui si apporteranno le dosi seguenti di concimi minerali:

Elemento	Formula	Dose (kg ha ⁻¹)	Formulati commerciali
Azoto	N	50	Concimi a non pronto effetto (es. formurea, Isodur, Crotodur, ricoperti a rilascio controllato)
Fosforo	P ₂ O ₅	150	Perfosfato minerale
Potassio	K ₂ O	150	Solfato di potassio

Si precisa che le dosi indicate si riferiscono all'elemento minerale, pertanto le quantità da distribuire effettivamente andranno stabilite in funzione del titolo del formulato commerciale prescelto.

Per le finalità produttive del prato, considerati i fattori pedoclimatici e la possibilità di irrigare gli appezzamenti si è scelto un miscuglio oligofita di graminacee e leguminose.

Nel miscuglio si inseriranno le seguenti graminacee:

- *Festuca arundinacea*: è la specie più idonea per i prati; sono da preferirsi le cultivar rustiche e più competitive, seminate in purezza o in miscuglio tra loro; è resistente al ristagno e molto longeva, tollera poco gli sfalci bassi;
- *Dactylis glomerata*: specie foraggera idonea allo sfalcio, garantisce una buona produttività;
- *Lolium perenne*: è specie poco longeva per la scarsa tolleranza alle alte temperature estive ed alla siccità, anche in condizioni irrigue; il suo impiego nel miscuglio è di supporto ad altre graminacee per una rapida copertura del terreno; non vi sono differenze significative tra le varietà.

Tra le foraggere leguminose verranno utilizzate le seguenti specie:

- *Trifolium repens*: specie molto longeva e aggressiva, produttiva anche in estate; si consiglia di impiegare cultivar nane;
- *Trifolium pratense*: tipica dei prati stabili di pianura, ha un insediamento lento ed è poco longeva.

Si raccomanda l'impiego di cultivar già sperimentate nell'areale, riportandone alcune a titolo d'esempio.

Non si reputa necessario inserire altre dicotiledoni nel miscuglio, poiché la letamazione in copertura apporterà i semi di altre specie, inoltre nei campi limitrofi vi sono prati permanenti, da cui le specie dicotiledoni spontanee potranno diffondersi. Il miscuglio proposto è riportato nella tabella di seguito allegata.

Specie	Dose in purezza (kg ha ⁻¹)	Quota del miscuglio (%)	Dose nel miscuglio (kg ha ⁻¹)	Cultivar
<i>Festuca arundinacea</i>	60	60	36	Fuego, Noria, Palma
<i>Dactylis glomerata</i> .	40	20	8	Fleurance, Amba, Micol
<i>Lolium perenne</i>	35	10	3.5	Clermont, Merlinda, Tove
<i>Trifolium repens</i> ..	5	5	0.25	Huia, Haifa
<i>Trifolium pratense</i>	30	5	1.5	ecotipi
Totale		100	49.25	

La semina dovrà essere eseguita in due passate tra loro ortogonali: in una direzione si semineranno le graminacee (preventivamente miscelate prima di essere versate nella tramoggia della seminatrice), nell'altra le leguminose (per queste ultime è possibile anche la semina manuale a spaglio).

La semina verrà effettuata con seminatrice cultipacker ad interfila di non oltre 10 cm, seguita da un rullo per costipare il seme al terreno.

La profondità di semina potrà variare secondo l'umidità del terreno, comunque (anche con terreno asciutto) l'interramento del seme non deve essere oltre gli 1,5 cm.

La semina autunnale di miscugli di graminacee e leguminose (fine agosto-settembre) è da preferirsi a quella primaverile, per la minor competitività delle infestanti.

Per quanto concerne le prime utilizzazioni del prato insediato, si osserva che la longevità di un prato è in buona misura determinata dalla riuscita dell'insediamento e dalla modalità di utilizzo al 1° anno. Pertanto, per il primo utilizzo è da preferirsi uno sfalcio con asporto della fitomassa tagliata, al fine di eliminare le infestanti; è essenziale ricorrere ad un'altezza di taglio non inferiore ai 6-8 cm. Le utilizzazioni successive vanno eseguite come sulla cotica affermata.

Successivamente, ad insediamento avvenuto, per garantire la durata nel tempo e una produzione soddisfacente del prato occorre:

- evitare altezze di taglio inferiori a 6 cm, soprattutto nei periodi più caldi dell'estate;
- il numero di cicli di sfalci complessivi all'anno deve essere di almeno 3 in annate particolarmente siccitose e di 4 in annate con piovosità media;
- evitare di ritardare il 1° taglio (stadio ottimale per le graminacee: inizio spigatura) per non incorrere nel decadimento qualitativo del foraggio e della composizione floristica della cotica.

La concimazione con letame è essenziale nei primi 5 anni, durante i quali deve essere eseguita tutti gli anni, successivamente, essa può essere condotta con frequenza biennale.

Il letame distribuito con la vegetazione in stasi non ha un'efficienza molto elevata per quanto riguarda i nutrienti, ma, considerata la necessità di arricchire di sostanza organica il suolo (per l'effetto strutturante che ne consegue), si ritiene di prescrivere comunque tale pratica.

Il liquame va invece evitato, perché non apporta sostanza organica strutturante e perché sono maggiori i rischi di lisciviazione dell'azoto in un suolo a-strutturato come quello in esame, oltre ad essere un potenziale vettore di infestanti.

Per quanto concerne le quantità di azoto di origine organica distribuite, si ritiene prudentiale richiedere che esse siano tali da rispettare il regolamento regionale recante la *“Designazione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e relativo programma d'azione regionale”* (DPGR 18/19/2002 n. 9R); pertanto, la quantità di letame da distribuire non deve superare indicativamente le $17 \text{ t ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$.

Altri concimi a matrice organica potranno esser utilizzati solo se non si rendesse disponibile il letame.

Dopo gli sfalci, potranno essere distribuiti 40 kg/ha di azoto (sotto forma di urea o solfato ammonico); dette concimazioni non vanno eseguite nei periodi di siccità e con caldo afoso, quando le graminacee sono predisposte all'accumulo di nitrati pericolosi per il bestiame che se ne nutrirà.

Gli apporti di fosforo e potassio con concimi minerali potranno essere eseguiti con cadenza biennale, a dosi di 50 kg ha^{-1} operando in autunno; la distribuzione avrà, invece, cadenza annuale qualora fosse necessario incentivare le leguminose.

4.2.2. Siepi campestri

Al termine degli interventi di scavo, il sito di cava risulterà delimitato sul suo contorno esterno, con l'eccezione del bordo settentrionale, da una scarpata perimetrale a modesta pendenza (circa 1:3, pari a 18° sessagesimali), la quale raccorderà il fondo dell'area coltivata, ribassata per effetto dell'attività estrattiva, con i terreni circostanti, che corrispondono morfologicamente alla superficie sommitale del fondovalle alluvionale del Tanaro.

Per quanto riguarda il pendio artificiale corrispondente alla scarpata perimetrale, si propone in tale ambito un riuso differenziato: si provvederà a realizzare dei rimboschimenti a sesto curvilineo mediante l'impianto di siepi campestri (Cfr.: Tav. 5 – Planimetria dello stato finale della coltivazione mineraria e del recupero ambientale); nell'ambito delle scarpate perimetrali si prevede infatti di realizzare dei soprassuoli arboreo - arbustivi, a formare delle “fasce tampone” tra l'area di cava ed i circostanti terreni.

La validità ecologica delle siepi è, nel paesaggio agro-forestale, allo stato attuale, molto rivalutata; in essa si riconoscono, di fatto, le seguenti funzioni ⁽¹⁾:

- diversificazione biologica;
- controllo di nutrienti, antiparassitari, polveri, parassiti, e fitopatologie;
- mitigazione dell'inquinamento acustico;
- funzione di frangivento;
- funzioni idrogeologiche;
- riqualificazione paesaggistica;
- conservazione della fauna.

Dal punto di vista ecologico si tratta di elementi stabili nel tempo, in grado, con il tempo, di integrarsi con l'ambiente circostante, ospitando specie vegetali spontanee, prevalentemente erbacee, costituendo significativi *habitat* per la fauna, in particolare modo per micromammiferi ed uccelli.

Dal punto di vista paesaggistico, detti elementi assicureranno la diversità e la eterogeneità del paesaggio circostante, caratterizzato da aree agricole e/o insediative, contribuendo ad arricchirne la struttura a mosaico.

Tale siepe, per poter assolvere a quanto demandato, sarà realizzata con specie autoctone e proprie del corredo dinamico - evolutivo della vegetazione potenziale del piano padano, caratterizzate da un fogliame denso, differenti per portamento ed altezze in modo da integrarsi a formare uno “schermo continuo”.

In ambito esecutivo, si prevede di realizzare un filare costituito dalle seguenti specie:

- biancospino (*Crataegus monogyna*);
- sanguinello (*Cornus sanguinea*);
- prugnolo (*Prunus spinosa*).
- acero campestre (*Acer campestre*);

⁽¹⁾ Cfr.: FRANCO D. 1993 “*Le siepi ed il paesaggio*”. Ambiente Risorse Salute, 16.

- carpino bianco (*Carpinus betulus*).

Per quanto concerne le distanze d'impianto sulla fila, esse sono previste pari a 2 metri, avendo cura di intervallare una specie arbustiva (biancospino, sanguinello, prugnolo) con una basso arborea (acero campestre e carpino).

Si tratta di specie caratterizzate da una fitta ramificazione secondaria, particolarmente adatte per la realizzazione di siepi campestri. Il materiale d'impianto consisterà in postime in contenitore aventi altezza fino a 1 – 1,5 m.

4.2.3. Inerbimenti tecnici delle scarpate

Le scarpate residuali perimetrali della zona a recupero agrario, così come il piano di fondo del settore a destinazione naturalistica, saranno soggetti ad inerbimento tecnico, in modo da proteggere il suolo e contrastare la diffusione di infestanti competitive; il miscuglio di semina sarà composto da specie erbacee rustiche, caratterizzate cioè da insediamento rapido, perennità o moltiplicazione naturale sufficiente, copertura sufficiente, sistema radicale profondo e colonizzatore, nonché adatte alle locali condizioni climatiche.

Tra le specie erbacee, le graminacee concorreranno ad assicurare la formazione del cotico, assolvendo prevalentemente la funzione di specie stabilizzatrici del substrato terroso e limitando l'erosione idrica dello stesso, mentre le leguminose avranno il compito di migliorare il suolo con il loro apporto in azoto.

Sulla base di tali considerazioni, si propone l'utilizzo di un miscuglio caratterizzato dalla composizione riportata nella relativa tabella, per un totale di sementi pari a 0,03 Kg/m².

Specie	Composizione in % sul peso
<i>Festuca rubra</i>	35
<i>Lotus corniculatus</i>	25
<i>Chrysanthemum leucantenum</i>	5
<i>Melilotus alba</i>	5
<i>Bromus inermis</i>	10
<i>Bromus erectus</i>	10
<i>Medicago lupulina</i>	5
<i>Trifolium repens</i>	5

Il cotico erboso, negli anni successivi alla semina, si arricchirà spontaneamente di quelle specie, soprattutto non graminoidi, che non si ritiene necessario comprendere nella semina, sia per difficoltà di reperimento delle sementi, sia per la forte concorrenza con le altre specie in fase di germinazione.

4.2.4. Piantagione di alberi isolati

Al fine di migliorare l'appetibilità dell'habitat per l'avifauna stanziale e di passo, si prevede la messa a dimora nel prato di pochi elementi arborei isolati, ed in particolare:

- n. 3 esemplari di pioppo bianco (*Populus alba*);
- n. 3 esemplari di pioppo nero (*Populus nigra*);
- n. 1 esemplare di melo selvatico (*Malus sylvestica*);
- n. 1 esemplare di pero selvatico (*Pyrus pyraster*)

Le prime due specie caratterizzano, quali esemplari isolati o allineamenti, ambiti agrari circostanti, mentre il melo e il pero selvatico sono specie importanti quali “*specie pabulum*”.

La localizzazione degli interventi è rappresentata nella planimetria allegata (Cfr.: Tav. 5 - Planimetria dello stato finale della coltivazione mineraria e del recupero ambientale); più in dettaglio, gli esemplari di pioppo dovranno essere messi a dimora, alternati, lungo la strada campestre che, allo stato finale, attraverserà il fondo dell'area di cava.

Il materiale d'impianto consisterà, per quanto concerne le specie arboree, in piante di pronto effetto da vivaio, allevate e rese disponibili in contenitore o in pane di terra, aventi altezza fino a 3 e 3,5 m.

4.3. Stato di avanzamento del recupero ambientale

Le operazioni di recupero ambientale, alla data del gennaio 2019, hanno interessato essenzialmente, con differenti modalità di intervento, la totalità della cosiddetta “Fase 1”, cioè la porzione di cava posta a nord e ad ovest dell’ipotetica linea coincidente con l’asse della futura viabilità di progetto e del suo prolungamento verso nord, parallelo alla “Superstrada Asti – Cuneo”.

Si tratta della porzione dei terreni di cava già autorizzata ex L.R. 69/78 (ora L.R. 23/2016) dal Comune di Asti con la Decisione Dirigenziale n. 637, in data 15.06.2011, a firma del Dirigente dell’Ufficio Servizio alle Imprese del Settore Sportello Unico, Attività Economiche e Ambiente del Comune succitato, e successivamente rinnovata, unitamente all’autorizzazione per la successiva “Fase 2”, con il “Provvedimento Conclusivo” n. 68 del 16.09.2014 emesso dal Settore urbanistica, Sportello Unico e Attività Produttive, Ufficio S.U.A.P.” del Comune di Asti.

Oltre alla totalità dei terreni di cui alla “Fase 1”, le operazioni di ripristino morfo - pedologico hanno interessato una prima parte dei terreni di cui alla “Fase 2”, posti cioè a sud dell’ipotetica linea coincidente con l’asse della futura viabilità di progetto, già descritta in precedenza, e ad ovest del suo prolungamento verso nord.

Si segnala come, a fine 2015, una parte dell’area suddetta fosse stata svincolata dagli oneri cauzionari di recupero ambientale: a seguito di sopralluogo congiunto effettuato in sito in data 24.09.2015, infatti, condotto da personale del Servizio Ambiente – Ufficio Cave della Provincia di Asti e del Comune di Asti, nel corso del quale era stato accertato lo stato di avanzamento dei lavori di recupero morfologico ed ambientale, il S.U.A.P. del Comune di Asti, con nota del 19.11.2015 aveva formalizzato il nulla osta alla conseguente riduzione della polizza fideiussoria presentata dalla Asti Cave S.r.l. a garanzia del recupero ambientale nella cava in oggetto.

Gli interventi condotti nelle succitate superfici hanno, di fatto, esaurito l’ambito delle cosiddette “operazioni in terra”, cioè gli interventi di ripristino morfo – pedologico concernenti:

- la regolarizzazione delle scarpate perimetrali;
- il riporto dell’originaria coltre pedologica sul fondo cava, con successivo livellamento, e sulle scarpate perimetrali stesse.

Dal punto di vista morfologico, l’area si presenta, coerentemente con gli indirizzi progettuali, come un piano omogeneo ribassato di circa 4 m rispetto al piano campagna e collegato a quest’ultimo da scarpate aventi inclinazione media di circa 15° - 20°.

Su tutta l’area definita dalla morfologia finale (sia il piano di fondo cava che le scarpate residuali), è stato riportato un mantello costituito dal terreno agrario originariamente presente in sito, derivante quindi dalle operazioni di prelievo e stoccaggio in cumulo.

Il terreno, al sopralluogo, non presenta evidente frazione scheletrica ed è definito da una morfologia omogenea; si segnala, al riguardo, che a seguito dell’evento alluvionale del novembre 2016, in occasione del quale l’area estrattiva è stata interessata dalle acque di esondazione del f. Tanaro, che vi hanno depositato una diffusa coltre, di spessore da decimetrico a pluridecimetrico, di

sedimenti limoso – sabbiosi, si è reso necessario procedere ad un nuovo livellamento, con successivo inerbimento, dell'area già ribassata per effetto degli scavi.

In termini dimensionali, nel complesso, alla data attuale l'area definita dalle operazioni di ripristino morfopedologico presenta un'estensione pari a circa 110.700 m², di cui 56.700 m² riferibili alla "Fase 1" e 54.000 m² riferibili alla "Fase 2", che costituisce l'ampliamento, verso ovest e soprattutto verso sud, dei terreni della "Fase 1", posti nel settore nord – orientale dell'area estrattiva ⁽²⁾.

In conseguenza delle grandezze sopra riportare, ed in considerazione dello spessore di terreno vegetale asportato in fase preliminare di scotico e poi riportato in sito, definito in progetto come pari a circa 0,4 m, si stima che nell'area suddetta siano stati riportati circa 44.000 m³ di terreno agrario.

In merito alle previste sistemazioni idrauliche, si conferma la presenza, al piede delle scarpate residuali, dei fossi di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche già realizzati ex ante il precedente svincolo parziale.

Dal punto di vista vegetazionale (opere a verde), il piano di fondo cava risulta occupato, in tutta la porzione settentrionale dell'area di cava, da un prato incolto; peraltro, sui terreni in parola si sono già succeduti almeno due cicli colturali, di cui uno a seminativo (sorgo) nella parte già svincolata e due a prato transitorio. Allo stato attuale, come già scritto, il fondo cava è occupato da cotici erbacei polispecifici, in cui predominano specie a diffusione sub spontanea (molte avventizie), sia graminoidi che dicotiledoni.

Anche le scarpate presentano grosso modo la stessa composizione floristica del piano di fondo cava, fatta salva una maggior partecipazione di dicotiledoni avventizie rispetto alle specie graminoidi; il cotico erbaceo, pur presentando qualche limitata chiara localizzata, può essere considerato sufficiente ai fini del recupero.

Inoltre, nell'ambito della scarpata orientale, sono stati rilevati esemplari di rinnovazione di pioppo bianco (*Populus alba*), pioppo nero (*Populus nigra*) e salice bianco (*Salix alba*); tali specie concorrono al patrimonio floristico dell'area e possono essere considerati elementi integrativi al recupero ambientale.

Nel complesso dell'area indagata sono state rilevate le seguenti specie.

Specie	Ambiente
Arboree e/o arbustive	
<i>Populus alba</i> (rinnovazione)	Scarpata est
<i>Populus nigra</i> (rinnovazione)	Scarpata est
<i>Robinia pseudoacacia</i> (rinnovazione)	Scarpata est ed ovest

⁽²⁾ Si specifica che parte di tali terreni, riferibili alla "Fase 1" e ad una prima porzione della "Fase 2", per una superficie pari a 73.900 m² sono già stati fatti oggetto di svincolo parziale della cauzione fideiussoria per il recupero ambientale. In particolare, tutte le opere in terra della superficie sunnominata sono state svincolate nel novembre 2015; risultano invece ancora cogenti gli importi di parte delle opere a verde e delle cure colturali.

<i>Buddleja davidii</i>	Scarpata est
<i>Rubus ulmifolius</i>	Scarpata est
Erbacee	
<i>Arctium lappa</i>	Scarpata est
<i>Galium aparine</i>	Indifferente
<i>Matricaria chamomilla</i>	Indifferente
<i>Abutilon theophrasti</i>	Scarpata est
<i>Fallopia convolvulus</i>	Indifferente
<i>Sorghum halepensis</i>	Indifferente (prevalente fondo cava)
<i>Senecio vulgaris</i>	Indifferente
<i>Chenopodium album</i>	Indifferente
<i>Portulaca oleracea</i>	Indifferente (prevalente fondo cava)
<i>Cirsium arvense</i>	Scarpata est ed ovest
<i>Convolvulus arvensis</i>	Indifferente
<i>Avena fatua</i>	Prevalente fondo cava
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Indifferente
<i>Poa pratensis</i>	Fondo cava
<i>Poa trivialis</i>	Indifferente
<i>Lolium multiflorum</i>	Prevalente fondo cava
<i>Setaria glauca</i>	Indifferente
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Indifferente
<i>Trifolium pratense</i>	Scarpata ovest
<i>Medicago sativa</i>	Fondo cava
<i>Vicia cracca</i>	Indifferente
<i>Plantago media</i>	Fondo cava

Con riferimento al progetto autorizzato, si effettuano le seguenti considerazioni:

- dal punto di vista del recupero morfo – pedologico, nella totalità della “Fase 1” e nella porzione nord – occidentale della “Fase 2”, contigua alla precedente, il recupero può essere definito come ultimato;
- dal punto di vista vegetazionale, nell’area di fondo cava, sull’estensione sopra evidenziata, la presenza del cotico erbacea corrisponde di massima con il riuso previsto;
- per quanto riguarda le scarpate, esse presentano soprassuoli correlabili alle sole specifiche voci di recupero (cioè l’inerbimento) laddove esso è stato eseguito, cioè nell’ambito della “Fase 1” e della “Fase 2” (relativamente alla scarpata che delimita verso ovest l’area di cava); restano comunque da realizzare le opere a verde verticale, anche ad integrazione degli individui già presenti per colonizzazione spontanea.

5. RELAZIONE GEOMECCANICA E GEOTECNICA

5.1. Analisi della problematica (verifiche di stabilità dei fronti di scavo)

Nel presente capitolo, si è provveduto a verificare, da un punto di vista geotecnico, la compatibilità dell'intervento estrattivo con la stabilità dell'area interessata, provvedendo a verificare in modo analitico la stabilità dei fronti finali di coltivazione.

Nell'analisi di stabilità di scarpate prodotte dalle coltivazioni minerarie per la produzione di inerti, si devono prendere in considerazione la stratigrafia del deposito alluvionale in cui si imposta la coltivazione mineraria e le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali interessati.

Nell'analisi di queste ultime, per determinare cioè le caratteristiche geotecniche e sul comportamento geomeccanico del corpo alluvionale, si deve considerare che quest'ultimo è costituito da una serie di corpi deposizionali minori, legati alle modalità di accumulo ad opera delle correnti fluviali.

Data la ripetitività delle formazioni (ghiaie e sabbie, in diverse proporzioni) ed il ridotto spessore di ciascuna delle singole “lenti” di materiale alluvionale, di ordine da metrico a plurimetrico, che si intersecano ripetutamente e si sovrappongono a costituire l'intero spessore del giacimento, la caratterizzazione geotecnica e geomeccanica del deposito alluvionale viene fatta, in situazioni geologiche e stratigrafiche di questo tipo, sulla base dei valori medi quantificati mediante apposite indagini geognostiche.

5.2. Caratterizzazione geotecnica del sottosuolo

5.2.1. Condizioni stratigrafiche

L'assetto stratigrafico del giacimento oggetto di coltivazione mineraria, in cui saranno modellate le scarpate che delimiteranno sul perimetro esterno l'area ribassata per effetto degli scavi, è stato indagato mediante le indagini geognostiche appositamente eseguite nel giugno 2007 presso il sito di cava in esame, sotto forma di sette sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti a cura della New Geotecn S.r.l. e spinti sino a 7 – 8 metri dal piano campagna e le cui risultanze, in termini di colonne stratigrafiche, erano state allegate agli elaborati progettuali presentati nel giugno 2009.

Per quanto riguarda la litostratigrafia del giacimento, dalle risultanze delle indagini effettuate nell'intorno del sito di cava, ed a conferma di una situazione che ben si inquadra nell'ambito del contesto geologico e stratigrafico della zona, noto per essere stato oggetto di studi precedenti ⁽³⁾, recentemente aggiornati nell'ambito di pubblicazioni scientifiche che hanno sintetizzato i risultati di specifiche convenzioni di ricerca tra diversi Enti ⁽⁴⁾, si può riassumere il seguente quadro “medio” complessivo.

Su tutta l'area indagata, posta in sponda destra del f. Tanaro, si riscontra, a conferma della ridotta età “geologica” dell'area, la presenza di una copertura pedologica costituita mediamente da circa 30 – 40 cm di terreno vegetale limoso – sabbioso, di colore nocciola – bruno.

Alla base della copertura pedologica, si rinviene un livello discontinuo di sabbie fini e limi sabbiosi, di spessore variabile da punto a punto, da decimetrico a metrico, e di colore nocciola chiaro: si tratta di depositi riferibili a facies di “*flood plain*”, ossia di materiale trasportato e sedimentato, in condizioni di bassa energia (ma sufficienti comunque a movimentare del sedimento con granulometria sabbiosa), da parte delle acque di esondazione che avevano invaso la piana di fondovalle ⁽⁵⁾, colmandola per accrezione verticale e livellando la sottostante morfologia irregolare, definita dal top delle barre ghiaiose, associate invece al trasporto di sedimento ad opera di correnti trattive all'interno dell'alveo attivo del corso d'acqua ⁽⁶⁾.

Ad eccezione dei suddetti livelli superficiali, il vero e proprio materasso alluvionale risulta infatti costituito da una sabbia da medio-fine a medio-grossolana, frammista a ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata, frammista a ciottoli con diametro massimo di circa 6 cm; da un punto di vista sedimentologico, questo materiale può essere interpretato come depositato ad opera di correnti

⁽³⁾ Cfr.: FAULE D., “Studio geologico-applicativo per un collegamento autostradale lungo la bassa Valle Tanaro”; Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Torino, 1990.

CIVITA M., EUSEBIO A., CAVALLI C., VALDEMARIN F. & VIGNA B., “Interazioni tra opere autostradali ed acquiferi soggiacenti: alcune situazioni in Piemonte”, Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria “Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli Acquiferi”, Torino, 10-11 marzo 1994, pagg. 409 e segg..

⁽⁴⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., “Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro”, Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

⁽⁵⁾ Cfr.: REINECK H. & SINGH W., “Depositional sedimentary environments”, Springer-Verlag, Berlino, 1987.

⁽⁶⁾ Cfr.: BILLI P., 1988 – “Morfologie fluviali”. Giornale di Geologia, ser. 3, vol. 50/1-2, pagg. 27-38, con bibliografia.

trattive da parte di un corso d'acqua ad elevata capacità di trasporto (carico solido di fondo), sotto forma di barre all'interno o ai margini del canale di deflusso attivo, nell'ambito delle passate divagazioni del Tanaro entro la piana alluvionale.

La frazione sabbiosa del deposito alluvionale è solitamente presente sotto forma di matrice interstiziale; localmente, essa può presentarsi concentrata in lenti e livelli di spessore decimetrico intercalati alle ghiaie a ciottoli.

Alla base, il materasso alluvionale poggia sulle sottostanti argille siltoso-marnose del substrato terziario, che nelle indagini geognostiche effettuate sono state incontrate a profondità variabili dai 5 agli 8 metri.

Il substrato terziario è infatti localmente visibile in affioramento presso l'alveo del Tanaro, nel tratto a monte del sito in esame, e prosegue sotto entrambe le sponde a costituire la base della copertura alluvionale che riveste il fondovalle, depositata dal Tanaro dopo aver "piallato" il substrato a costituire una ampia superficie di erosione; tale superficie di erosione (*"top del substrato"*) mostra un andamento sub-planare a grande scala, ma si presenta invece marcatamente irregolare a piccola scala.

Nel complesso, l'assetto litostratigrafico della zona in esame si mostra in sostanziale accordo con il quadro conoscitivo generale messo a punto nell'ambito di precedenti studi, confermato dalle più recenti pubblicazioni scientifiche ⁽⁷⁾, ad indicare che, lungo il fondovalle del f. Tanaro, il substrato terziario si imposta ad una profondità variabile dai 4-5 ai 7-8 metri circa dal piano campagna, anche se con rilevanti oscillazioni da punto a punto, in ragione, come si è detto, della natura erosionale del top del substrato stesso, coincidente con la superficie di appoggio delle ghiaie fluviali.

⁽⁷⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., *"Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro"*, Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

5.2.2. Indagini geognostiche

Per un primo inquadramento, in termini di caratterizzazione geotecnica, dei depositi alluvionali affioranti lungo il fondovalle del Tanaro nel tratto in esame, si può fare riferimento ai risultati di precedenti studi ed indagini svolte nel tratto immediatamente a monte di Asti, nell'ambito dei quali erano state effettuate numerose indagini geognostiche lungo la piana di fondovalle ⁽⁸⁾.

Durante l'effettuazione di tali indagini, al fine di quantificare lo stato di addensamento dei depositi attraversati, erano state effettuate delle prove penetrometriche di tipo SPT (Standard Penetration Test).

Durante l'esecuzione di queste prove, vengono i contati i colpi N del maglio, di peso e dimensioni standardizzate, necessari ad infiggere il campionatore, sul fondo del foro di sondaggio, di tre tratti consecutivi da 15 cm.

Ai fini delle prove viene considerato il valore di N_{spt} dato dalla somma degli ultimi due tratti, in quanto si considera che, nei primi 15 cm, il terreno risenta ancora dell'effetto di disturbo connesso alla trivellazione.

I valori di N_{spt} in colpi/piede (n. di colpi per un avanzamento di circa 30 cm) rappresentano il valore maggiormente utilizzato nelle correlazioni, reperibili in bibliografia, per la determinazione dei diversi parametri di resistenza e deformabilità del terreno.

Le prove N_{spt} , essendo state effettuate a profondità di 1.5, 3.0, 4.5 e 6.0 m dal p.c., avevano consentito di indagare lo stato di addensamento dell'intero spessore del deposito alluvionale ghiaioso sabbioso.

Sondaggio:	A17	A16	A15	A14	A13	A12	A11
Località:	Guarene	Barbaresco	Neive	Magliano	Magliano	Castagnole	Govone
Profondità (m dal p.c.):	Valori del parametro N_{spt} (colpi/piede):						
1,5	30	11	19	6	5	42	7
3,0	50	31	25	27	49	18	8
4,5	51	32	46	25	24	31	53
6,0	39	55	65	65	20	58	52

I risultati visualizzati in tabella possono essere così riassunti:

- il grado di addensamento del deposito alluvionale tende ad aumentare, in modo proporzionale, al crescere della profondità di indagine;
- il grado di addensamento è medio in superficie (a 1,5 m si hanno N_{spt} compresi tra 5-10 e 30-40 colpi/piede) per divenire alto in profondità (N_{spt} variabili da 30 sino a oltre 50 colpi/piede).

⁽⁸⁾ Cfr.: S.A.T.A.P. S.p.A. e A.S.T.M. S.p.A. – Progetto ed indagini per il collegamento autostradale Asti – Cuneo.

Questi dati sono stati sostanzialmente confermati dai risultati delle prove penetrometriche effettuate nell'ambito di alcuni sondaggi svolti, negli anni trascorsi, nell'ambito dei terreni di cava oggetto del presente studio, e che hanno fatto riscontrare i valori di N_{spt} riportati nella seguente tabella:

Sondaggio:	S1	S2	S3
Profondità (m dal p.c.):	Valori del parametro N_{spt} (colpi/piede):		
3,0		10	
4,5	38		56

I parametri geotecnici dei terreni presenti sino alla profondità di scavo prevista dal progetto di coltivazione possono pertanto essere desunti dai risultati delle prove penetrometriche, ricorrendo a correlazioni sperimentali riportate nella letteratura tecnica.

5.2.3. Interpretazione dei risultati delle indagini geognostiche

5.2.3.1. Inquadramento ad ampia scala

Per la caratterizzazione geotecnica delle formazioni alluvionali che costituiscono il giacimento di interesse estrattivo, in cui saranno modellati i fronti di scavo, e soprattutto le scarpate perimetrali, nella cava in progetto, si è provveduto innanzitutto, per un inquadramento preliminare ad ampia scala, all'interpretazione dei dati ottenuti mediante le prove SPT effettuate nell'ambito dei sondaggi descritti in precedenza, eseguiti in aree limitrofe della piana di fondovalle del Tanaro, in un contesto geologico del tutto analogo ed equivalente a quello oggetto del presente studio.

Durante l'esecuzione delle prove di questo tipo vengono contati i colpi N del maglio (di peso ed altezza di caduta standardizzate) necessari ad infiggere il campionatore nel terreno, al fondo del foro di sondaggio, così da farlo avanzare di tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno, ottenendo così una terna di valori (N_1 , N_2 ed N_3). Ai fini dell'interpretazione delle prove viene considerato, convenzionalmente, il valore di N_{SPT} dato dalla somma degli ultimi due tratti ($N_2 + N_3$), ipotizzando che nei primi 15 cm il terreno risenta ancora dell'effetto di "disturbo" associato alla precedente terebrazione condotta sino a quella quota.

I valori di N_{SPT} in colpi/piede (n. di colpi per un avanzamento di 1 piede, unità di misura anglosassone pari a circa 30 cm) rappresentano il valore maggiormente utilizzato nelle correlazioni, reperibili in bibliografia, per la determinazione dei diversi parametri di resistenza e deformabilità del terreno.

Per procedere all'interpretazione dei risultati delle prove in sito, si deve considerare che, tra i principali parametri geotecnici utilizzati per quantificare le proprietà di un terreno, vi è innanzitutto la *densità relativa* (Dr): si tratta di un parametro che quantifica l'addensamento di un terreno sotto forma di un valore percentuale rispetto all'addensamento massimo che potrebbe essere conferito, a quel terreno, mediante costipamento con mezzi meccanici, o che il terreno stesso verrebbe progressivamente ad assumere, in natura, durante la sua storia geologica, per effetto del peso degli strati di terreno che lo sovrastano.

A tale scopo, per il calcolo della densità relativa si può utilizzare il diagramma di Gibbs e Holtz, allegato nel seguito, utilizzando come dati di *input* i risultati delle prove penetrometriche effettuate nei sondaggi citati in precedenza, sotto forma dei valori del parametro N_{SPT} quantificati per gli orizzonti attraversati durante la penetrazione.

Nella tabella riportata nel seguito, i valori di N_{SPT} ottenuti nelle prove in sito eseguite nei sondaggi svolti a corredo della progettazione del collegamento Asti - Cuneo, vengono messi in correlazione con la pressione verticale litostatica che si ha, alla corrispondente profondità, per effetto del peso della colonna di terreno soprastante. Questa pressione, indicata come σ_v e misurata in t/m^2 , è data dal prodotto della profondità z , ossia dell'altezza della colonna di terreno soprastante, espressa in metri, per il peso di volume del terreno stesso.

Per poter calcolare il *carico litostatico* (σ_v , espresso in t/m^2) agente alla profondità relativa in ogni punto di misura (Z , espressa in m dal p.c.), in prima approssimazione è stato assegnato ai

depositi ghiaioso-sabbiosi che costituiscono questo settore del fondovalle alluvionale del Tanaro un *peso di volume* (γ) di $1,9 \text{ t/m}^3$.

Per una correlazione più accurata, occorre sottrarre alla pressione verticale così calcolata la spinta idrostatica U , associata alla presenza della falda acquifera, così da ottenere la pressione verticale efficace, indicata come σ'_v e misurata anch'essa in t/m^2 , e quantificata sulla base del livello piezometrico della falda freatica: nel caso in esame, si è fatto riferimento ai dati sulla soggiacenza della falda rilevati in occasione dell'effettuazione delle indagini in foro ⁽⁹⁾.

Sondaggio A11, quota falda: 3,90 m da p.c.

Z(m)	$\sigma_v(\text{t/m}^2)$	U (t/m^2)	$\sigma'_v(\text{t/m}^2)$	N _{spt}	Dr (%)
1,50	2,85	----	2,85	7	60%
3,00	5,7	----	5,7	8	60%
4,50	8,55	0,60	7,95	53	> 90%
6,00	11,4	2,10	9,3	52	> 90%

Sondaggio A12, quota falda: 2,90 m da p.c.

Z(m)	$\sigma_v(\text{t/m}^2)$	U (t/m^2)	$\sigma'_v(\text{t/m}^2)$	N _{spt}	Dr (%)
1,50	2,85	----	2,85	42	> 90%
3,00	5,7	0,10	5,6	18	80%
4,50	8,55	1,60	6,95	31	90%
6,00	11,4	3,10	8,3	58	> 90%

Sondaggio A13, quota falda: 2,90 m da p.c.

Z(m)	$\sigma_v(\text{t/m}^2)$	U (t/m^2)	$\sigma'_v(\text{t/m}^2)$	N _{spt}	Dr (%)
1,50	2,85	----	2,85	5	55%
3,00	5,7	0,10	5,6	49	> 90%
4,50	8,55	1,60	6,95	24	85%
6,00	11,4	3,10	8,3	20	75%

⁽⁹⁾ Cfr.: S.A.T.A.P. S.p.A. e A.S.T.M. S.p.A. – Progetto ed indagini per il collegamento autostradale Asti – Cuneo; Progetto esecutivo – Geotecnica; vol. 2.8 – Indagini in sito: Tratto II – Isola d'Asti - Alba.

Sondaggio A14, quota falda: 4,00 m da p.c.

Z(m)	$\sigma_v(t/m^2)$	U (t/m ²)	$\sigma'_v(t/m^2)$	N _{spt}	Dr (%)
1,50	2,85	----	2,85	6	60%
3,00	5,7	----	5,7	27	90%
4,50	8,55	0,50	8,05	25	85%
6,00	11,4	2,00	9,4	65	> 90%

Sondaggio A15, quota falda: 4,90 m da p.c.

Z(m)	$\sigma_v(t/m^2)$	U (t/m ²)	$\sigma'_v(t/m^2)$	N _{spt}	Dr (%)
1,50	2,85	----	2,85	19	90%
3,00	5,7	----	5,7	25	90%
4,50	8,55	----	8,55	46	> 90%
6,00	11,4	1,10	10,3	65	> 90%

Sondaggio A16, quota falda: 3,50 m da p.c.

Z(m)	$\sigma_v(t/m^2)$	U (t/m ²)	$\sigma'_v(t/m^2)$	N _{spt}	Dr (%)
1,50	2,85	----	2,85	11	70%
3,00	5,7	----	5,7	31	90%
4,50	8,55	1,00	7,55	32	90%
6,00	11,4	2,50	8,9	55	> 90%

Sondaggio A17, quota falda: 3,00 m da p.c.

Z(m)	$\sigma_v(t/m^2)$	U (t/m ²)	$\sigma'_v(t/m^2)$	N _{spt}	Dr (%)
1,50	2,85	----	2,85	30	> 90%
3,00	5,7	----	5,7	50	> 90%
4,50	8,55	1,50	7,05	51	> 90%
6,00	11,4	3,00	8,4	39	> 90%

Riportando sul diagramma di Gibbs & Holtz, allegato nel seguito, le diverse coppie di valori N_{spt}/pressione verticale efficace, si ottengono infatti i corrispondenti valori del parametro densità relativa Dr.

I valori ottenuti sono per lo più molto elevati, e ricadono per la maggior parte in un campo caratterizzato da densità relative superiori all'80-90%%, anche se localmente si rinvenivano lenti ed

intercalazioni, soprattutto nei livelli superficiali del deposito, caratterizzate da un minor addensamento, dell'ordine del 55 – 60%.

Sulla base di questa quantificazione, si può procedere alla determinazione dell'*angolo di resistenza al taglio* (o *angolo di attrito interno*), comunemente indicato con la lettera greca ϕ ("phi"): esso è definito, sperimentalmente, come l'angolo compreso tra l'ascissa e la tangente alla curva che rappresenta la relazione tra la resistenza al taglio e gli sforzi normali agenti all'interno del terreno.

Utilizzando il metodo di Schmertmann, mediante un apposito foglio di calcolo allegato al testo "*Ingegneria geotecnica e geologia applicata*" del dott. geol. Faustino Cetraro, edito nel 2007 dalla EPC Libri di Roma, si è pertanto provveduto a calcolare, per i sondaggi considerati, l'angolo di attrito del materiale in esame partendo dal numero di SPT e dalla Dr; i valori ottenuti sono riportati nella tabella di seguito allegata, e risultano compresi tra i 36° ed i 46°.

Sondaggio	Profondità	N _{spt}	Dr	Angolo di attrito
A11	1,50	7	60%	38
	3,00	8	60%	38
	4,50	53	> 90%	46
	6,00	52	> 90%	46
A12	1,50	42	> 90%	41
	3,00	18	80%	44
	4,50	31	90%	45
	6,00	58	> 90%	46
A13	1,50	5	55%	36
	3,00	49	> 90%	41
	4,50	24	85%	45
	6,00	20	75%	44
A14	1,50	6	60%	36
	3,00	27	90%	45
	4,50	25	85%	45
	6,00	65	> 90%	46
A15	1,50	19	90%	45
	3,00	25	90%	45
	4,50	46	> 90%	46
	6,00	65	> 90%	46
A16	1,50	11	70%	38
	3,00	31	90%	41
	4,50	32	90%	45
	6,00	55	> 90%	46

A17	1,50	30	> 90%	41
	3,00	50	> 90%	46
	4,50	51	> 90%	46
	6,00	39	> 90%	46

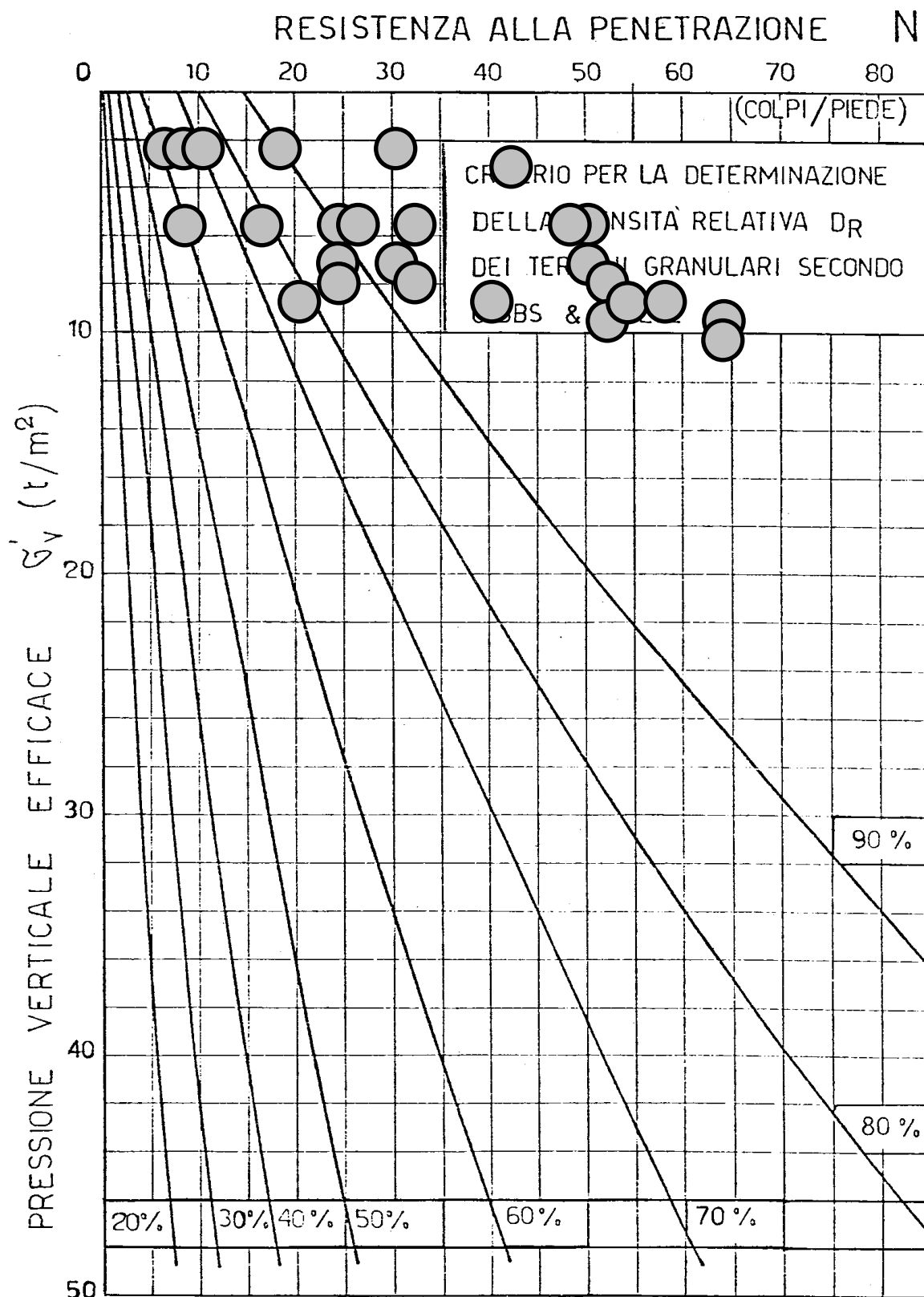


Diagramma di Gibbs & Holtz : valori di densità relativa ricavati mediante l'interpretazione dei risultati delle indagini geonostiche condotte nell'ambito della progettazione del tratto Alba – Isola d'Asti dell'Autostrada Asti - Cuneo.

5.2.3.2. Interpretazione dei dati rilevati in sito

Per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio dei depositi alluvionali affioranti presso l'area di cava, che costituiscono il giacimento di interesse estrattivo e nei quali saranno modellati i fronti di scavo nella cava in progetto, si è fatto riferimento ai risultati delle prove penetrometriche effettuate in sito, svolte durante la realizzazione dei sondaggi S1, S2 ed S3, riassunti nella tabella di seguito allegata.

Sondaggio:	S1	S2	S3
Profondità (m dal p.c.):	Valori del parametro N_{spt} (colpi/piede):		
3,0		10	
4,5	38		56

Come già in precedenza, questi valori sono stati messi in correlazione con la pressione verticale litostatica che si ha, alla corrispondente profondità, per effetto del peso della colonna di terreno soprastante.

Questa pressione, indicata come σ_v e misurata in t/m^2 , è data dal prodotto della profondità z , ossia dell'altezza della colonna di terreno soprastante, espressa in metri, per il peso di volume del terreno stesso: anche in questo caso, è stato assegnato ai depositi ghiaioso-sabbiosi che costituiscono questo settore della pianura alluvionale adiacente il f. Tanaro un *peso di volume* (γ) di $1,9 t/m^3$.

Vista l'assenza di falda nei livelli attraversati ed indagati durante le prove, non si rende necessario sottrarre alla pressione verticale la spinta idrostatica U .

Dall'interpretazione dei risultati delle prove geotecniche in sito, si sono ottenuti i risultati illustrati nella tabella di seguito allegata.

Sondaggio	Z(m)	$\sigma_v(t/m^2)$	N_{spt}	Dr (%)
S1	4,50	8,55	38	>90%
S2	3,00	5,7	10	60%
S3	4,50	8,55	56	>90%

Anche in questo caso, riportando sul diagramma di Gibbs & Holtz, allegato nel seguito, le diverse coppie di valori N_{spt} /pressione verticale efficace, si ottengono i corrispondenti valori del parametro densità relativa Dr : i valori ottenuti a 4,5 m dal p.c. sono molto elevati, e ricadono nel campo caratterizzato da densità relative superiori al 90%, in modo del tutto analogo alla “nuvola” di punti rappresentativi dei risultati ottenuti, per profondità analoghe, nelle indagini svolte in precedenti studi progettuali, discussi in precedenza relativamente all'inquadramento ad ampia scala.

Nel caso dei sondaggi effettuati in sito, risulta significativo il fatto che si incontrino generalmente livelli di materiale caratterizzato da un elevato addensamento, stimabile nel 90 – 95%,

mentre occasionalmente si possono avere lenti ed intercalazioni meno addensati, concentrati soprattutto nei livelli più superficiali.

Anche in questo caso, sulla base di questa quantificazione della densità relativa D_r , si può procedere alla determinazione dell'*angolo di resistenza al taglio* (o *angolo di attrito interno*), comunemente indicato con la lettera greca ϕ ("phi").

Utilizzando il metodo di Schmertmann, mediante un apposito foglio di calcolo allegato al testo "*Ingegneria geotecnica e geologia applicata*" del dott. geol. Faustino Cetraro, edito nel 2007 dalla EPC Libri di Roma, si è provveduto a calcolare, per le prove considerate, l'angolo di attrito del materiale costituente il giacimento alluvionale oggetto di interesse estrattivo, partendo dal numero di SPT e dalla D_r ; i valori ottenuti sono riportati nel seguito.

Per procedere al calcolo, sulla base delle stratigrafie dei sondaggi il deposito eterogeneo presente nel sottosuolo dell'area in esame è stato considerato come un *ghiaietto uniforme*, relativamente alla prova eseguita in S1 a 4,5 m dal p.c., mentre è stato considerato come *sabbia media* per la prova in S2 (a 3,0 m dal p.c.) ed infine come *sabbia grossolana* per la prova in S3 (a 4,50 m dal p.c.), ottenendo valori di angolo di attrito dell'ordine di $38^\circ - 45^\circ$, pienamente congruenti con il range di valori ottenuto dall'interpretazione dei sondaggi e delle prove in sito svolte ad ampia scala.

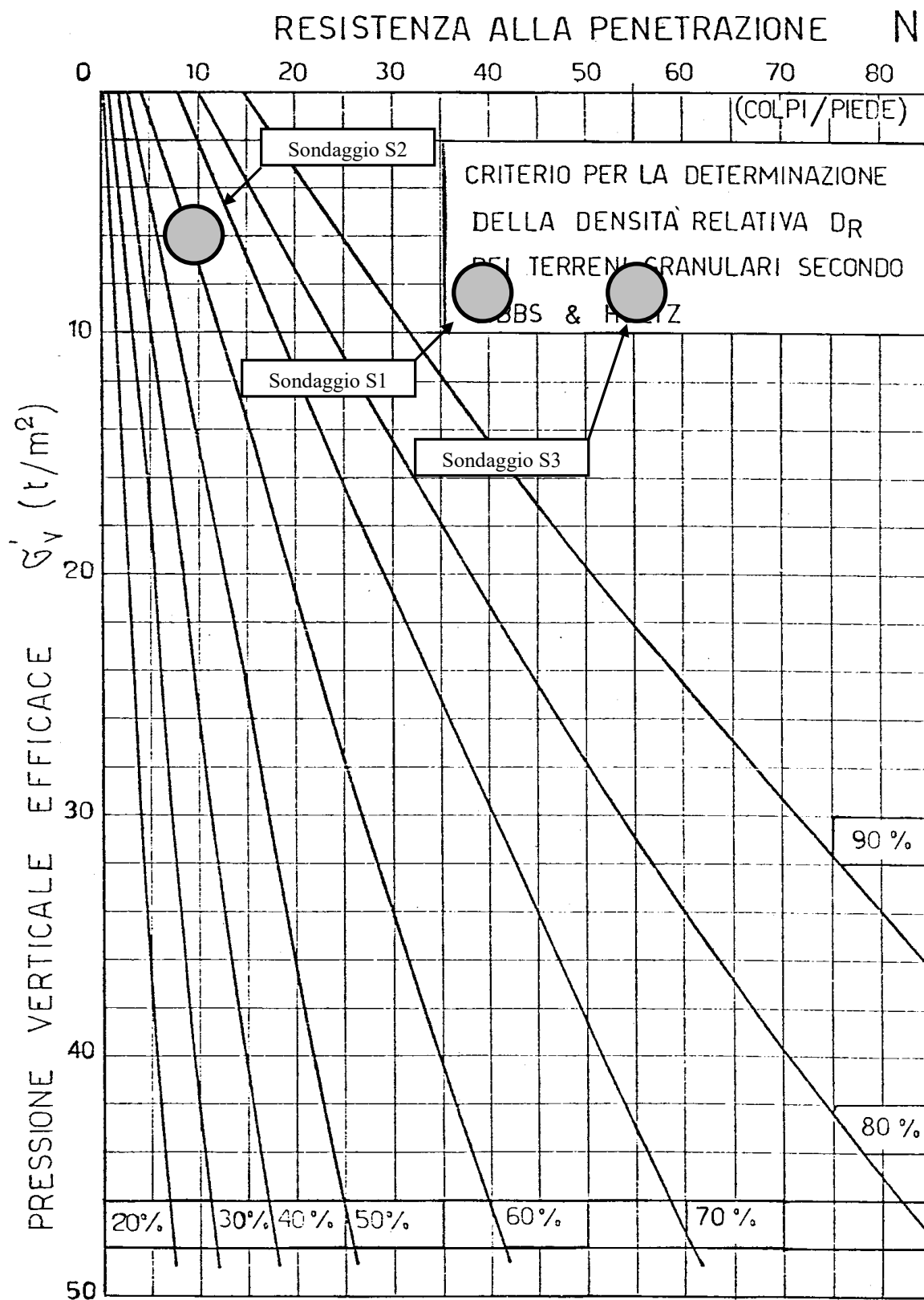


Diagramma di Gibbs & Holtz relativo ai risultati delle prove eseguite nei sondaggi effettuati presso il sito di cava.

Quantificazione dell'angolo di attrito mediante metodo di Schmertmann
 Deposito alluvionale ghiaioso – sabbioso – Sondaggio 1, 2 e 3

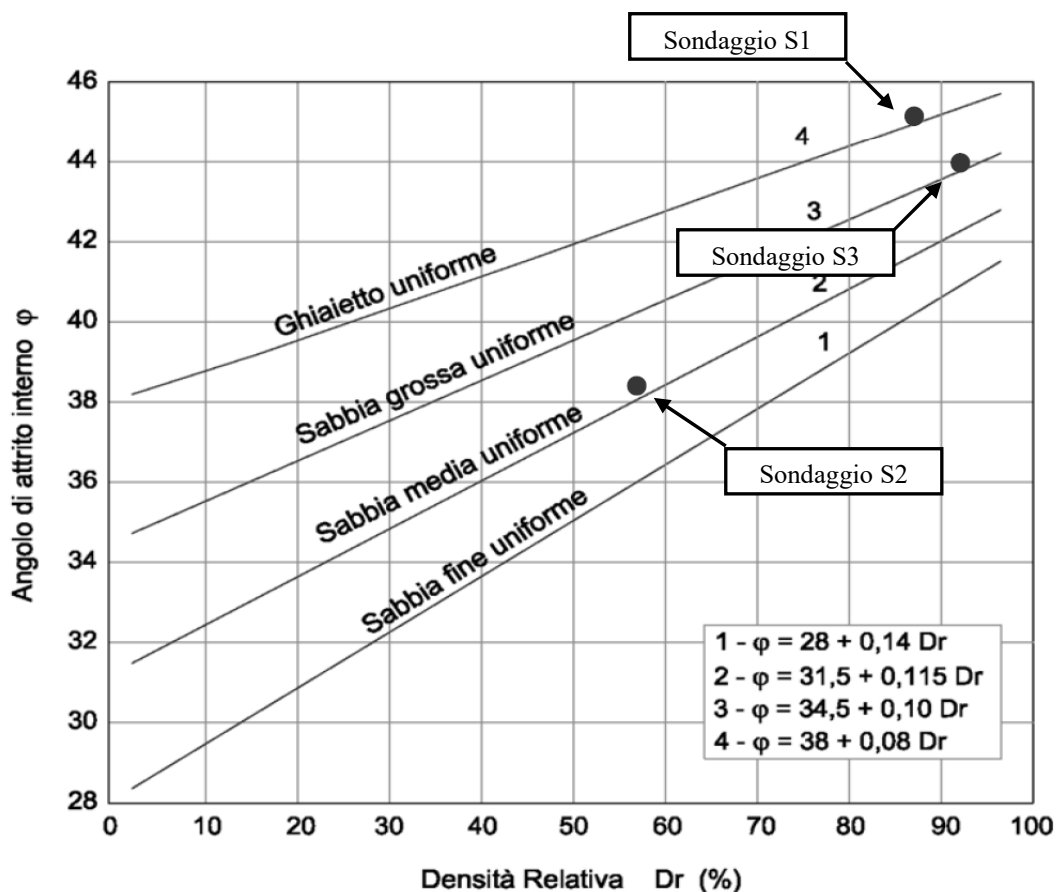
Profondità [m]	Dr [%]	ϕ [gradi]	LITOLOGIA			
			1	2	3	4
4,50	90%	45				X
3,00	60%	38		X		
4,50	95%	44			X	

1 = sabbia fine

3 = sabbia grossa

2 = sabbia media

4 = ghiaie



5.2.4. Determinazione dei parametri geotecnici

Per la determinazione dei valori caratteristici del parametro ϕ , ossia dell'angolo di attrito interno, che nel caso in esame rappresenta quello più significativo per i terreni presenti in sito (costituiti da materiali alluvionali grossolani), si è partiti innanzitutto dall'interpretazione, svolta nel paragrafo precedente, dei dati ottenuti mediante le prove SPT effettuate nell'ambito dei sondaggi eseguiti in aree limitrofe, in un analogo contesto geologico.

Ciò al fine di inquadrare correttamente i risultati ottenuti nelle indagini specifiche svolte in sito: per la determinazione dei valori caratteristici del parametro ϕ , ossia dell'angolo di attrito interno, si è partiti infatti dall'interpretazione dei risultati delle prove svolte in sito, una volta verificato che queste ultime fornissero risultati coerenti ed inquadrabili nel contesto locale, così da ottenere i corrispondenti valori di angolo di attrito del terreno, riassunti nelle tabelle e nei grafici allegati in precedenza.

In particolare, dalle elaborazioni effettuate, svolte utilizzando il metodo di Schmertmann, mediante un apposito foglio di calcolo allegato al testo *“Ingegneria geotecnica e geologia applicata”* del dott. geol. Faustino Cetraro, edito nel 2007 dalla EPC Libri di Roma, si è provveduto a calcolare, per le prove eseguite e per profondità tali da indagare il livello ghiaioso- sabbioso che, sino ad una profondità massima di 4 - 5 m dal p.c., costituisce il giacimento oggetto di coltivazione nella cava in oggetto, l'angolo di attrito del materiale in esame, partendo dal numero N che esprime la resistenza alla perforazione (preventivamente convertito in valori SPT) e dalla D_r ; i valori ottenuti sono compresi tra i 38° ed i 45°.

Rispetto a quanto previsto dalle precedenti normative in materia, in particolare il D.M. 11.03.1988, nell'ambito delle NTC, che riprendono le normative europee note come *“Eurocodice 7”* (EC07), per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi però *“una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato”*.

In particolare, secondo quanto riportato al par. C6.2.2. della *“Circolare esplicativa”* alle NTC, per una corretta scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ⁽¹⁰⁾ appare giustificato il riferimento a valori prossimi a quelli medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità in esso presenti.

Nel caso in esame, data la ridotta altezza dei fronti di scavo nella cava in oggetto, pari ad un valore massimo di soli 4 – 5 metri, spesso suddivisi, per di più, in due passate da 2 – 3 m circa (congruenti cioè con le capacità e le potenzialità delle macchine movimento terra utilizzate per la coltivazione mineraria), anche i possibili cinatismi saranno caratterizzati da dimensioni (in termini di larghezza coinvolta) di pari entità, tali cioè da interessare piccoli volumi di terreno: assume quindi importanza tenere conto di possibili eterogeneità a piccola scala.

⁽¹⁰⁾ Nella notazione adottata nell'Eurocodice 7 e nelle NTC, i parametri caratteristici vengono individuati mediante il suffisso k in pedice (es. ϕ_k), a differenza di quelli di progetto per cui si utilizza il pedice d (es. ϕ_d).

Per la caratterizzazione geotecnica delle formazioni incoerenti di copertura si è quindi fatto riferimento, cautelativamente, al 5° percentile della distribuzione dei valori ottenuti, che, secondo l'Eurocodice 7, rappresenta il valore statistico caratteristico del parametro geotecnico in esame (in questo caso l'angolo di attrito interno ϕ , che è quello più significativo per i terreni presenti in sito, costituiti da materiali alluvionali grossolani).

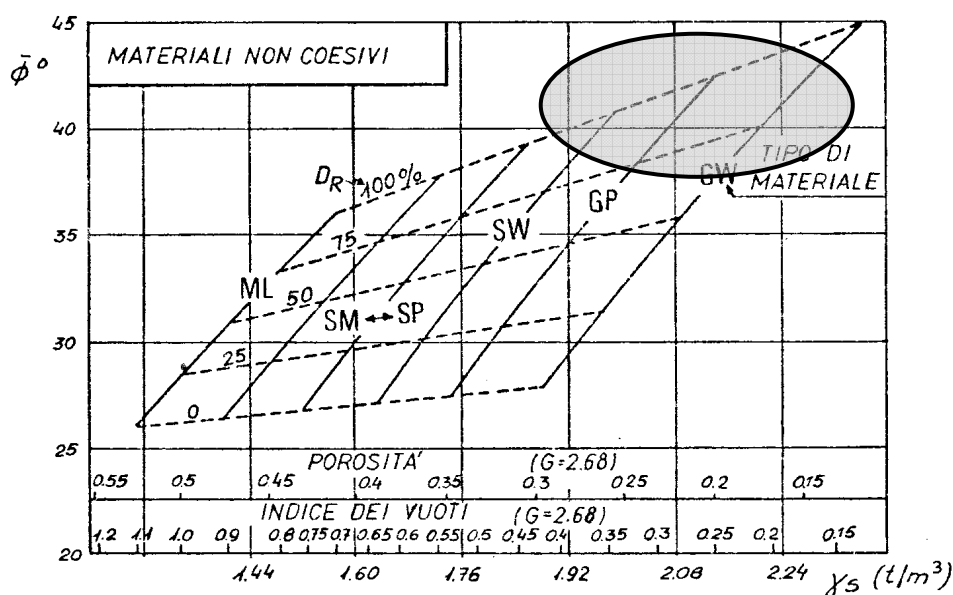
Per la determinazione dei valori caratteristici del parametro ϕ , ossia dell'angolo di attrito interno, dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT effettuate presso il sito in esame, nell'ambito dei sondaggi S1, S2 ed S3, sono stati ottenuti pertanto i corrispondenti valori di angolo di attrito del terreno, riassunti nelle tabelle e nei grafici allegati in precedenza; per i valori così ottenuti è stato poi calcolato il 5° percentile della distribuzione dei dati dell'angolo di attrito: dovendo partire per l'elaborazione statistica da un campione di soli 3 valori, avendo verificato che i valori ottenuti in sito si inquadrano pienamente nel contesto geologico della zona, l'analisi statistica è stata svolta però considerando anche i valori ottenuti, per le medesime profondità indagate (ossia 3,00 e 4,50 m dal p.c.), dall'interpretazione dei precedenti dati, così da poter operare su un campione complessivo di 17 dati.

Dai calcoli effettuati, svolti utilizzando l'apposito foglio di calcolo in ambiente ExcelTM messo a punto dal dott. geol. Luca Nori, e distribuito dall'Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte in occasione del corso di aggiornamento professionale relativo a "*Caratterizzazione geotecnica e parametri di progetto secondo l'EC7 e il DM 14 01 08 - Norme Tecniche per le Costruzioni*", risulta che il valore caratteristico dell'angolo di attrito è pari a $\phi_k = 39,5^\circ$.

Si tratta di un valore in sostanziale accordo con quanto può essere ottenuto, sempre utilizzando i valori di *densità relativa* (Dr) ottenuti in precedenza, riportandoli nel diagramma sperimentale NAV-FAC riportato nel seguito ⁽¹¹⁾; per un misto ghiaioso-sabbioso come il terreno in esame (classificabile come intermedio tra le sabbie ghiaiose SW e le ghiaie a granulometria mista GW), con una densità relativa media pari all'80 - 90% e oltre, si ricava infatti un angolo di resistenza al taglio dell'ordine di circa 40° o poco più.

Cautelativamente, nell'ambito delle verifiche di stabilità dei fronti di scavo della cava in oggetto il valore della coesione del terreno in esame sarà invece considerato nullo ($c = 0$), al fine di considerare l'effetto di "disturbo" dovuto allo scavo mediante mezzi meccanici.

⁽¹¹⁾ Si tratta di un diagramma di correlazione elaborato dall'U.S. Naval Publ. and Forms Center di Philadelphia, comunemente noto come "NAV-FAC".



VALORI DI $\bar{\phi}$ PER VARI TIPI DI TERRENO (navfac-1971)

- ML – limi inorganici, sabbie limose molto fini
- SM – sabbie limose
- SP – sabbie, sabbie ghiaiose con granulometria uniforme
- SW – sabbie a granulom. mista, sabbia ghiaiosa
- GP – ghiaia a granulom. uniforme
- GW – ghiaia a granulom. mista, misto ghiaia e sabbia

Diagramma NAV-FAC

5.3. Analisi sismica

5.3.1. Inquadramento normativo

Negli anni trascorsi, la principale normativa sismica di riferimento, per il territorio italiano, era costituita dall'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274, avente per oggetto *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*, modificata dalla successiva O.P.C.M. 2 ottobre 2003, n. 3316 *“Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003”*.

Tali norme disciplinavano la progettazione di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti cui devono soddisfare i siti di costruzione ed i terreni di fondazione in presenza di tali azioni.

Al momento attuale, la succitata normativa di riferimento in materia sismica risulta aggiornata per effetto dell'entrata in vigore, a far data dal 1° luglio 2009, del D.M. 14.01.2008 *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* (le cosiddette “NTC”), con la relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: *“Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”* (G.U. n. 47 del 26.02.2009), e del successivo Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*” (c.d. “NTC2018”), pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 22.02.2018 (Suppl. Ordinario n. 8).

Nell'ambito del presente studio, l'analisi sismica, così come quella di stabilità dei fronti di scavo nella cava in esame, è stata sviluppata facendo riferimento ai criteri riportati nella suddetta normativa in materia di costruzioni: ai sensi dell'art. 2, comma 2, del citato D.M. 17 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*” (c.d. “NTC2018”), in base al quale *“Per le opere private le cui opere strutturali siano in corso di esecuzione o per le quali sia già stato depositato il progetto esecutivo, ai sensi delle vigenti disposizioni, presso i competenti uffici prima della data di entrata in vigore delle Norme tecniche per le costruzioni di cui all'art. 1, si possono continuare ad applicare le previgenti Norme tecniche per le costruzioni fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi”*, il presente studio è stato redatto ai sensi delle *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* (NTC) di cui al D.M. 14.01.2008, con relativa Circolare esplicativa del 02.02.2009, che hanno aggiornato ed integrato le precedenti norme di cui al D.M. 11.03.88 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*.

5.3.2. Azione sismica propria dei terreni in esame secondo le NTC

5.3.2.1. Finalità e principi della zonazione sismica

Per effetto delle modifiche e degli aggiornamenti introdotti dal D.M. 14.01.2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC), con la relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: “*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*” (G.U. n. 47 del 26.02.2009), l'azione sismica viene ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, procedendo all'analisi sito per sito e costruzione per costruzione, e non più riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con singole entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva invece in precedenza.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “*periodo di riferimento*” (V_R) e la probabilità di accadimento è denominata “*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*” (P_{V_R}).

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è quindi definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{V_R} :

- a_g = accelerazione massima al sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento (attualmente fornita dallo INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), mentre F_0 e T_c^* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

I valori di a_g , F_0 e T_c^* sono riportati nell'allegato B alle NTC, nel quale di essi si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno (T_R) per l'intero territorio nazionale.

5.3.2.2. Stati limite di riferimento

Ai sensi del par. 3.2.1. delle NTC, gli stati limite di riferimento nei confronti delle azioni sismiche, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Come specificato nella relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: *“Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”* (G.U. n. 47 del 26.02.2009), le modifiche apportate dalle NTC alle precedenti disposizioni, definite in un quadro operativo finalizzato a sfruttare al meglio la puntuale definizione della pericolosità di cui si dispone, hanno portato a fare riferimento a 4 stati limite per l'azione sismica.

Sono stati dunque portati a due gli Stati Limite di Esercizio (SLE), facendo precedere lo Stato Limite di Danno (SLD) - ridefinito come stato limite da rispettare per garantire inagibilità solo temporanee nelle condizioni postsismiche - dallo Stato Limite di immediata Operatività (SLO), particolarmente utile come riferimento progettuale per le opere che debbono restare operative durante e subito dopo un terremoto (ospedali, caserme, centri della protezione civile, etc...), in tal modo articolando meglio le prestazioni della struttura in termini di esercizio.

Gli stati limite di esercizio sono così definiti:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

In modo analogo, sono stati portati a due gli Stati Limite Ultimi (SLU) facendo seguire allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), individuato definendo puntualmente lo stato limite ultimo, lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC), particolarmente utile come riferimento progettuale per alcune tipologie strutturali (strutture con isolamento e dissipazione di energia) e, più in generale, nel quadro complessivo della progettazione antisismica.

Più precisamente, gli stati limite ultimi sono così definiti:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

I quattro stati limite così definiti consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (**SLO, SLD, SLV, SLC**), fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi “continuo” le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

Ai quattro stati limite sono stati attribuiti (Cfr.: Tabella 3.2.I delle NTC) valori della probabilità di superamento P_{VR} pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, valori che restano immutati qualunque sia la classe d'uso della costruzione considerata; tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento V_R proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.

Nel caso in oggetto, le verifiche di stabilità e la quantificazione preliminare dei parametri sismici sono state effettuate considerando, come stato limite di riferimento, quello di operatività (Stato Limite di Operatività - SLO) e, più precisamente, facendo riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

5.3.2.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

Ai sensi del par. 2.4.3. delle NTC, le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

A tale proposito, la vita nominale V_N di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I delle NTC.

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

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

Nel caso in esame, la problematica da affrontare è decisamente specifica ed in qualche modo “anomala” rispetto al contesto per cui sono state concepite e definite le normative sismiche ⁽¹²⁾, in quanto non si tratta di una “costruzione”, ossia di un’opera artificiale destinata ad ospitare persone e/o strutture ed impianti, bensì di una cava, ossia di un sito in cui viene asportata, da parte dell’uomo, una porzione di “geomassa” naturale rappresentata dal giacimento estrattivo.

Dal punto di vista della “vita nominale”, pertanto, nella cava in progetto i fronti di scavo possono essere attribuiti alla tipologia individuata dalle NTC come tipo di costruzione “2 – Opere ordinarie”; quale vita nominale dei fronti di coltivazione della cava in progetto si è pertanto adottato un valore di $V_N = 50$ anni.

Per quanto riguarda invece la classe d’uso, in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise, secondo le NTC, in classi d’uso così definite:

- *Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso *III* o in Classe d’uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- *Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- *Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore del coefficiente d’uso C_U è definito, al variare della classe d’uso, come mostrato nell’allegata Tab. 2.4.II delle NTC:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d’uso C_U

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

⁽¹²⁾ NB: Non a caso, il precedente D.M. 11.03.1988 escludeva esplicitamente dal proprio campo di applicazione i “fronti di scavo nelle miniere e nelle cave”, riconoscendone la natura peculiare e specifica.

Anche su tale tematica, si deve ricordare il carattere assolutamente peculiare e specifico delle attività estrattive, che non possono essere assimilate concettualmente né ad una “costruzione” destinata ad ospitare persone o attività, né ad una “industria”.

Nel caso in esame, l’opera in progetto può essere attribuita alla **classe d’uso I**, in quanto non è previsto un grosso affollamento dell’area né in fase di produzione e coltivazione, né in una fase successiva; l’accesso all’area di cava, in fase di coltivazione, sarà anzi strettamente limitato al solo personale (peraltro in numero ridotto) che vi opererà per la coltivazione mineraria ed il recupero ambientale, con l’esplicito divieto di accesso da parte di estranei; si può pertanto adottare un valore di $C_U = 0,7$.

Il periodo di riferimento V_R che si ricava risulta quindi pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 0,7 = 35 \text{ anni.}$$

Una volta valutato il periodo di riferimento V_R della costruzione (espresso in anni), ottenuto come prodotto tra la vita nominale V_N fissata all’atto della progettazione ed il coefficiente d’uso C_U che compete alla classe d’uso nella quale la costruzione ricade (par. 2.4 delle NTC), si ricava poi, per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , il periodo di ritorno T_R del sisma.

Si utilizza a tal fine la relazione:

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

5.3.3. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

In base alle NTC, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento innanzitutto ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III delle NTC). Le condizioni di riferimento rigido citate in precedenza, infatti, non corrispondono in generale a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della “risposta sismica locale”, termine con il quale si intende l'azione sismica quale essa emerge in “superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido a causa di effetti stratigrafici e topografici.

Dal punto di vista degli effetti stratigrafici, ai fini della classificazione dell'azione sismica di progetto, già prevista ai sensi della precedente O.P.C.M. 20.03.2003 n. 3274 ed aggiornata dalle NTC, si definiscono delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ricordando che i valori da utilizzare per V_S , N_{SPT} e c_u sono valori medi relativi a ciascuno strato.

Più dettagliatamente, la normativa distingue le seguenti 5 categorie di terreni di fondazione (Tab. 3.2.II delle NTC):

- A. formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m;
- B. depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa);
- C. depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/ e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 \text{ kPa} < c_u < 250 \text{ kPa}$);
- D. depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$, $c_u < 70$ kPa);
- E. profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare (Tab. 3.2.III delle NTC):

- S.1 depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa);

S.2 depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualunque altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti, il termine V_{S30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, che viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore, espresso in m, e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. Il sito viene classificato sulla base del valore di V_{S30} , se disponibile, altrimenti sulla base del valore di N_{SPT} .

Per quanto riguarda invece gli effetti topografici per condizioni topografiche complesse sarebbe necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; nel caso di configurazioni superficiali semplici, come nel caso in esame, si può adottare la classificazione riportata nella Tab. 3.2.IV delle NTC:

Tab. 3.2.IV – Categorie topografiche

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

Nel caso in esame, dal momento che il pendio oggetto di verifica di stabilità è costituito da un fronte artificiale di scavo modellato in una formazione costituita da un misto ghiaioso - sabbioso di origine alluvionale, si può adottare cautelativamente, come categoria di “terreno di fondazione”, un terreno di **categoria E**, definito da “*profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s*”.

Per quanto riguarda invece la categoria topografica, dal momento che, presso il sito in esame, posto sulla sommità pianeggiante del fondovalle alluvionale che si estende a sud del Tanaro, la coltivazione mineraria darà origine a dei fronti di scavo caratterizzati da un’inclinazione dell’ordine di circa 18° , ma con un’altezza massima dei fronti di scavo dell’ordine al massimo di 4 - 5 metri, si assume una categoria topografica pari a **T1**: ciò in quanto, come specificato nelle NTC, le categorie topografiche elencate nella succitata Tab. 3.2.IV “*devono essere considerate nella definizione dell’azione sismica se di altezza maggiore di 30 m*”.

5.3.4. Azione sismica locale

Come si è visto in precedenza, la pericolosità sismica del territorio nazionale è stata definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria B) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{VR} :

a_g = accelerazione massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

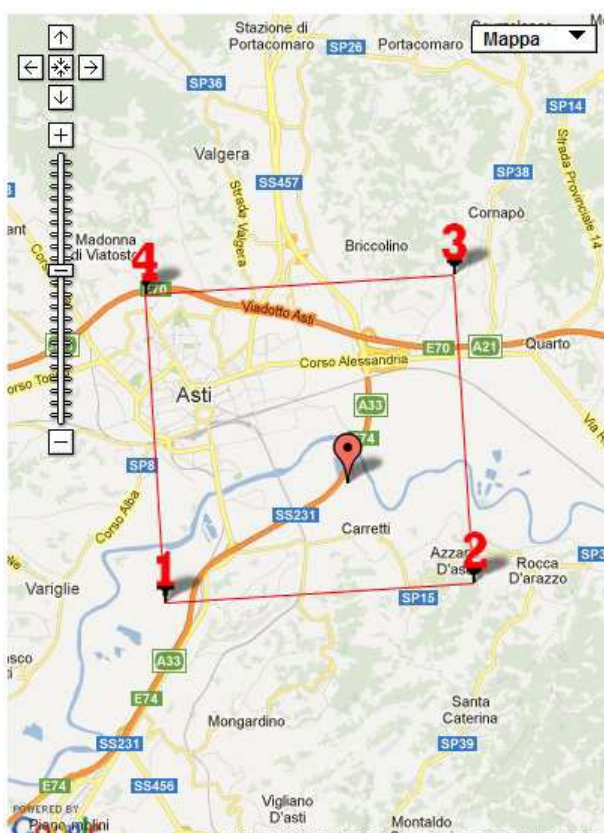
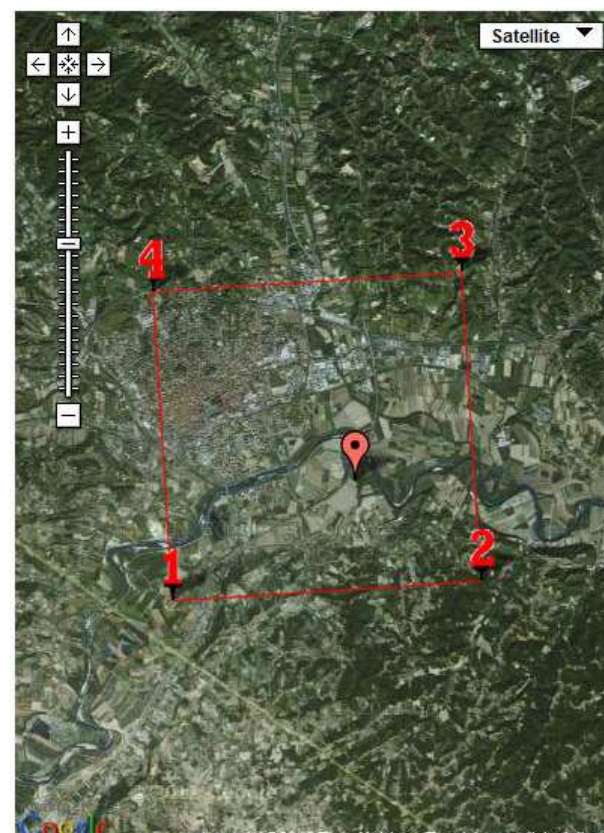
T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento (attualmente fornita dallo INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), mentre F_o e T_c^* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

I valori di a_g , F_o e T_c^* sono riportati in forma tabellare nell'allegato B alle NTC, nel quale di essi si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno (T_R) per l'intero territorio nazionale: i parametri in questione sono stati infatti calcolati per una maglia di “punto nodali” disposti a coprire l'intero territorio nazionale (il cosiddetto “reticolo di riferimento”).

Oltre alle tabelle allegate alle NTC, sono disponibili appositi programmi di calcolo, alcuni dei quali consultabili *on line*, che procedono automaticamente, sulla base dell'esatta ubicazione di un sito, espressa mediante le sue coordinate geografiche con i dati di latitudine e longitudine, ad una quantificazione delle sollecitazioni sismiche locali, interpolando opportunamente i dati relativi ai punti nodali tra i quali viene a ricadere il sito stesso.

Di seguito vengono riportati i dati relativi all'azione sismica locale, quantificata mediante i principali parametri sismici, tra i quali K_h e K_v , calcolati presso il sito in esame (visualizzato rispetto ai quattro punti nodali del “reticolo di riferimento” che lo contornano), ottenuti mediante l'apposito software disponibile *on line* sul sito *web* della GeoStru Software (fonte: <http://www.geostru.com/geoapp/parametrisismici.aspx>).

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84
 Lat. 44.884488 ° Long. 8.238373 °

(1)* Coordinate ED50
 Lat. 44.885446 ° Long. 8.239443 °

Classe dell'edificio
 I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli... Cu = 0.7

Vita nominale
 (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100) 50

Interpolazione Media ponderata

Calcola

Stato Limite	Tr [anni]	a ₀ [g]	F ₀	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0,017	2,611	0,161
Danno (SLD)	35	0,018	2,603	0,168
Salvaguardia vita (SLV)	332	0,038	2,681	0,268
Prevenzione collasso (SLC)	682	0,046	2,726	0,298
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

(fonte: <http://www.geostru.com/geoapp/parametrisismici.aspx>)

Dettaglio del sito:

Calcolo dei coefficienti sismici

☐ Muri di sostegno

☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

1

us (m)

0.1

Categoria sottosuolo

E

Categoria topografica

T1

Ss *

SLO

SLD

SLV

SLC

Amplificazione stratigrafica

1,60

1,60

1,60

1,60

Cc *

Coeff. funz categoria

2,39

2,35

1,95

1,87

St *

Amplificazione topografica

1,00

1,00

1,00

1,00

☐ Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,012	0,015
kv	0,003	0,003	0,006	0,007
Amax [m/s ²]	0,261	0,278	0,600	0,720
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Calcola

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

(fonte: <http://www.geostru.com/geoapp/parametrisismici.aspx>)

5.4. Verifiche di stabilità dei fronti di scavo a fine coltivazione

5.4.1. Problematiche generali

Nel caso della cava in esame, la verifica numerica di stabilità delle scarpate derivanti dall'attività estrattiva è stata effettuata ipotizzando la situazione morfologica e geomeccanica in cui esse si verranno a trovare al termine della coltivazione.

Ciò in quanto i terreni di cava, che verranno ribassati per effetto dell'attività estrattiva, risulteranno delimitati dai terreni circostanti per mezzo di una scarpata perimetrale, modellata nel materiale in posto, costituito da un misto alluvionale ghiaioso - sabbioso.

In fase di coltivazione, questo materiale in posto andrebbe caratterizzato mediante un idoneo valore di coesione, seppur minimo, in quanto l'effetto dell'addensamento naturale del giacimento, assieme alla presenza di una frazione interstiziale limoso-argillosa, consentono di attribuire al misto alluvionale una certa pseudo-coesione, il cui effetto risulta significativo a breve termine: unitamente alla ridotta altezza dei fronti di scavo (pari mediamente a circa 2÷3 metri, in funzione cioè delle capacità operative delle macchine movimento terra), ciò consente di mantenere temporaneamente fronti di scavo di maggiore acclività, che sono comunque destinati ad un progressivo arretramento, per effetto del procedere della coltivazione.

Anche al termine degli scavi la situazione del terreno, in corrispondenza delle scarpate di cava prodotte dai lavori di estrazione, non sarà sostanzialmente diversa; le scarpate stesse, tuttavia, benché modellate nel deposito alluvionale in posto, saranno costituite da materiale che, se non proprio franato, è stato comunque smosso e rimaneggiato da fattori esterni (in particolare colpi di benna e vibrazioni).

A tale proposito, pertanto, già nell'ambito del progetto a suo tempo presentato ed autorizzato, ed in ossequio di quanto prescritto dalle specifiche norme di cui al D.P.A.E., l'acclività delle scarpate perimetrali, come prevista a fine coltivazione, è stata ridotta ad un valore molto dolce (1:3, pari a circa 18°), al fine di garantirne la stabilità a lungo termine, che è stata comunque oggetto di verifiche quantitative.

5.4.2. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato

5.4.2.1. Verifica analitica mediante programma di calcolo

L'analisi di stabilità delle scarpate perimetrali è stata sviluppata facendo riferimento ai criteri riportati nelle vigenti normative in materia di costruzioni.

Ai sensi dell'art. 2, comma 2, del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*” (c.d. “NTC2018”), pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 22.02.2018 (Suppl. Ordinario n. 8), in base al quale “*Per le opere private le cui opere strutturali siano in corso di esecuzione o per le quali sia già stato depositato il progetto esecutivo, ai sensi delle vigenti disposizioni, presso i competenti uffici prima della data di entrata in vigore delle Norme tecniche per le costruzioni di cui all'art. 1, si possono continuare ad applicare le previgenti Norme tecniche per le costruzioni fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi*”, nel presente studio si possono pertanto richiamare e confermare i risultati della modellazione geotecnica e delle verifiche di stabilità svolte nell'ambito del progetto estrattivo a suo tempo presentato ed autorizzato, sviluppate ed implementate ai sensi delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC) di cui al D.M. 14.01.2008, con relativa Circolare esplicativa del 02.02.2009.

La verifica numerica di stabilità è stata effettuata mediante l'ausilio del programma di calcolo SlopeTM della GeoStru Software, che consente un'analisi di tipo iterativo, per approssimazioni successive, dell'elevato numero di superfici di tentativo che devono essere prese in considerazione secondo il metodo dell'equilibrio limite globale.

A tale proposito, si deve considerare che le “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (D.M. 14.01.2008), entrate in vigore il 1° luglio 2009, hanno modificato profondamente l'approccio progettuale alle verifiche geotecniche, comprese quelle sulla stabilità dei pendii.

A fronte dell'approccio previsto dal precedente D.M. 11.03.1988 (la cui applicazione ai fronti di scavo nelle cave e miniere, peraltro, era esplicitamente esclusa, secondo quanto espressamente previsto nella specifica Circolare esplicativa del settembre 1988), nel quale la verifica di stabilità era svolta partendo dai parametri geotecnici “integri”, le nuove NTC prevedono invece, nei diversi approcci progettuali, l'applicazione preliminare di “coefficienti di sicurezza parziali” (fattori correttivi) ai singoli parametri geotecnici.

Per l'effettuazione delle verifiche di stabilità oggetto del presente studio, il software utilizzato applica, preventivamente, ai parametri geotecnici immessi come input (che vengono ancora nominalmente riportati come tali nei tabulati di calcolo e negli output grafici), gli appropriati fattori di riduzione previsti dalle NTC, in particolare relativamente al parametro angolo di attrito.

Per i parametri geotecnici utilizzati per il calcolo, si è fatto riferimento, pertanto, a quelli definiti e quantificati in precedenza, che possono essere così riassunti:

- pseudocoazione: $c = 0 \text{ kPa}$;
- angolo di resistenza al taglio: $\phi_k = 39,5^\circ$;
- peso di volume naturale: $\Gamma = 19 \text{ kN/m}^3 (1,9 \text{ t/m}^3)$.

Dal momento che il limitrofo rilevato autostradale è stato costruito, alcuni decenni or sono, utilizzando questi stessi materiali, che erano stati estratti nelle cave di prestito ancora oggi visibili a nord del sito di cava, e che erano poi stati messi in opera con le consuete tecniche costruttive (stesa in strati di spessore decimetrico, opportunamente rullati e compattati così da fargli assumere un addensamento almeno dello stesso ordine della densità relativa che caratterizzava il deposito alluvionale), per il corpo del rilevato si possono assumere, cautelativamente, gli stessi parametri geotecnici.

I parametri sismici da utilizzare nel calcolo sono stati definiti invece sulla base della normativa di riferimento, ovvero seguendo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC) e dalla relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: “*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*” (G.U. n. 47 del 26.02.2009).

Relativamente al metodo di calcolo, i metodi generalmente utilizzati per le analisi di stabilità dei pendii (Janbu, Bell, Bishop, ecc...) si differenziano tra loro per le diverse ipotesi statiche effettuate: lo studio globale di un pendio suddiviso in conci costituisce un problema iperstatico, in quanto non è possibile conoscere a priori le direzioni ed i punti di applicazione delle forze all'interfaccia dei conci.

Il fattore di sicurezza è valutato come rapporto tra la somma delle forze resistenti e la somma delle forze innescanti lo scivolamento, per effetto degli sforzi di taglio provocati dalla gravità.

Di seguito viene discussa l'impostazione analitica del metodo dell'equilibrio limite dei conci, che viene utilizzato dallo specifico software (SlopeTM) che è stato impiegato per le verifiche di stabilità svolte nell'ambito del presente capitolo.

5.4.2.2. Metodo dei conci

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

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

Complessivamente, le incognite sono $(6n-2)$, mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n ;

- totale numero di equazioni: $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato, con grado di indeterminazione pari a

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

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

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

Di seguito, verrà presentato il metodo di Morgenstern e Price, che è stato adottato nelle verifiche di stabilità effettuate nel caso in esame.

5.4.2.3. Metodo di Morgenstern e Price

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

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

Si ottiene la cosiddetta “equazione delle forze”:

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

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

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

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

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

5.4.3. Risultati dell'analisi di stabilità

La verifica numerica di stabilità dei fronti di scavo nella cava in progetto è stata effettuata mediante l'ausilio del programma di calcolo SlopeTM della GeoStru Software.

La verifica è stata condotta relativamente alla sezione – tipo delle scarpate perimetrali che delimiteranno la fossa di scavo, nell'ipotesi del maggior possibile approfondimento della coltivazione mineraria: come si è visto in precedenza, gli scavi estrattivi avranno un massimo approfondimento di circa 5 m dal p.c. in corrispondenza al settore centro – occidentale dell'area interessata dalla “Fase 2”, e si spingeranno sino ad una pari distanza dal piede del limitrofo rilevato autostradale della “Superstrada Asti – Cuneo”.

La scarpata-tipo oggetto di verifica è stata pertanto individuata in corrispondenza alla sezione di progetto C-C (Cfr.: Tav. 4 – Sezioni stato attuale e finale – Sezz. A-A, B-B, C-C), sul bordo occidentale della fossa di scavo ⁽¹³⁾.

La scarpata perimetrale è stata considerata nella configurazione ipotizzabile nel punto di massimo possibile avvicinamento alla limitrofa “Superstrada Asti - Cuneo”, con un franco di rispetto di 5 metri dal piede del rilevato autostradale, tenendo conto altresì della presenza di quest'ultimo, a breve distanza dal bordo della fossa di scavo.

A fronte della situazione considerata nella fase di progetto, e nelle conseguenti verifiche di stabilità, si deve considerare che, al momento attuale, come rappresentato nel citato elaborato grafico, la sezione oggetto di verifica è caratterizzata da un minore dislivello e da una minore pendenza: i calcoli sviluppati, in termini di verifiche analitiche di stabilità, nell'ambito del progetto a suo tempo presentato, e che già erano stati svolti considerando la situazione più “critica” possibile, risultano quindi cautelativi.

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica del limitrofo rilevato autostradale, si è considerato che lo stesso (peraltro sagomato secondo una pendenza che raggiunge i 25°-30° circa, quindi decisamente superiore a quella delle scarpate di cava, pari invece a soli 18°) sia stato realizzato con i materiali solitamente utilizzati per costruzioni stradali di questo tipo, ossia inerti ghiaioso – sabbiosi appartenenti ai Gruppi A1a e A1b della classificazione CNR UNI 10006: questi materiali sono stati estratti nelle ex cave di prestito ancora oggi visibili ai lati della “Superstrada”, e sono poi stati posti in opera secondo le modalità previste in materia di costruzioni stradali, così da acquisire caratteristiche geotecniche del tutto simili a quelle del deposito alluvionale sul quale è stato realizzato il rilevato stradale, e che costituisce altresì il giacimento oggetto di coltivazione.

Quale ulteriore cautela, nelle verifiche di stabilità si è ipotizzato che il rilevato autostradale sia interessato dal passaggio simultaneo, su tutte e 4 le corsie di marcia, di altrettanti veicoli commerciali pesanti, con un peso paragonabile a quello dei mezzi di cava, così da dare origine, alla

⁽¹³⁾ Rispetto a quanto riportato nella Tav. 4, nell'allegato elaborato grafico relativo alla verifica di stabilità la scarpata è stata “rovesciata” graficamente, in quanto il software utilizzato considera, per convenzione, scarpate che “salgono” verso destra.

sommità del rilevato, ad un carico distribuito dell'ordine di circa $0,30 \text{ Kg/cm}^2$ (pari a circa 3 tonnellate/m²).

Ciò premesso, in allegato alla presente relazione si riportano le relazioni di calcolo, con relativo output grafico, delle verifiche di stabilità effettuate sulla scarpata perimetrale che delimiterà a fine lavori l'area di cava sul lato ovest ⁽¹⁴⁾, e che sarà modellata nel misto alluvionale ghiaioso - sabbioso, oggetto di coltivazione mineraria.

La verifica è stata effettuata sulla sezione – tipo della scarpata perimetrale al fine di individuare la possibile superficie di scivolamento caratterizzata dal minor valore del coefficiente di sicurezza: come illustrato negli allegati alla presente relazione, dal calcolo si evince che le superfici di scivolamento maggiormente “critiche” sono quelle corticali, che interessano solamente una porzione della scarpata, e per le quali il fattore di sicurezza, sulla base dei parametri considerati, risulta pari ad **Fs = 1,91**.

La verifica è stata poi ripetuta imponendo al programma, come condizione di calcolo, di considerare superfici passanti per il piede della scarpata perimetrale, e con una disposizione della maglia dei centri delle superfici di potenziale scivolamento tale che queste ultime interessino l'intera scarpata (su un'altezza complessiva, in prossimità della sezione di progetto C-C, di poco meno di 5 metri): in questo caso, come illustrato negli allegati alla presente relazione, dal calcolo si evince che alla superficie di scivolamento più critica, tra quelle in grado di interessare l'intero sviluppo della scarpata perimetrale, può essere attribuito un fattore di sicurezza pari ad **Fs = 1,98**.

La verifica, infine, è stata ripetuta una terza volta, modificando ulteriormente la maglia dei centri delle superfici di potenziale scivolamento, in modo tale che queste ultime, passati per il piede della scarpata perimetrale, siano di estensione tale, verso monte, da coinvolgere non solo l'intera scarpata, ma anche il corpo del soprastante rilevato autostradale: in questo terzo caso, come illustrato negli allegati alla presente relazione, alla superficie di scivolamento più critica, tra quelle in grado di coinvolgere l'intero complesso della scarpata perimetrale e del rilevato autostradale (per di più gravato dal carico indotto dal passaggio contemporaneo di automezzi pesanti su tutte e 4 le corsie di marcia), può essere attribuito un fattore di sicurezza pari ad **Fs = 2,04**.

In tutte e tre le situazioni considerate, le analisi di stabilità eseguite, condotte sulla base del D.M. 14.01.2008 (“NTC”), hanno fatto riscontrare fattori di sicurezza superiori al valore minimo di **Fs = 1,1**.

⁽¹⁴⁾ Sui lati est e sud, la situazione delle scarpate perimetrali sarà del tutto analoga, ma “migliorativa” in quanto, ovviamente, a parità di altezza e geometria della scarpata, non è presente il rilevato autostradale.

6. RELAZIONE DI ADEMPIMENTO ALLE PRESCRIZIONI AUTORIZZATIVE

6.1. Prescrizioni relative alla coltivazione mineraria ed al recupero ambientale

Relativamente alle prescrizioni contenute nell'autorizzazione rilasciata, ai sensi della allora L.R. 69/78 (ora sostituita dalla L.R. 23/2016), dal Settore urbanistica, Sportello Unico e Attività Produttive, Ufficio S.U.A.P. del Comune di Asti con il "Provvedimento Conclusivo" n. 68 del 16.09.2014, per il rinnovo e l'ampliamento della coltivazione mineraria e del recupero ambientale nella cava in oggetto, le stesse sono incentrate, sostanzialmente, su quanto prescritto in occasione della Conferenza dei Servizi tenutasi, in data 12.12.2013, presso il Servizio Ambiente dell'Area Territorio della Provincia di Asti, nella quale era stato espresso il parere favorevole in merito all'istanza di rinnovo ed ampliamento dell'attività estrattiva nella cava medesima.

L'autorizzazione in parola conteneva una serie di prescrizioni in merito alla gestione del progetto estrattivo, relative in particolare al monitoraggio ambientale: nel seguito, si provvede ad una disamina di tali prescrizioni.

6.2. Prosecuzione delle misure piezometriche

Nell'ambito del progetto estrattivo approvato ex L.R. 40/98 ed autorizzato ex L.R. 69/78 nel 2011, al fine di procedere alla caratterizzazione idrogeologica del sito di cava, si era fatto riferimento ai dati rilevati nei piezometri installati in occasione delle indagini geognostiche eseguite nel giugno 2007 presso il sito medesimo, oggetto poi di una campagna di misurazioni piezometriche estese nel periodo successivo, che aveva però dovuto essere interrotta in quanto i piezometri, situati in un'area non ancora recintata e delimitata, avevano subito un danneggiamento a causa di lavori agricoli condotti sui terreni interessati dal progetto.

Al fine di procedere al monitoraggio piezometrico dell'area di cava, si era poi provveduto, prima di dare inizio ai lavori di coltivazione mineraria, a ripristinare adeguati punti di misura, così da poter procedere alle rilevazioni piezometriche in corso d'opera.

A tale proposito, il piezometro Pz1, installato presso l'estremità nord - orientale dell'area autorizzata nel 2011, è risultato danneggiato nel corso dell'evento alluvionale della fine novembre del 2016; in considerazione del fatto che l'intervento estrattivo, in corrispondenza al settore settentrionale dei terreni di cava, è ormai da tempo completato, in quanto i lavori estrattivi sono avanzati verso sud di circa 450 metri, a partire dal 2017, una volta ripristinata l'accessibilità dell'area estrattiva dopo l'evento alluvionale, si è ritenuto di non procedere al suo reintegro, proseguendo invece con il monitoraggio piezometrico dei restanti piezometri, posti nella porzione centro - meridionale dell'area di cava ⁽¹⁵⁾, e maggiormente idonei a monitorare i livelli acquiferi nel corso del proseguimento dell'intervento estrattivo.

In allegato alla presente, in calce al presente paragrafo, sono pertanto riportati i risultati delle rilevazioni piezometriche condotte, con cadenza trimestrale come previsto dalle prescrizioni autorizzative, nei trascorsi anni solari 2017 e 2018.

⁽¹⁵⁾ Il piezometro Pz2 è posizionato sul lato occidentale dell'area di cava, nel settore centrale di quest'ultima, ai piedi del rilevato autostradale; il piezometro Pz3 è ubicato all'estremità meridionale dell'area estrattiva.

Monitoraggio dei livelli piezometrici
(quote assolute in m s.l.m.)

Anni 2017 - 2018

Data	Piezometri	
	Pz2	Pz3
20/03/2017	105,65	106,49
19/06/2017	104,96	105,92
22/09/2017	104,88	105,62
18/12/2017	105,08	105,82
12/03/2018	105,93	106,73
18/06/2018	105,32	106,11
13/09/2018	104,69	105,48
04/12/2018	105,02	105,81

6.3. Monitoraggio annuo della consistenza dei cumuli di terreno vegetale presenti in cava

Come discusso in precedenza, nell'attività estrattiva in oggetto, al fine di non compromettere insieme l'intera area di cava, l'intervento estrattivo è stato impostato in modo da far procedere la coltivazione, per quanto possibile, su strisce di terreno di larghezza limitata.

La coltivazione mineraria avanza pertanto per fasce parallele, affiancate tra loro e con una larghezza dell'ordine mediamente dei 15 metri circa; la coltivazione è articolata su strisce affiancate, così da ripartire i diversi lavori di scotico, di scavo e di recupero.

Tale suddivisione è stata definita sulla base della conformazione dei terreni di cava, caratterizzata da una configurazione planimetrica abbastanza regolare, allungata parallelamente alla limitrofa "Superstrada" (o "Tangenziale Est"), e che ben si presta ad un progressivo esaurimento per strisce successive orientate trasversalmente al corpo dei terreni di cava.

Questa soluzione del metodo di scavo per "strisce parallele", già positivamente sperimentata negli anni trascorsi, risulta preferibile, oltre che per quanto riguarda l'impatto visivo della coltivazione, anche dal punto di vista tecnico, in quanto minimizza le percorrenze dei mezzi, concentrando il fronte di escavazione, e consente pertanto di abbreviare le tempistiche di ripristino morfo – pedologico delle aree già coltivate.

Il fronte di coltivazione, disposto trasversalmente ad ognuna delle singole "strisce" in cui vengono suddivisi i terreni di cava, avanza progressivamente in senso longitudinale lungo la striscia stessa, arretrandola dall'estremità orientale verso quella occidentale; l'accesso ai terreni di cava avviene, infatti, mediante la pista di servizio appositamente realizzata sul lato occidentale dei terreni stessi.

In considerazione dello spessore del deposito alluvionale interessato dagli scavi, questi ultimi possono essere svolti sia dall'alto, con escavatore a benna rovescia funzionante in arretramento, sia dal basso, con escavatore o pala a benna dritta, caricando i mezzi di trasporto che vengono a prelevare il materiale in cava, e che si avvicinano al fronte di scavo percorrendo la sommità della singola "striscia", preventivamente scoticata.

Il fronte di scavo viene quindi traslato progressivamente lungo la singola "striscia", mentre in quella ad essa parallela si provvede alla preventiva scopertura della coltre vegetale e dello sterile terroso; il materiale di scotico viene accantonato in posizione laterale, sotto forma di cumuli allungati parallelamente a ciascuna delle strisce ed interposti tra le medesime, così da consentire una sua movimentazione laterale, su ridotte distanze, nella successiva fase di ripristino.

La presenza di cumuli di forma allungata consente altresì di ottenere, con i medesimi, un effetto di schermo visivo nei confronti dell'area estrattiva, contribuendo inoltre alla schermatura delle emissioni sonore nei confronti delle aree limitrofe.

In conseguenza di tale impostazione dei lavori estrattivi, allo stato attuale di avanzamento della coltivazione mineraria, "fotografato" dall'allegata planimetria (Cfr.: Tav. 2 – Planimetria dello stato attuale della coltivazione mineraria e del recupero ambientale), sul quale è riportata ed

evidenziata, con apposito graficismo, l'ubicazione dei cumuli di terreno vegetale presenti in cava, questi ultimi, costituiti, come si è visto, da una serie di cumuli di forma allungata, disposti parallelamente alle strisce sulle quali è articolata la progressione degli scavi, hanno una consistenza che ammonta complessivamente a circa 9.200 m³.

6.4. Aggiornamento del Piano di Gestione dei rifiuti estrattivi

6.4.1. Inquadramento amministrativo della tematica

Richiamando quanto sviluppato nello specifico “Piano di Gestione dei Rifiuti di Estrazione”, appositamente redatto a corredo del progetto estrattivo presentato nel 2009, del quale la presente istanza di rinnovo autorizzativo è finalizzata al completamento, ai fini di un corretto inquadramento amministrativo della gestione dei “rifiuti estrattivi” nell’ambito dell’intervento estrattivo in esame, si deve ricordare che, ai sensi dell’art. 183, comma 1, del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, per “rifiuto” si intende *“qualsiasi sostanza od oggetto che rientra nelle categorie riportate nell'Allegato A alla parte quarta del presente decreto e di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi”*.

Per contro, nel caso in esame (così come negli abituali interventi estrattivi) il terreno vegetale scotico, nella fase preliminare, dalle aree di progressivo ampliamento degli scavi, viene invece attentamente ed accuratamente accantonato e conservato, per essere utilizzato nelle operazioni di rimodellamento e di recupero morfologico ed ambientale.

Il terreno di scotico costituisce anzi, come noto, uno dei parametri principali per il calcolo della fidejussione prevista, ai sensi della L.R. 23/2016, a garanzia del corretto recupero ambientale di un’area di cava.

Il terreno di scotico (o *“terra non inquinata”* ai sensi dell’art. 3 del D.Lgs. n. 117/2008) costituisce quindi un qualcosa di cui il cavatore non può assolutamente “disfarsi”, e non è quindi da considerarsi un “rifiuto” ai sensi della norma medesima.

Nel caso in esame, il terreno agrario di scotico viene interamente riutilizzato nel corso delle operazioni di recupero ambientale della cava in oggetto.

Relativamente alle disposizioni di cui al D.Lgs. n. 117/2008 in materia di “rifiuti estrattivi”, nell’ambito dell’intervento estrattivo in parola i materiali che rientrano effettivamente in tale casistica e che esulano dalla tipologia del terreno di scotico (*“terra non inquinata”* ai sensi del D.Lgs. in parola) sono identificabili esclusivamente in eventuali lenti e/o intercalazioni, frammiste al giacimento oggetto di coltivazione mineraria, che presentino caratteristiche sostanzialmente difformi rispetto al “materiale utile”, ossia all’inerte alluvionale sabbioso – ghiaioso che viene conferito, per il trattamento, agli impianti di lavorazione della Ditta, o che viene commercializzato “tal quale”, conferendolo ai cantieri di destinazione.

A fronte del terreno di scotico, più correttamente identificabile, ai sensi del D.Lgs. 117/2008, come *“terra non inquinata”*, nell’ambito dell’intervento estrattivo in esame i veri rifiuti di estrazione, derivanti dal processo estrattivo considerato, sono quindi identificabili (come richiamato anche nel parere espresso nel 2014 dalla Provincia di Asti ai fini del rilascio del provvedimento autorizzativo) esclusivamente nel materiale estratto in sito che presenti caratteristiche difformi da quello che viene utilizzato presso l’impianto di trattamento o impiegato presso i cantieri di

destinazione: a rigore, solo tale materiale deve essere caratterizzato e collocato nelle apposite strutture di deposito.

Da questo punto di vista, al momento attuale l'avanzamento dei lavori estrattivi, che sinora ha interessato la porzione centro – settentrionale dell'area di cava, non ha determinato il rinvenimento di intercalazioni e/o lenti di materiali che, pur nella variabilità granulometrica e sedimentologica del materasso alluvionale del Tanaro, presentino caratteristiche tali da impedirne la gestione quale “materiale utile” ai fini estrattivi, e tali pertanto da rientrare formalmente nella tipologia dei “rifiuti estrattivi”, per i quali la normativa in parola richiede la caratterizzazione e lo stoccaggio nelle apposite strutture di deposito.

Di conseguenza, nella cava in esame non si è sinora manifestata la necessità di ricorrere a specifiche “strutture di deposito” per i “rifiuti di estrazione”.

6.4.2. Finalità del Piano di Gestione

Nell'analizzare le finalità ed i contenuti del Piano di Gestione dei Rifiuti di Estrazione, onde procedere ad un suo costante aggiornamento, si deve considerare che l'attività estrattiva si configura come un contesto specifico e particolare, rispetto a tutti gli altri possibili processi "produttivi" di carattere industriale: essa, infatti, ha per oggetto non la "produzione" di un qualcosa che prima non esisteva in natura, bensì il semplice prelevamento di sostanze naturali (rocce, minerali, ecc...) già esistenti, che sono il frutto di processi geologici e sedimentologici naturali avvenuti in passato.

Nel caso di attività estrattive come quella in esame, pertanto, il problema della gestione dei "rifiuti" di estrazione è stato esaminato ed affrontato dalle imprese estrattive già prima dell'emanazione di specifiche norme in materia, in quanto esso è connesso in realtà alla gestione ottimale del giacimento e, di fatto, all'ottimizzazione nello sfruttamento delle volumetrie estratte, tenuto conto dei sempre crescenti costi economici e gestionali connessi all'esercizio dei cantieri di cava.

Si deve infatti ricordare che ogni singolo metro cubo di materiale litoide, sia esso roccia o materiale sciolto, comporta dei costi di estrazione e di movimentazione: se da un punto di vista tecnico lo scavo di depositi alluvionali (come nel caso in esame) può essere fatto con "semplici" macchine movimento terra, queste ultime hanno comunque dei costi di acquisizione e manutenzione sempre più rilevanti, cui si aggiungono i costi energetici e gestionali in continua crescita (costo del carburante e del personale).

Se nel caso delle attività estrattive di prima categoria (miniere), o anche di seconda categoria (cave) ma di sostanze minerali di elevato pregio economico (es. rocce ornamentali), il valore unitario del materiale estratto (es. marmo, gneiss del tipo "serizzo" o "pietra di Luserna" o simili) consente un ammortamento ed un rientro economico dei costi di estrazione anche a fronte della commercializzazione di una ridotta percentuale ⁽¹⁶⁾ del volume totale estratto, nel caso di impieghi di minor pregio, come l'inerte alluvionale che viene estratto dalla cava in esame, il minor valore economico del materiale prodotto rende necessario sfruttare al massimo le volumetrie estratte, valorizzando anche i materiali "secondari", che potrebbero essere rinvenuti durante lo scavo di un giacimento alluvionale, per effetto dell'eterogeneità stratigrafiche del deposito.

Nel caso specifico della cava in esame, a queste esigenze di carattere economico, che non possono essere ignorate nella gestione di un'attività estrattiva, pena l'estromissione dal mercato, si aggiunge il fatto che la cava è esercita in proprio, per la necessaria autosufficienza nell'approvvigionamento di materiale inerte, da una Ditta che opera nel campo della produzione di materiali inerti, e che pertanto esercisce la cava in oggetto con lo scopo dichiarato di rifornirsi in proprio del materiale da costruzione di cui essa necessita.

⁽¹⁶⁾ Il cosiddetto "tenore minimo coltivabile" di un minerale: per citare un esempio tipico dell'areale piemontese, nella miniera di amianto di Balangero il tenore utile del giacimento era dell'ordine del 5%, il che significa che il valore economico di questa frazione del materiale roccioso compensava e giustificava lo scavo e la gestione del restante 95% di "sterile".

Le finalità richiamate dal D.Lgs. 117/29008, in base al quale (Cfr.: art. 5, comma 1) *“l'operatore elabora un piano di gestione dei rifiuti di estrazione per la riduzione al minimo, il trattamento, il recupero e lo smaltimento dei rifiuti stessi, nel rispetto del principio dello sviluppo sostenibile”*, sono state quindi anticipate, nella sostanza, da una gestione della coltivazione mineraria incentrata sullo scopo di valorizzare integralmente le volumetrie estratte.

6.4.3. Individuazione delle tipologie di rifiuti estrattivi

Relativamente all'individuazione delle possibili tipologie di “rifiuti estrattivi”, si deve ricordare che le attività di cava non sono identificabili con un particolare processo produttivo, in quanto si limitano al semplice “prelevamento” di un qualcosa che è già stato “prodotto” da parte dei processi geologici, sedimentologici e geomorfologici naturali.

Nel caso in esame, trattandosi di una cava di inerti alluvionali, il materiale oggetto di coltivazione è costituito da un deposito alluvionale, caratterizzato da un assortimento granulometrico che è funzione delle caratteristiche idrauliche e sedimentologiche del corso d'acqua che ne ha determinato la genesi.

Nell'attività estrattiva in oggetto, le indagini giacimentologiche effettuate negli anni trascorsi, e l'esperienza maturata durante la gestione pluridecennale dell'attività estrattiva in questo settore del fondovalle del Tanaro, indicano che tutta la successione alluvionale che costituisce il giacimento di cava può essere interpretata, da un punto di vista sedimentologico, come il prodotto dell'accumulo di sedimenti trasportati da parte di un corso d'acqua con caratteristiche idrauliche simili a quelle dell'attuale f. Tanaro.

Data l'elevata capacità di trasporto delle acque fluviali, in funzione delle portate del Tanaro, in questo tratto del corso d'acqua, i sedimenti a granulometria più fine, in particolare i limi, sono stati in gran parte dilavati ed asportati, per cui si rinvenivano nel deposito alluvionale in proporzioni inferiori.

Ne risulta, per il materasso alluvionale quaternario oggetto di coltivazione, una granulometria essenzialmente ghiaioso - sabbiosa, con dimensioni dei clasti variabili da qualche mm a qualche centimetro.

Ne consegue che, per le finalità commerciali (fatta salva la possibilità di vendere come “tout venant” il misto alluvionale estratto in cava), i processi di lavorazione sono incentrati soprattutto sulla semplice selezione granulometrica del misto alluvionale, necessaria per suddividerlo nelle diverse tipologie commerciali, e sulla frantumazione delle frazioni più grossolane, necessaria invece per ottenere inerti con clasti “a spigoli vivi”, che conferiscono all'inerte migliori caratteristiche geomeccaniche.

Anche dal punto di vista delle caratteristiche litologiche, il deposito alluvionale oggetto di coltivazione è caratterizzato da una prevalenza di rocce cristalline, sia ignee che metamorfiche: le prime sono riferibili essenzialmente agli apporti del t. Stura di Demonte, che confluisce nel Tanaro presso Cherasco e nel cui bacino montano affiorano estesamente i litotipi del Massiccio dell'Argentera, mentre dal bacino del Tanaro propriamente detto provengono le quarziti ed i metaconglomerati del Permo-Trias; caratteristiche del bacino del Tanaro sono poi le rocce vulcaniche (porfidi e porfiroidi), dal caratteristico colore violaceo o verdastro.

Si possono considerare, a questo proposito, i risultati di studi ed analisi condotte nell’ambito di strumenti di pianificazione redatti a livello regionale ⁽¹⁷⁾, nell’ambito dei quali si era provveduto ad una caratterizzazione petrografica della frazione ghiaioso - ciottolosa degli inerti alluvionali estratti nelle cave lungo il fondovalle del f. Tanaro nel tratto a monte del sito in esame, posto all’altezza di Asti, dai quali risulta la composizione riportata nella tabella di seguito allegata.

Località	Quarziti	Gneiss Graniti	Pietre verdi	Carbon.	Micasc.	Altri	Rocce accessorie
Isola d'Asti	50	30	15	5	0	0	
S. Martino Alfieri	30	50	15	5	0	0	
Castagnole Lanze	30	40	25	5	0	0	Verrucano ⁽¹⁸⁾
Alba	20	55	10	5	10	0	
Cherasco - Bra	25	60	10	5	0	0	
Clavesana	25	30	25	20	0	0	
Magliano Alpi – Farigliano	30	15	25	30	0	0	

Dalla tabella allegata, risulta evidente la prevalenza di quarziti e di litologie ignee e metamorfiche (gneiss e granitoidi), e la scarsa presenza invece di litotipi carbonatici (solo il 5%); l’apporto della Stura è evidenziato dalla differenza tra i dati relativi al bacino del Tanaro nel tratto in esame e quelli a monte della confluenza (Clavesana e Farigliano), in cui il contenuto in gneiss e granitoidi è decisamente più basso (15-30%), mentre aumentano le rocce carbonatiche (20-30%), riferibili in quel tratto agli apporti del Pesio e dei corsi d’acqua del Monregalese (Ellero, Corsaglia ecc...), nel cui bacino affiorano le sequenze carbonatiche del Massiccio del Marguareis - Mongioie.

A conferma delle considerazioni così sviluppate, al momento attuale l’avanzamento dei lavori estrattivi, che sinora ha interessato la porzione centro – settentrionale dell’area di cava, non ha determinato il rinvenimento di intercalazioni e/o lenti di materiali che, pur nella variabilità granulometrica e sedimentologica del materasso alluvionale del Tanaro, presentino caratteristiche tali da impedirne la gestione quale “materiale utile” ai fini estrattivi, e tali pertanto da rientrare

⁽¹⁷⁾ Cfr. Regione Piemonte, “Documento di Programmazione delle Attività Estrattive” – D.P.A.E..

⁽¹⁸⁾ Il termine “Verrucano” (dalla località toscana del M.te Verruca) indica, in geologia stratigrafica, dei conglomerati di ambiente continentale, ricchi in ciottoli di quarzo ed in clasti di rocce vulcaniche, di colore violaceo o verdastro, di età compresa tra il Permiano ed il Trias; il termine è stato esteso ad indicare, in molte zone di Italia, le formazioni continentali conglomeratiche che segnano l’inizio del ciclo sedimentario mesozoico, dopo l’esaurimento del ciclo orogenetico ercinico: nel caso in esame, ad esso corrispondono i metaconglomerati permo-triassici affioranti nelle Alpi Liguri, nell’alto bacino del Tanaro e dei suoi affluenti del Monregalese.

formalmente nella tipologia dei “rifiuti estrattivi”, per i quali la normativa in parola richiede la caratterizzazione e lo stoccaggio nelle apposite strutture di deposito.

Di conseguenza, nella cava in esame, con la citata esclusione del terreno di scotico (“terra non inquinata”), non si è sinora manifestata la presenza di tipologie di materiali individuabili formalmente come “rifiuti di estrazione”, tali da determinare la necessità di ricorrere a specifiche “strutture di deposito” per la loro gestione, con relativi adempimenti accessori (registro delle operazioni di gestione, ecc...).

6.4.4. Gestione e monitoraggio delle strutture di deposito

6.4.4.1. Modalità di gestione e accantonamento dei rifiuti di estrazione

Come già segnalato, nella cava in esame, con la citata esclusione del terreno di scotico (“terra non inquinata”), non si è sinora manifestata la presenza di tipologie di materiali individuabili formalmente come “rifiuti di estrazione”, tali quindi da determinare la necessità di ricorrere a specifiche “strutture di deposito” per la loro gestione.

Per contro, l’unico materiale che viene movimentato preventivamente alla coltivazione mineraria è costituito dal terreno di scotico, qualificabile come “terra non inquinata” ai sensi della normativa in materia (D.Lgs. 117/2008).

Relativamente alle modalità di gestione e di accantonamento di tale materiale, si deve considerare che il metodo di coltivazione adottato nella cava in oggetto è del tipo a fossa; le fasi esecutive delle operazioni di scavo consistono, prima di dare inizio alla vera e propria coltivazione mineraria, nell’asportazione preliminare del terreno di copertura per mezzo di escavatore a benna rovescia, carico su camion e trasporto alle aree per lo stoccaggio temporaneo in cumulo, per il successivo riutilizzo nelle operazioni di recupero ambientale.

Il terreno vegetale scotico, nella fase preliminare, dalle aree di progressivo ampliamento degli scavi, viene infatti attentamente ed accuratamente accantonato e conservato, per essere poi utilizzato nelle operazioni di recupero morfologico ed ambientale.

Di fatto, il terreno di scotico viene stoccato provvisoriamente in cumulo per un arco di tempo molto limitato, dell’ordine di pochi mesi, se non addirittura di poche settimane: procedendo a regime, infatti, grazie alla ripartizione delle singole operazioni su strisce di terreno affiancate, è possibile spostare direttamente il terreno vegetale dal fronte di scotico a quello di recupero, così da ottimizzare i tempi e da ridurre al minimo il rimaneggiamento del terreno vegetale e la sua esposizione, in cumulo, all’azione degli agenti atmosferici.

Il ridotto tempo di permanenza in cumulo è connesso quindi al fatto che il terreno di scotico viene progressivamente ripreso ed utilizzato, man mano che procedono le operazioni di recupero ambientale e di rimodellamento delle aree di cava di volta in volta lasciate libere dai lavori estrattivi e di rimodellamento e sistemazione morfologica.

Le possibili problematiche connesse alla gestione dei rifiuti estrattivi (dei quali, nella cava in esame, non sono formalmente individuabili delle specifiche tipologie) sono poi ulteriormente ridotte proprio grazie al fatto che, nella cava in esame, la scelta progettuale di far procedere la coltivazione su strisce di terreno di larghezza limitata, ossia per fasce parallele disposte trasversalmente al corpo dei terreni di cava, riduce sostanzialmente l’entità dei cumuli di sterile in stoccaggio.

Allo stesso modo, il ridotto periodo di stoccaggio in cumulo (procedendo a regime, il terreno di scotico viene prontamente ripreso, per essere utilizzato per il ripristino delle “strisce” di terreno progressivamente coltivate), e soprattutto la ridotta altezza dei cumuli stessi (pochi metri), consentono di escludere la sussistenza di problematiche sostanziali in merito alla gestione ed alla sicurezza di questi cumuli.

6.4.4.2. Struttura di deposito dei rifiuti di estrazione

In adempimento di quanto previsto dall'art. 5, comma 3, del D.Lgs. n. 117/2008, nell'ambito del "Piano di gestione dei rifiuti di estrazione" redatto a corredo del progetto estrattivo presentato nel 2009 (del quale la presente istanza di rinnovo autorizzativo è finalizzata a consentire il completamento) si era provveduto a proporre una specifica classificazione per la struttura di deposito dei rifiuti di estrazione, conformemente ai criteri previsti all'Allegato II del medesimo D.Lgs. n. 117/2008.

Tenendo conto che, in una tipologia di cava come quella in esame, non sono individuabili formalmente delle tipologie di veri e propri "rifiuti di estrazione", tali quindi da determinare la necessità di ricorrere a specifiche "strutture di deposito" per la loro gestione, nella cava in oggetto l'unico materiale che viene movimentato preventivamente alla coltivazione mineraria è costituito, come già specificato, dal terreno di scotico, qualificabile come "terra non inquinata" ai sensi della normativa in materia (D.Lgs. 117/2008).

Alla luce dei *"Criteri per la classificazione delle strutture di deposito dei rifiuti di estrazione"* di cui all'Allegato II al D.Lgs. n. 117/2008, non si era pertanto ritenuto necessario individuare una "struttura di deposito di categoria A" ai sensi del D.Lgs. medesimo.

Tale scelta può essere confermata e ribadita nell'ambito del presente aggiornamento del Piano di Gestione, in quanto, come già evidenziato, l'avanzamento dei lavori estrattivi sviluppato negli anni trascorsi non ha dato luogo al rinvenimento di intercalazioni e/o lenti di materiali che, pur nella variabilità granulometrica e sedimentologica del materasso alluvionale del Tanaro, presentino caratteristiche tali da impedirne la gestione quale "materiale utile" ai fini estrattivi, e tali pertanto da farli rientrare nella tipologia dei "rifiuti estrattivi", così da richiederne una gestione separata per tramite di una specifica "struttura di deposito" formalmente individuata e classificata ai sensi della normativa in parola.

Nell'ambito dell'intervento in oggetto, infatti, si ricorre solamente a dei semplici cumuli, di altezza limitata al massimo a pochi metri, adibiti allo stoccaggio provvisorio del terreno di scotico ("terra non inquinata"): oltre a non rientrare formalmente nella definizione di "struttura di deposito", per questi cumuli non sono pertanto ipotizzabili situazioni nelle quali un "guasto" o il "cattivo funzionamento" possano causare un incidente rilevante.

Così pure, nelle aree per il deposito provvisorio in cumulo non vengono deposti rifiuti di estrazione classificabili come "pericolosi" ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006, ed il materiale accantonato temporaneamente in cumulo non contiene sostanze o preparati classificabili come "pericolosi" ai sensi delle direttive 67/548/CEE o 1999/45/CE.

La natura stessa del materiale stoccato in cumulo (costituito da semplice terreno vegetale derivante dalle operazioni di scotico, eseguite su aree in precedenza adibite ad attività agricole o incolte), consente di escludere eventuali effetti negativi a lungo termine sull'ambiente, riconducibili alla fuoriuscita di inquinanti, trasportati dall'aria o dall'acqua, dai cumuli in cui è accantonato il terreno di scotico.

Nell'ambito dell'intervento in oggetto, le caratteristiche del terreno di scotico ("terra non inquinata") che viene accantonato provvisoriamente in cumulo sono tali da far escludere la possibilità di effetti negativi sull'ambiente e sulla salute umana: si tratta infatti di un materiale di origine naturale, già presente precedentemente in sito e che non subisce alterazioni o trasformazioni fisico – chimiche per effetto delle operazioni di scavo.

6.4.4.3. Procedure di controllo e di monitoraggio delle strutture di deposito

Per quanto riguarda le procedure di controllo e di monitoraggio delle strutture di deposito dei rifiuti di estrazione, si deve richiamare che nell'ambito dell'intervento in oggetto, come già illustrato, non sono individuabili formalmente delle tipologie di veri e propri "rifiuti di estrazione", tali quindi da determinare la necessità di ricorrere a specifiche "strutture di deposito" per la loro gestione; dal momento che l'unico materiale che viene movimentato preventivamente alla coltivazione mineraria è costituito invece dal semplice terreno di scotico, qualificabile come "terra non inquinata" ai sensi della normativa in materia (D.Lgs. 117/2008), per la sua gestione si ricorre a dei semplici cumuli, di altezza limitata al massimo a pochi metri.

Le procedure di controllo e di monitoraggio sono quindi correlate al fatto che, come illustrato in precedenza, il terreno di scotico viene stoccato in cumulo per un arco di tempo molto limitato, dell'ordine di pochi mesi, se non addirittura di poche settimane: l'impostazione dell'intervento estrattivo, incentrata sulla ripartizione delle singole operazioni su strisce di terreno affiancate, rende possibile spostare direttamente il terreno vegetale dal fronte di scotico a quello di recupero.

Il ridotto tempo di permanenza in cumulo, e quindi la ridotta durata temporale dei singoli cumuli, di forma allungata, interclusi tra strisce affiancate e parallele di scavo, è connesso quindi al fatto che il terreno di scotico viene progressivamente ripreso ed utilizzato, man mano che procedono le operazioni di recupero ambientale e di rimodellamento delle aree di cava man mano lasciate libere dai lavori estrattivi e di rimodellamento e sistemazione morfologica.

Le possibili problematiche connesse al controllo ed al monitoraggio dei cumuli di terreno di scotico, in assenza di vere e proprie "strutture di deposito" dei rifiuti estrattivi formalmente identificabili come tali, sono poi ulteriormente ridotte proprio grazie al fatto che, nella cava in esame, la scelta progettuale di non scoticare aree di eccessiva estensione, bensì di far procedere la coltivazione su strisce di terreno di larghezza limitata, ossia per fasce parallele disposte trasversalmente al corpo dei terreni di cava, riduce sostanzialmente l'entità dei cumuli di sterile in stoccaggio.

Di conseguenza, il ridotto periodo di stoccaggio in cumulo (procedendo a regime, il terreno di scotico viene prontamente ripreso, per essere utilizzato per il ripristino delle "strisce" di terreno progressivamente coltivate), e soprattutto le ridotte dimensioni dei cumuli stessi consentono di escludere la sussistenza di problematiche sostanziali in merito al controllo ed al monitoraggio di tali cumuli.

Per quanto riguarda il monitoraggio di questi cumuli, si deve infine considerare che per l'effettuazione delle operazioni di coltivazione mineraria e di recupero ambientale è prevista un'apposita Direzione Lavori: ciò assicura, di fatto, un attento monitoraggio e controllo delle aree interessate e dei succitati cumuli temporanei.

Ciò risulta attinente anche alle disposizioni di cui all'art. 11, comma 3, lett. c), del D.Lgs. n. 117/2008, relative al monitoraggio, con "periodiche ispezioni" da parte di "soggetti competenti", di tali strutture: la costante sorveglianza da parte della Direzione Lavori, del Capo Cava e delle maestranze che operano nell'area estrattiva garantisce dunque un efficace monitoraggio e controllo di tutta l'area, cui si aggiungono, in sinergia, le attività che vengono messe in atto ai sensi delle vigenti disposizioni in materia di sicurezza: a corredo dell'intervento di coltivazione mineraria è stato infatti predisposto lo specifico "Documento di Sicurezza e Salute" ai sensi del D.Lgs. n. 624 del 1996 e del successivo D.Lgs. n. 81 del 2008, a suo tempo trasmesso agli Uffici competenti e mediante il quale è stato adottato un sistema di gestione della sicurezza, nel cantiere estrattivo, tale da garantire che i rischi per la salute umana e per l'ambiente siano stati eliminati o, ove ciò non fosse praticabile, ridotti al minimo indispensabile e adeguatamente tenuti sotto controllo.

Torino, 22 luglio 2019

dott. ing. Giuseppe ACCATTINO
(n. 4140 Ordine Ingegneri Provincia di Torino)

dott. geol. Dario FAULE
(n. 248 Ordine Reg. Geologi del Piemonte – Sez- A)

dott. for. Giorgio ULIANA
(n. 471 Ordine Dott. Agr. e For. Prov. di Torino)

ELABORATI GRAFICI

Tav. 1 – Estratto di mappa catastale.

Tav. 2 - Planimetria dello stato attuale della coltivazione mineraria e del recupero ambientale.

Tav. 3 - Planimetria dello stato finale della coltivazione mineraria.

Tav. 4 - Sezioni stato attuale e finale – Sezz. A-A, B-B, C-C -.

Tav. 5 - Planimetria dello stato finale della coltivazione mineraria e del recupero ambientale.

Tav. 6 - Sezioni di recupero ambientale – Sezz. A'-A', B'-B', C'-C', D'-D'.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto n. 1: vista verso nord dell'area di fondocava, caratterizzata dalla presenza di una copertura erbacea estensiva.



Foto n. 2: vista verso sud dell'area di fondocava, caratterizzata dalla presenza di una copertura erbacea estensiva.



Foto n. 3: vista della scarpata residuale est, inerbita e caratterizzata dalla presenza di rinnovazione arboreo/arbustiva spontanea.



Foto n. 4: vista della scarpata residuale ovest, ad oggi esclusivamente inerbita.



VERIFICHE DI STABILITA'
Tabulati di calcolo

Analisi della stabilità della scarpata perimetrale, modellata secondo la sezione tipo (c/o sezione di progetto C-C), con pendenza 1:3 (circa 18°).

Ricerca del fattore di sicurezza associato alla superficie di scivolamento più critica.

Analisi di stabilità dei pendii con MORGENSTERN-PRICE

Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1.1 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	19.58 m
Ascissa vertice destro superiore xs	16.15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	34.37 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	30.0
Numero di celle lungo y	30.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.012
Coefficiente azione sismica verticale	0.006

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	20.0	5.0
4	25.0	5.0
5	34.6	9.8
6	50.6	9.8

Falda

Nr.	X m	y m
1	0.0	-1.0
2	50.6	-1.0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	39.5	1900.00	2000.00	0.00		

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	34.6	9.8	50.6	9.8	0.3

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.91
Ascissa centro superficie	7.62 m
Ordinata centro superficie	32.4 m
Raggio superficie	30.07 m

=====

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

=====

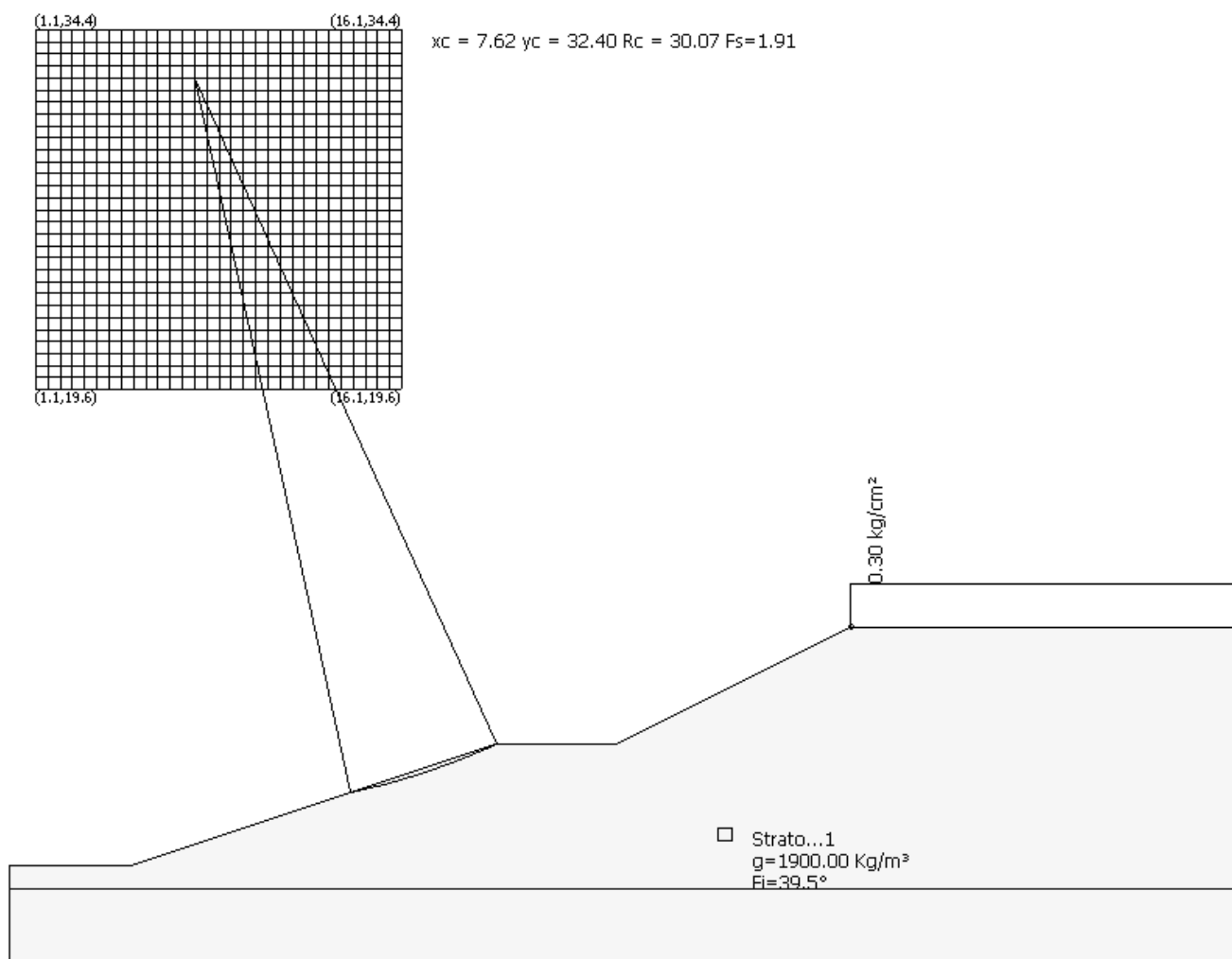
Analisi dei conci. Superficie...xc = 7.62 yc = 32.396 Rc = 30.075 Fs=1.9124

Lambda = 0.345

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.6	12.92	0.61	37.11
2	0.6	14.1	0.62	100.36
3	0.6	15.27	0.62	148.79
4	0.6	16.46	0.62	182.17
5	0.6	17.65	0.63	200.22
6	0.6	18.85	0.63	202.66
7	0.6	20.06	0.64	189.14
8	0.6	21.28	0.64	159.33
9	0.6	22.51	0.65	112.8
10	0.6	23.74	0.65	49.14

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1.27	3.68	0.0	0.0	35.87	12.37	0.0
2	3.94	11.41	1.27	3.68	96.92	33.42	0.0
3	6.77	19.63	3.94	11.41	143.35	49.43	0.0
4	8.89	25.75	6.77	19.63	174.84	60.29	0.0
5	9.73	28.2	8.89	25.75	191.15	65.91	0.0
6	9.11	26.39	9.73	28.2	192.16	66.26	0.0
7	7.15	20.73	9.11	26.39	177.85	61.33	0.0
8	4.36	12.62	7.15	20.73	148.33	51.15	0.0
9	1.57	4.54	4.36	12.62	103.8	35.79	0.0
10	0.0	0.0	1.57	4.54	44.62	15.39	0.0



Analisi della stabilità della scarpata perimetrale presso la sezione di progetto C-C, modellato secondo la sezione tipo con pendenza 1:3 (circa 18°). Ricerca della superficie critica con fattore di sicurezza minore.

Analisi della stabilità della scarpata perimetrale, modellata secondo la sezione tipo (c/o sezione di progetto C-C), con pendenza 1:3 (circa 18°).

Ricerca del fattore di sicurezza associato al pendio globale.

Analisi di stabilità dei pendii con MORGENSTERN-PRICE

Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-2.16 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20.41 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12.88 m
Ordinata vertice destro superiore ys	35.2 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	30.0
Numero di celle lungo y	30.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.012
Coefficiente azione sismica verticale	0.006

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	20.0	5.0
4	25.0	5.0
5	34.6	9.8
6	50.6	9.8

Falda

Y	X m	y m
1	0.0	-1.0
2	50.6	-1.0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	39.5	1900.00	2000.00	0.00		

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	34.6	9.8	50.6	9.8	0.3

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.98
Ascissa centro superficie	4.36 m
Ordinata centro superficie	27.8 m
Raggio superficie	27.8 m

=====

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

=====

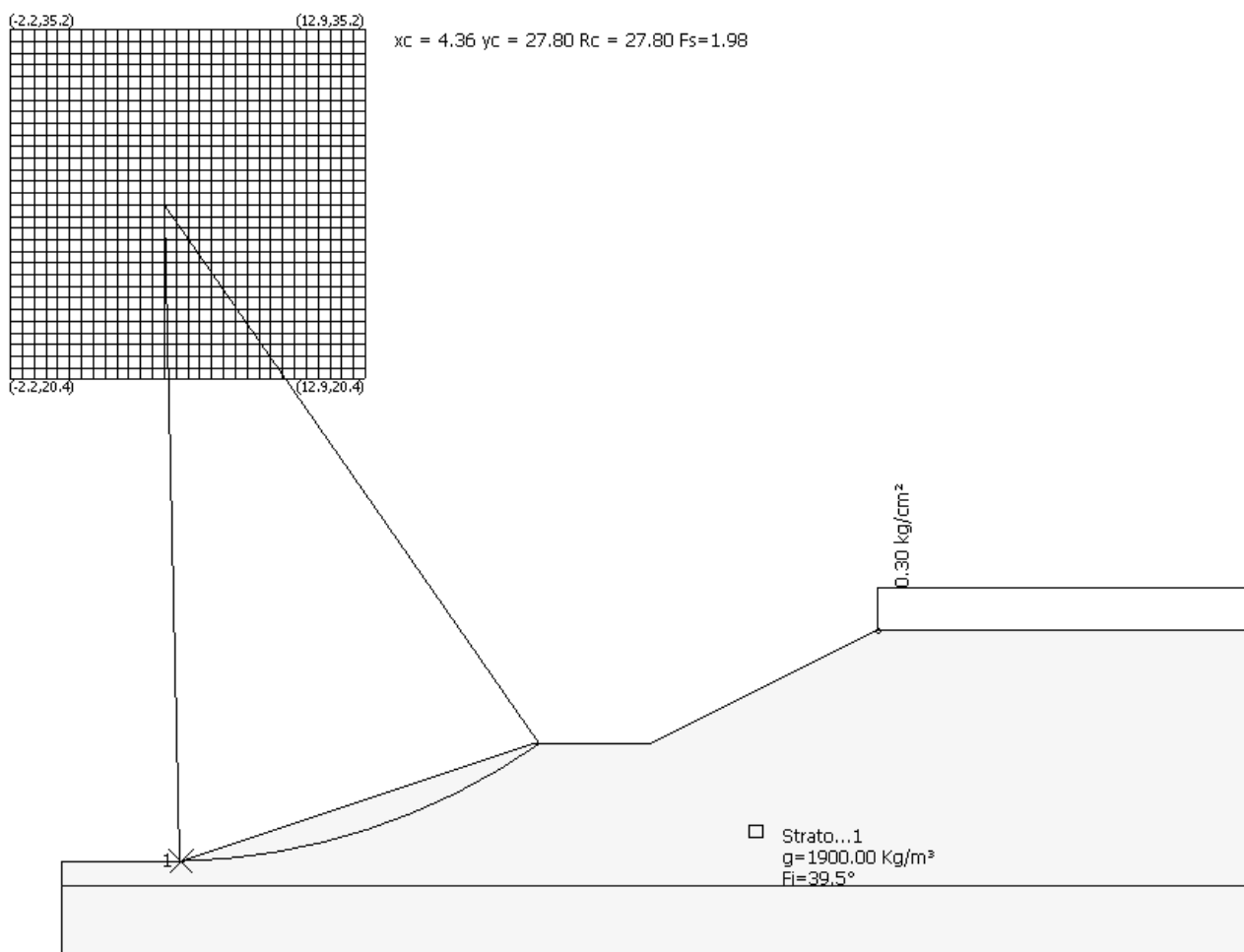
Analisi dei conci. Superficie...xc = 4.355 yc = 27.803 Rc = 27.803 Fs=1.98

Lambda = 0.338

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.52	2.95	1.53	651.93
2	1.52	6.1	1.53	1773.38
3	1.52	9.27	1.54	2648.68
4	1.52	12.47	1.56	3272.22
5	1.52	15.71	1.58	3635.78
6	1.52	19.0	1.61	3728.0
7	1.52	22.36	1.65	3533.8
8	1.52	25.81	1.69	3033.47
9	1.52	29.35	1.75	2201.2
10	1.52	33.03	1.82	1003.03

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	64.85	191.64	0.0	0.0	599.67	199.73	0.0
2	199.43	589.34	64.85	191.64	1680.11	559.59	0.0
3	341.63	1009.56	199.43	589.34	2551.99	849.99	0.0
4	448.18	1324.42	341.63	1009.56	3169.66	1055.71	0.0
5	492.71	1455.99	448.18	1324.42	3501.89	1166.37	0.0
6	464.76	1373.4	492.71	1455.99	3530.92	1176.03	0.0
7	369.73	1092.59	464.76	1373.4	3252.55	1083.32	0.0
8	229.73	678.87	369.73	1092.59	2677.45	891.77	0.0
9	85.51	252.68	229.73	678.87	1834.01	610.85	0.0
10	0.0	0.0	85.51	252.68	773.43	257.61	0.0



Analisi della stabilità della scarpata perimetrale presso la sezione di progetto C-C, modellato secondo la sezione tipo con pendenza 1:3 (circa 18°). Ricerca della superficie critica estesa all'intero sviluppo della scarpata, con fattore di sicurezza minore.

Analisi della stabilità della scarpata perimetrale, modellata secondo la sezione tipo (c/o sezione di progetto C-C), con pendenza 1:3 (circa 18°).

Ricerca del fattore di sicurezza associato al pendio globale, esteso al limitrofo rilevato dell'Autostrada Asti – Cuneo.

Analisi di stabilità dei pendii con MORGENSTERN-PRICE

Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1.86 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	54.39 m
Ascissa vertice destro superiore xs	16.91 m
Ordinata vertice destro superiore ys	69.18 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	30.0
Numero di celle lungo y	30.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.012
Coefficiente azione sismica verticale	0.006

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	20.0	5.0
4	25.0	5.0
5	34.6	9.8
6	50.6	9.8

Falda

Nr.	X m	y m
1	0.0	-1.0
2	50.6	-1.0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	39.5	1900.00	2000.00	0.00		

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	34.6	9.8	50.6	9.8	0.3

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2.04
Ascissa centro superficie	4.12 m
Ordinata centro superficie	64.5 m
Raggio superficie	64.5 m

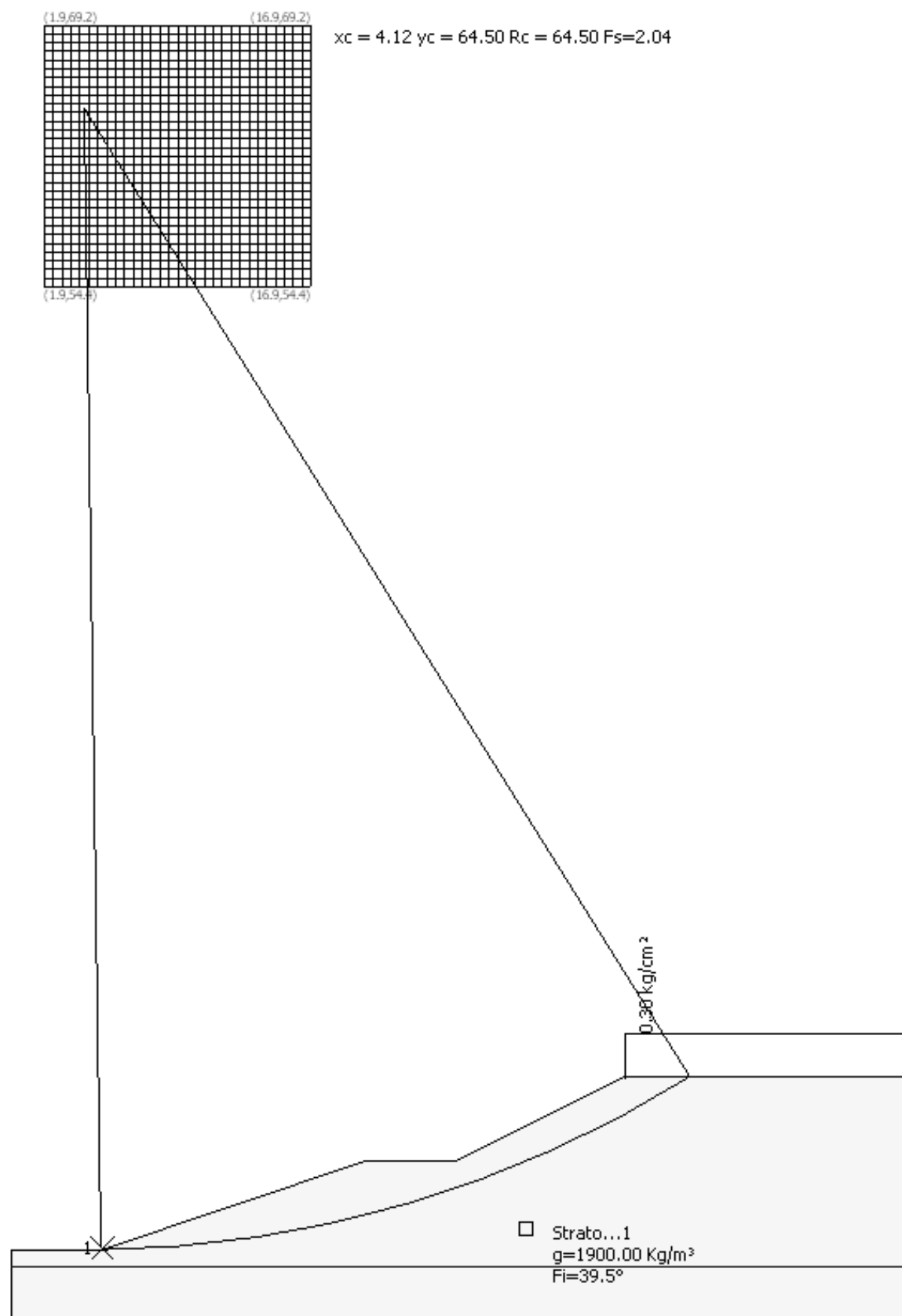
Analisi dei conci. Superficie...xc = 4.121 yc = 64.499 Rc = 64.496 Fs=2.0404

Lambda = 0.324

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	3.33	2.28	3.33	3221.19
2	3.33	5.25	3.34	8846.9
3	3.33	8.22	3.36	13373.51
4	3.33	11.22	3.39	16780.56
5	1.67	13.49	1.71	9308.49
6	4.99	16.56	5.2	22032.4
7	3.33	20.45	3.55	11122.61
8	3.33	23.64	3.63	13123.65
9	2.96	26.73	3.31	12203.6
10	3.69	30.1	4.27	18582.8

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	309.39	954.3	0.0	0.0	2965.29	958.39	0.0
2	971.57	2996.75	309.39	954.3	8380.35	2708.55	0.0
3	1704.65	5257.91	971.57	2996.75	12890.34	4166.18	0.0
4	2303.82	7106.01	1704.65	5257.91	16291.2	5265.35	0.0
5	2507.32	7733.72	2303.82	7106.01	9028.42	2918.0	0.0
6	2591.13	7992.2	2507.32	7733.72	21162.73	6839.84	0.0
7	2389.66	7370.78	2591.13	7992.2	10408.88	3364.17	0.0
8	1924.02	5934.54	2389.66	7370.78	11881.48	3840.12	0.0
9	1290.9	3981.71	1924.02	5934.54	10586.19	3421.48	0.0
10	0.0	0.0	1290.9	3981.71	15181.94	4906.83	0.0



Analisi della stabilità della scarpata perimetrale presso la sezione di progetto C-C, modellato secondo la sezione tipo con pendenza 1:3 (circa 18°). Ricerca della superficie critica estesa all'intero sviluppo della scarpata, comprensiva del limitrofo rilevato autostradale.