

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Treviglio-Brescia
PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DI COLTIVAZIONE
CAVA BG3 COVO
RELAZIONE TECNICA

ALTA SORVEGLIANZA

SCALA: ---

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

A 2 0 2 1 1 D E 2 R O S A 0 0 0 0 0 0 1 A

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR

Autorizzato/Data

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
A	Emissione per A.I.	Polidoro	15/2/2013	Caleffi	15/2/2013	Liani	15/2/2013

Consorzio
Cepav due
 Project Manager
 Data: 15/2/2013

SAIPEM S.p.A. COMM. P19490 | n. Elab.: GE00IRE19000 | File: A202 11 DE2 RO SA0000 001 A.DOC



Progetto cofinanziato
 dalla Unione Europea

CUP: J41C07000000001

INDICE

1	PREMESSE	4
2	ANALISI DELLO STATO ATTUALE	6
2.1	Aspetti generali relativi alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e sismiche..	6
2.1.1	Quadro geologico	6
2.1.2	Quadro geomorfologico	7
2.1.3	Caratteristiche geotecniche	8
2.1.4	Rischio sismico	9
2.2	Geologia e geomorfologia dell'Area BG3	10
2.3	Caratteri giacimentologici	11
2.3.1	Campagna geognostica	11
2.3.2	Litostratigrafia	16
2.4	Modello geotecnico	16
2.5	Sismicità	18
2.6	Idrografia	20
2.6.1	Il reticolo idrografico	20
2.6.2	I fontanili	21
2.6.3	Il rischio idraulico	21
2.6.4	Idrografia in corrispondenza dell'Area BG3	22
2.7	Idrogeologia	23
2.7.1	Inquadramento idrogeologico	23
2.7.2	Geometria degli acquiferi	25
2.7.3	Dinamica delle acque sotterranee	26
2.7.4	Vulnerabilità idrogeologica naturale degli acquiferi	28
2.8	Aspetti pedologici	30
2.8.1	Capacità d'Uso del Suolo	31
2.8.2	Capacità Protettiva del suolo nei confronti delle acque sotterranee	31
2.8.3	Capacità Protettiva del suolo nei confronti delle acque superficiali	31
2.8.4	Valore naturalistico dei suoli	32
2.9	Aspetti naturalistici	32
2.9.1	Vegetazione	32
2.9.2	Fauna	33
2.10	Rilevanze paesaggistiche	33
2.10.1	Presenze di carattere storico, architettonico ed archeologico.	33
2.10.2	Sistema insediativo e infrastrutture	33
3	ANALISI VINCOLISTICA	34
3.1	Carta dei vincoli	34
3.2	Pianificazione Comunale - Piano di Governo del Territorio (P.G.T.)	34
3.2.1	Ambiti agricoli estesi Ae (art. 4.3.2 NTA)	34
3.2.2	Pe produttivo estrattivo (art. 4.2.5 NTA)	34
4	PROGETTO DI COLTIVAZIONE	35
4.1	Rilievo planialtimetrico	35
4.2	Assetto proprietario	35
4.3	Modalità di coltivazione	36
4.3.1	Distanze di rispetto	36
4.3.2	Superfici e volumi	37
4.3.3	Mezzi impiegati	38
4.3.4	Destinazione dei materiali e viabilità	38
4.4	Fasi temporali	39



4.5	Verifiche di stabilità delle scarpate di scavo.....	39
4.6	Valutazione dell'impatto delle escavazioni sulla falda freatica	42
4.7	Principali misure di sicurezza e interventi di mitigazione degli impatti	46
4.7.1	Mitigazioni e monitoraggi	46
4.7.2	Monitoraggi	50
4.7.3	Principali misure di sicurezza	51
4.8	Interventi di salvaguardia ambientale.....	51
4.8.1	Gestione e bonifica di eventuali sversamenti di sostanze contaminanti nell'area di cava	51
4.8.2	Riferimenti normativi	51
4.8.3	Caratteristiche chimico - fisiche delle possibili sostanze inquinanti	51
4.8.4	Procedure amministrative	52
4.8.5	Interventi di messa in sicurezza d'emergenza	52
4.8.6	Interventi di bonifica	53
5	PROGETTO DI RECUPERO	54
5.1	Criteri di recupero.....	54
5.2	Recupero morfologico	55
5.3	Verifiche di stabilità delle scarpate di recupero.....	55
5.4	Recupero ambientale	56
5.4.1	Considerazioni sulla stabilità degli ambienti naturali ricostruiti	68
5.5	Quantificazione delle attività di recupero naturalistico	69
5.5.1	Movimenti terra	69
5.5.2	Formazione superfici boschive	69
5.5.3	Formazione arbusteti	71
5.5.4	Inerbimenti	72
5.5.5	Altri interventi	72
5.5.6	Fossi e canali	72
5.5.7	Manutenzioni (anno impianto)	73
5.5.8	Manutenzioni (primo anno)	73
5.5.9	Manutenzioni (secondo anno)	73
5.5.10	Manutenzioni (terzo anno).....	74
5.5.11	Manutenzioni (quarto anno).....	74
5.5.12	Riepilogo dei costi per il riassetto ambientale	74
5.6	Calcolo della garanzia fideiussoria.....	75
6	ANALISI PRELIMINARE DEI PRINCIPALI PROBLEMI CONNESSI ALLA SICUREZZA DEL LAVORO.....	75



1 PREMESSE

La presente relazione illustra lo stato dei luoghi e descrive il progetto esecutivo di coltivazione e di recupero di una cava, di seguito denominata "Cava BG3 Covo Cepav2" da realizzarsi nel Comune di Covo, in provincia di Bergamo.

Si tratta di una cava di prestito a servizio di opere di pubblica utilità, finalizzata all'estrazione di inerti necessari esclusivamente alla realizzazione della linea ferroviaria AV/AC Treviglio-Brescia.

La cava è stata progettata in ampliamento dell'esistente cava BG3 a servizio del "Collegamento autostradale di connessione tra le Città di Brescia e Milano" (BREBEMI).

Trattasi di una cava di prestito alternativa alla cava ubicata nei Comuni di Fornovo San Giovanni e Mozzanica (BG), individuata nel Progetto Definitivo della linea ferroviaria AV/AC, approvato dal CIPE con delibera 81/2009, con prescrizioni e raccomandazioni, in data 22 settembre 2009.

La cava localizzata nei comuni di Fornovo San Giovanni e Mozzanica (BG), ha incontrato forti opposizioni locali in fase di Progetto Esecutivo e quindi, in accordo con le Amministrazioni Comunali, Provinciale e Regionale si è provveduto a ipotizzare e progettare una delocalizzazione nel sito in oggetto.

L'iter procedurale seguito e la documentazione relativa sono riportate in apposito Documento.

Considerato che la cava non rientrava nel Progetto Definitivo approvato, è stato predisposto uno Studio di Impatto Ambientale, che verrà inviato per la valutazione al Ministero unitamente al progetto della cava.

Il titolare dell'autorizzazione, in quanto richiedente, sarà il General Contractor Cepav due – Consorzio ENI per l'Alta Velocità le cui referenze di capacità tecnica economica e il piano finanziario complessivo dell'opera sono esposte in "Relazione generale siti approvvigionamenti inerti" (cfr. doc. A202 11 DE 2RO CA 000001A).

Il titolo di disponibilità dei terreni è costituito dalla procedura di esproprio per Pubblica Utilità, ottenuta nell'ambito dell'approvazione del Progetto Definitivo (delibera CIPE 81/2009).

La previsione estrattiva di seguito illustrata trova giustificazione nell'impossibilità di reperire sul mercato i materiali inerti idonei per la realizzazione della tratta in provincia di Bergamo della Linea AV/AC Milano-Verona; impossibilità che è stata dimostrata in altro documento.

I materiali inerti estratti da detta cava sono interamente ed esclusivamente destinati alla realizzazione dei rilevati di parte dell'opera pubblica in oggetto.

Per la valutazione dei fabbisogni di inerti per la realizzazione dell'opera e quindi per la giustificazione dei volumi richiesti con la presente cava, si rimanda alla "Relazione generale siti approvvigionamenti inerti" del PD (cfr. doc. A202 11 DE 2RO CA 000001A).

Il presente progetto, è stato redatto con riferimento a quanto previsto dalla normativa tecnica vigente (in particolare, la L.R. 14/98 e successive modifiche e integrazioni).

Esso è stato organizzato in cinque sezioni distinte:

- Sezione 1 (Cap. 2) – Analisi dello stato attuale che comprende una serie di valutazioni tematiche relative alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, pedologiche e agronomiche dei terreni interessati dalla coltivazione;
- Sezione 2 (Cap. 2.10) – Analisi vincolistica nella quale sono presi in esame i piani sovraordinati nel rispetto dei quali deve essere redatta la proposta progettuale;
- Sezione 3 (Cap. 4) – Progetto della coltivazione in cui vengono descritti, sulla base dei dati geologici ed idrogeologici acquisiti, la consistenza del giacimento coltivabile (superfici e volumi), le modalità di coltivazione, le distanze di rispetto, le scarpate di abbandono, le fasi temporali



dello sfruttamento i mezzi impiegati negli scavi e la destinazione dei materiali (con relativa viabilità);

- Sezione 4 (Cap. 5) – Progetto di recupero ove sono definite le modalità di recupero e la sistemazione finale dell'area di cava sotto l'aspetto sia morfologico che ambientale, verificando la stabilità delle scarpate e specificando, oltre alla sistemazione idraulico-agraria degli impianti vegetali, gli interventi da prevedere per la manutenzione degli stessi.
- Sezione 5 (Cap. 6) – Analisi preliminare dei principali problemi connessi alla sicurezza del lavoro

A corredo della relazione, sono stati redatti i seguenti elaborati:

Elaborato	Titolo	scala
A20211DE2ROSA0000001A	RELAZIONE TECNICA	
A20211DE2C3SA0000001A	Inquadramento geografico	scala 1:25.000
A20211DE2G5SA0000001A	Carta geologico-morfologica	scala 1:5.000
A20211DE2WZSA0000001A	Sezioni litostratimetriche	scala: H=1:250 e L=1:1000
A20211DE2G6SA0000001A	Carta geomineraria	scala 1:2.000
A20211DE2G4SA0000001A	Carta idrogeologica e della vulnerabilità	scala 1:10.000
A20211DE2G5SA0000002A	Carta pedologica	scala 1:5.000
A20211DE2G5SA0000003A	Carta dell'uso reale del suolo	scala 1:5.000
A20211DE2G4SA0000002A	Carta dei vincoli	scala 1:10.000
A20211DE2G4SA0000003A	Carta delle rilevanze paesaggistiche e territoriali	scala 1:10.000
A20211DE2P4SA0000001A	Stralcio da P.R.G.	scala 1:10.000
A20211DE2R7SA0000001A	Rilievo planialtimetrico e ubicazione dei punti fissi	scala 1:1.000
A20211DE2P6SA0000001A	Planimetria catastale	scala 1:2.000
A20211DE2P7SA0000001A	Planimetria di scavo	scala 1:1.000
A20211DE2WZSA0000002A	Sezioni di scavo	scala H 1:200 e L 1:1.000
A20211DE2DZSA0000001A	Fasi di coltivazione	scale varie
A20211DE2GZSA0000001A	Carta della viabilità	scale varie
A20211DE2P7SA0000002A	Planimetria di recupero morfologico	scala 1:1.000
A20211DE2WZSA0000003A	Sezioni di recupero morfologico	scala H 1:200 e L 1:1.000
A20211DE2DZSA0000002A	Fasi di recupero	scala 1:250
A20211DE2W7SA0000001A	Sezioni riepilogative in scala non modificata	scala 1:1.000
A20211DE2P7SA0000003A	Planimetria di recupero ambientale	scala 1:1.000
A20211DE2WZSA0000004A	Sezioni tipo delle scarpate	scala 1:125
A20211DE2PRSA0000001A	Stratigrafie sondaggi	
A20211DE2PRSA0000002A	Analisi di laboratorio	
A20211DE2RTSA0000001A	Monografie caposalda topografici	
A20211DE2CLSA0000001A	Verifiche stabilità scarpate	
A20211DE2ROSA0000002A	Documenti amministrativi	



2 ANALISI DELLO STATO ATTUALE

2.1 **Aspetti generali relativi alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e sismiche**

2.1.1 *Quadro geologico*

La pianura lombarda è il risultato di un'evoluzione geologica cominciata nel Pliocene e caratterizzata dagli effetti delle glaciazioni quaternarie prima e dall'azione fluviale poi.

Nel passaggio da condizioni glaciali a fluvioglaciali, i cospicui depositi morenici situati al piede delle prealpi sono stati progressivamente smantellati dalle acque superficiali.

L'idrografia superficiale, all'inizio scarsamente gerarchizzata, ha provveduto a ridistribuire uniformemente sul sottostante territorio di pianura, formato da sedimenti marini (Pliocene) e continentali (Pleistocene inferiore), notevoli spessori di materiale.

Successivamente, il contesto idrografico superficiale si è progressivamente organizzato dando luogo alla situazione attuale dove i fiumi rappresentano le più importanti vie di deflusso delle acque superficiali.

Come indicato nel foglio Treviglio della Carta Geologia d'Italia (scala 1:100.000) e nella Carta Geologica della Lombardia (scala 1:250.000), nel contesto dell'area di studio, i terreni affioranti, a partire dai termini più recenti verso i più antichi, possono essere distinti nelle seguenti unità:

- alluvioni ghiaioso sabbiose limose (Alluvium Attuale e Recente, Olocene). Tali depositi si rinvencono negli alvei abbandonati ed attivi dei corsi d'acqua principali. Sono costituiti prevalentemente da ghiaie, sabbie e in subordine da limi. Non presentano alcuno strato di alterazione superficiale;
- alluvioni sabbiose e ghiaiose poligeniche (Alluvium Medio e Antico, Olocene). Costituiscono il sistema di terrazzi immediatamente sottostanti al Livello Fondamentale della Pianura e sono caratterizzate da uno strato di alterazione superficiale mancante o molto ridotto;
- alluvioni fluvioglaciali (Wurm-Riss) sabbiose e ghiaiose per lo più non alterate, corrispondenti al Livello Fondamentale della Pianura (Diluvium Recente, Pleistocene superiore). Si tratta di depositi fluvioglaciali derivati dallo smantellamento dei depositi glaciali di provenienza alpina relativi all'ultima glaciazione. Presentano uno strato di alterazione giallo rossiccio generalmente inferiore al metro e con spessori maggiori nella parte settentrionale della pianura.

L'Alluvium recente e quello attuale comprendono rispettivamente: le alluvioni dell'alveo di piena e quelle che formano il letto fluviale normalmente occupato dalle acque. Si tratta essenzialmente di ghiaie e ghiaie sabbiose, mentre la presenza di sabbie, limi e argille, in orizzonti lenticolari più o meno allungati, è strettamente legata alle divagazioni dei corsi d'acqua. La definizione "recenti e attuali" è da imputarsi al fatto che questi depositi risultano ancora morfologicamente attivi, cioè soggetti all'azione modificatrice del corso d'acqua e prive di alterazione superficiale.

L'Alluvium antico è costituito in prevalenza da ghiaie poligeniche e sabbie con lenti argilloso-limose. Affiora nel contesto dei terrazzi sviluppati a diverse altezze lungo i corsi d'acqua principali, con dislivelli anche oltre i 20 m rispetto all'alveo attuale. I depositi più antichi sono costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose. La natura dei clasti è estremamente eterogenea. Prevalgono comunque gli elementi derivanti da rocce sedimentarie quali: calcari, calcari marnosi, dolomie e arenarie. Sabbie e limi sono maggiormente presenti nelle fasce alluvionali dei fiumi Serio e Oglio. La denominazione di "alluvioni antiche" deriva dal fatto che esse sono ormai morfologicamente stabilizzate, cioè non più soggette all'azione modellatrice del corso d'acqua.

Il Diluvium recente occupa la restante area della pianura. Sotto questa formazione vengono compresi quei depositi di natura ghiaioso-sabbiosa-argillosa che costituiscono il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.). I caratteri litologici non sono uniformi e sono caratterizzati dalla presenza di uno strato superiore di alterazione di 25÷70 cm di spessore. Tale strato, di natura essenzialmente argilloso-sabbiosa, non sempre è conservato a causa del rimaneggiamento operato dalle pratiche agricole e dell'azione della vegetazione spontanea. In quest'ultimo caso il deposito assume una colorazione bruno-rossastra o bruno-giallastra per la presenza degli acidi umici e presenta spessori dai 20 ai 25 cm.



Nel contesto del Diluvium recente si distinguono una frazione ghiaioso-sabbiosa prevalente nella porzione settentrionale della formazione e una frazione a limi e argille prevalente in quella meridionale. Il passaggio tra un tipo e l'altro è per lo più graduale.

Le zone a ghiaie prevalenti, tipiche dell'area in esame, sono caratterizzate da ciottoli arrotondati di dimensioni variabili da medie a grosse con frequente tendenza verso forme ovali. La stratificazione riconoscibile all'interno di questi depositi grossolani è per lo più determinata da una successione di lenti e strati a granulometria diversa, ma composti ciascuno da elementi di dimensioni simili tra loro. Sono frequenti straterelli sabbiosi che si alternano con ghiaie più o meno grossolane. L'argilla presente negli strati superficiali talora si mescola con la ghiaia e la sabbia fino ad una certa profondità.

Le zone a sabbie prevalenti presentano una composizione sensibilmente più costante di quella ghiaiosa. Le sabbie hanno una grana uniforme anche dove la composizione mineralogica è differente. Il colore varia dal grigio al giallo e nella parte superiore sono alterate come le ghiaie.

In generale, nel tratto occidentale dell'area attraversata dal corridoio infrastrutturale in progetto sono presenti soprattutto depositi sabbioso-ghiaiosi mentre in quella orientale quelli ghiaioso-sabbiosi. Il passaggio tra le due granulometrie si individua indicativamente in corrispondenza del fiume Serio.

Malgrado non affiorino direttamente nella porzione di territorio in esame, al di sotto dei sopramenzionati depositi si rinvengono conglomerati poligenici a matrice arenacea e cemento carbonatico della formazione del Ceppo Lombardo (Pleistocene inferiore, Pliocene superiore). Questa unità si contraddistingue per la presenza di frequenti banchi massicci sub-orizzontali o intercalazioni lentiformi di arenarie, distribuiti irregolarmente, e di ghiaie e sabbie sciolte, a causa di una disomogenea distribuzione del grado di cementazione. Il contatto con le formazioni ghiaioso-sabbiose soprastanti è fortemente irregolare.

Sotto l'aspetto tettonico, il tratto di Pianura Padana in esame è stato interessato a partire dal Pliocene da un'intensa attività che ha disarticolato profondamente il substrato pre-pliocenico, costituito da formazioni prevalentemente arenacee, marnose e carbonatiche, suddividendolo in zolle più o meno sprofondate e sollevate. I fronti di sovrascorrimento pur presentando un andamento arcuato, sono disposti in generale lungo un allineamento NO-SE e sono interrotti da sistemi di faglie trasverse con direzione da NO-SE a NE-SO.

Nella zona pedemontana alpina, il raccordo fra i fronti sepolti dalla pianura e le strutture alpine più meridionali si attua attraverso un graduale innalzamento del substrato prepliocenico, interessato da faglie plio-quadernarie.

L'attività tettonica deformativa ha raggiunto il massimo sviluppo nel Pliocene inferiore e medio, proseguendo poi fino al Quaternario e coinvolgendo anche i depositi di questo periodo, tanto da determinare brusche e notevoli variazioni di spessore e di facies in corrispondenza delle strutture tettoniche sepolte, riscontrabili anche negli orizzonti più superficiali e recenti.

L'attività neotettonica risulta distribuita in modo non uniforme. In particolare gli elementi tettonici rilevati risultano concentrati nelle zone tra Brescia e Verona.

Nel settore della pianura bresciana, gli studi stratigrafici esistenti, mettono in evidenza elementi riconducibili ad attività tettonica successiva al Pliocene medio, individuando faglie e fratture che interessano i termini inferiori della serie stratigrafica delle colline di Castenedolo e Ciliverghe.

Dati più recenti rilevano inoltre la presenza nella zona tra Montichiari e Brescia di una serie di elementi plicativi e disgiuntivi che interessano i depositi quaternari.

Ad ovest di Brescia, verso i tratti bergamasco e milanese non si riscontrano tracce di elementi tettonici di rilievo. Sono segnalati invece nell'area del Garda sovrascorrimenti e faglie inverse appartenenti al sistema delle Giudicarie, classificati come attivi.

2.1.2 Quadro geomorfologico

La porzione di territorio in esame interessa un territorio a morfologia pianeggiante con valori minimi in corrispondenza degli alvei attuali dei principali fiumi che attraversano la zona.

La pendenza della superficie topografica è, sia in direzione est-ovest, che nord-sud, sempre dell'ordine di qualche unità per mille. Costituiscono un'eccezione le scarpate dei terrazzi fluviali che marcano le valli dei corsi d'acqua maggiori.



Il Livello Fondamentale della Pianura consiste in una superficie pressoché pianeggiante ed uniforme, interrotta soltanto dagli alvei degli attuali corsi d'acqua fiancheggiati da più ordini di terrazzi. Eventuali depressioni di piccola entità possono essere localmente correlate alla presenza di paleoalvei fluviali.

Altre irregolarità sono date da scavi e riporti di origine antropica (cave, discariche, rilevati arginali, etc.).

La valle dell'Oglio è caratterizzata, nel tratto in esame, da una larghezza di oltre 1200 m e da dislivelli, corrispondenti alle scarpate dei principali terrazzi fluviali, compresi tra 10 m (destra idrografica) e 12 m (sinistra idrografica). Il dislivello massimo tra il fondo valle e la pianura circostante è compreso tra i 13 e i 17 m.

Si distinguono inoltre all'interno della valle dell'Oglio diverse linee di accrescimento fluviale evidenziate sul terreno da vecchie linee di costa.

Sempre nel tratto d'interesse, la valle del Serio è caratterizzata, da una larghezza di oltre 200 m. Il dislivello massimo tra il fondo valle e la pianura circostante è di pochi metri. Generalmente i gradini morfologici si localizzano in prossimità del corso d'acqua e ricadono nella fascia di esondabilità del fiume. Risultano obliterati per gran parte della loro estensione dalle pratiche agricole.

Caratteristica comune a tutta l'area di studio è la presenza di numerosi paleoalvei, testimonianze delle antiche divagazioni dei corsi d'acqua principali.

2.1.3 Caratteristiche geotecniche

Da un punto di vista geotecnico, i terreni descritti nel paragrafo 2.1 presentano sinteticamente le seguenti caratteristiche:

- unità postglaciali (Alluvium Antico, Recente e Attuale). Mostrano caratteristiche geotecniche variabili in funzione della granulometria dominante. La permeabilità è elevata dove prevalgono ghiaie e sabbie, bassa dove prevalgono sabbie limose e limi argillosi. I valori di compressibilità sono elevati, soprattutto nelle aree di paleoalveo. La quantità di frazioni fini presenti condiziona la qualità dei terreni che è classificabile come accettabile. Possono presentare potenziali rischi di instabilità in corrispondenza delle scarpate di terrazzo più acclivi.
- complesso fluvio-glaciale Wurm-Riss (Diluvium Recente). Sono depositi che presentano buone caratteristiche geotecniche. La permeabilità è solitamente elevata. In generale risultano essere mediamente addensati e con un buon drenaggio superficiale.

Riassumendo, si è osservato che terreni con caratteristiche geotecniche molto buone occupano buona parte dell'ambito analizzato, in particolare nelle aree distanti dai corsi d'acqua, al di sopra dei terrazzi più esterni.

Avvicinandosi ai corsi d'acqua le caratteristiche geotecniche peggiorano, tanto che in corrispondenza degli alvei si possono rinvenire anche terreni da scadenti a molto scadenti.

Per la caratterizzazione geotecnica dei depositi all'interno dell'area estrattiva descritta nel paragrafo 2.4 sono stati presi in esame i dati desunti nel corso di una specifica campagna geognostica effettuata per la presente progettazione.

In particolare, la parametrizzazione dei terreni granulari si è basata sui risultati delle prove in sito (prove penetrometriche dinamiche SPT), utilizzando correlazioni empiriche richiamate nei di seguito, e facendo riferimento al laboratorio solo per quanto riguarda la composizione granulometrica.

- Densità relativa (D_R): come indicato da *Gibbs e Holtz (1957)*

$$D_R = \left(1.5 \cdot \left(\frac{N_{SPT}}{F} \right)^{0.222} \right) - 0.6$$

dove $F = 0.0065 \times \sigma_{v0}^2 + 1.68 \times \sigma_{v0} + 14$

essendo:

σ_{v0} = pressione verticale totale geostatica (t/m^2);

N_{SPT} = numero di colpi per 30 cm di infissione;

D_R = densità relativa (%).



- Angolo di resistenza al taglio (ϕ'): come indicato da *Shioi e Fukuni* (Japanese National Railway 1982)

$$\Phi' = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

Quanto alla caratterizzazione geotecnica dei terreni coesivi, più superficiali, sulla base dei valori di resistenza al pocket penetrometer e tenuto conto delle correlazioni semiempiriche con terreni consimili, si è adottato un angolo di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci (ϕ') = 26° mentre si è, cautelativamente, assunta nulla la coesione in termini di sforzi efficaci (c').

2.1.4 Rischio sismico

Le zone sismicamente più attive in Lombardia sono localizzate al margine della pianura padana nella zona di Brescia e all'estremità sud delle Giudicarie nella zona del lago di Garda. Alcuni settori minori insistono sul Lodigiano ed in prossimità di Cremona. Più a sud si segnala la fascia appenninica del parmense-reggiano interessata da una sismicità continua di media energia.

I terremoti avvengono tutti nella crosta superiore con ipocentri tra 5 e 15 km circa di profondità.

L'attività sismica è correlabile alla presenza di faglie ancora attive anche se sepolte al disotto di una coltre di depositi alluvionali apparentemente non deformati. La struttura geologica fino a 10 km circa evidenzia numerose superfici di sovrascorrimento nell'area bresciana.

Una ricostruzione del flusso medio tettonico (energia prodotta dai terremoti che attraversa l'unità di superficie nell'unità di tempo) valutato negli ultimi 1000 anni, ha messo in evidenza come in Lombardia i valori più elevati si siano raggiunti al margine della pianura bresciana.

In generale appare evidente una graduale decrescita dell'energia rilasciata dai sismi procedendo da est verso ovest. Tale decremento non avviene in maniera costante e continua, e infatti lungo ipotetici profili est-ovest, si nota come ad aree sismicamente attive siano interposte zone a minore o a bassissima attività, che le distinguono isolandole.

Nel settore di territorio in esame, studi eseguiti anche nel campo macrosismico indicano una sismicità con caratteri di alta superficialità (10 km) associata a terremoti più significativi, più profondi, localizzati in corrispondenza del basamento rigido padano, che si incunea sotto le strutture sia alpine che appenniniche.

Per quanto riguarda la classificazione sismica, l'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto.

Fra i comuni rappresentati nell'Inquadramento geografico, risultano classificati come sismici di II categoria (a sismicità media) quelli di Calcio, in provincia di Bergamo, e di Urago d'Oglio, in provincia di Brescia, mentre gli altri, compreso Covo, si collocano nella IV categoria o zona 4.

Facendo, invece, riferimento alle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) di cui al D.M. 14.01.2008 e, in particolare, all'allegato documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche mentre le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2475 anni).

Per determinare il tempo di ritorno da utilizzare per le verifiche geotecniche delle opere in progetto sono stati assunti i seguenti parametri:



- tipo di opera: "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale" la cui vita nominale è $V_n \geq 50$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2008);
- classe d'uso: Classe II: "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali" (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2008). Con conseguente coefficiente d'uso $C_u = 1.00$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2008).

Da tali parametri si ottiene il periodo di riferimento della costruzione che è dato da:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1 = 50 \text{ anni}$$

Quanto ai requisiti previsti per le opere in progetto si è assunto cautelativamente che esse garantiscano la sicurezza nei confronti gli stati limite ultimi di Salvaguardia della Vita (SLV), cui corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR pari al 10% (vedi Paragrafo 3.2.1 e Tab. 3.2.I delle N.T.C. 01/2008).

Per il sito in esame i valori dei parametri a_g, F_0, T_C^* sono stati ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto corrispondente al centro dell'area d'intervento, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dovendo valutare l'effetto della risposta sismica locale e definire le categorie di sottosuolo di riferimento (il D.M. 14.01.2008 definisce 7 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità delle onde sismiche trasversali nei primi 30 m di profondità), sono stati utilizzati i valori di N_{SPT} desunti dalle prove condotte nei fori di sondaggio, disponibili lungo tutto il corridoio infrastrutturale in progetto.

In generale, dall'esame di tali dati, si osserva che nel territorio in esame dominano le seguenti categorie:

- Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- Categoria C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Non andranno, invece, considerati effetti di amplificazione topografica, sia perché i pendii avranno altezze inferiori a 30 m, sia perché risulteranno costituiti da materiali con valori di V_s sempre inferiori ad 800 m/s.

2.2 Geologia e geomorfologia dell'Area BG3

L'Area BG3 ricade sul piano generale terrazzato del livello fondamentale della pianura, compreso tra il fiume Serio, posto circa 6 km ad ovest, e il fiume Oglio, ad est, ad una distanza di poco superiore ai 4 km.

La superficie topografica è pianeggiante, degradante verso Sud e leggermente ondulata. Le quote del piano campagna sono di circa 120 m s.l.m.

Le principali caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area d'intervento e dell'intorno d'interesse sono state rappresentate nella Carta geologico-morfologica, redatta alla scala 1:5.000 (cfr elaborato A20211DE2G5SA0000001A).



Dall'esame di tale elaborato grafico si osserva che in zona sono presenti depositi fluviali e fluvio-glaciali a litologia di superficie prevalentemente ghiaiosa. Queste informazioni sono state desunte dal SIT della Regione Lombardia ove sono riportati i risultati di un rilevamento pedologico realizzato attraverso l'effettuazione di sondaggi e relative analisi e descrizioni (profili, trivellate e osservazioni di campagna) sino alla profondità di 2 m dal piano di campagna. Per la definizione delle caratteristiche litostratimetriche dei terreni sottostanti, ricostruita sulla base di indagini profonde, si veda, invece, il paragrafo 2.3.

Gli unici elementi geomorfologici naturali raffigurati sulla Carta geologico-morfologica, sono degli alvei abbandonati, situati allo stesso livello della pianura circostante, che attraversano il territorio in esame con andamento nord-sud. Conseguentemente, si può affermare che, in zona, non sono presenti forme di particolare pregio; così come non è stato osservato alcun tipo di problematica di dissesto.

Nella Carta geologico-morfologica sono rappresentati anche i principali elementi idrografici per la cui trattazione si rimanda al paragrafo 2.6.4.

2.3 Caratteri giacimentologici

Già prima del presente studio, vari elementi indicavano che l'area BG3 poteva rappresentare un'interessante risorsa giacimentologica (le informazioni litologiche dedotte dalla letteratura, i dati desunti dall'effettuazione di sondaggi e pozzi nel territorio circostante e il fatto che la lavorazione dei campi avesse rilevato la presenza, sotto il terreno agrario, di un'abbondante quantità di ghiaia).

Tuttavia, al fine di pervenire ad una migliore conoscenza delle caratteristiche litologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni in esame, necessaria ai fini progettuali, è stata eseguita la campagna geognostica descritta nei paragrafi successivi.

2.3.1 Campagna geognostica

L'area di interesse è stata indagata in due diverse campagne di indagine. La prima, inerente la Cava Brebemi, è stata realizzata nel 2009, la seconda, che interessa l'ampliamento è stata condotta nel 2013.

La campagna geognostica 2009 ha previsto la realizzazione di 5 sondaggi profondi, a rotazione, a carotaggio continuo; l'ubicazione di tre di questi, interessanti per il presente progetto, è rappresentata nella Carta geomineraria dell'elaborato A20211DE2G6SA0000001A.

In tutti i sondaggi è stata raggiunta sempre la profondità di 35 m dall'attuale piano campagna.

Nel due sondaggi posti nel settore settentrionale dell'area estrattiva sono state effettuate 32 prove *Standard Penetration Test* (S.P.T.) a punta chiusa. Tutte le prove hanno dato rifiuto in una delle tre fasi di penetrazione. Tali sondaggi inoltre sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto, in modo da poter misurare la soggiacenza dei livelli idrici nel terreno.

La campagna geognostica 2013 ha previsto la realizzazione di 3 sondaggi profondi (35 m), a rotazione, a carotaggio continuo, anche questi ubicati nell'elaborato A20211DE2G6SA0000001A. Nel corso dei sondaggi sono state eseguite 27 prove SPT.

I sondaggi S1 ed S2 sono stati attrezzati con piezometri che saranno utilizzati anche per il monitoraggio della falda nel corso delle attività di coltivazione e di successivo recupero.

I risultati di entrambe le campagne geognostiche effettuate sono riportati nell'elaborato A20211DE2PRSA0000001A - Stratigrafie sondaggi.

Si riporta di seguito il diagramma contenente i valori di N_{spt} dei sondaggi 2013 in funzione della profondità del piano campagna in Fig. 1 e il grafico relativo all'andamento della densità relativa D_r in Fig. 2.

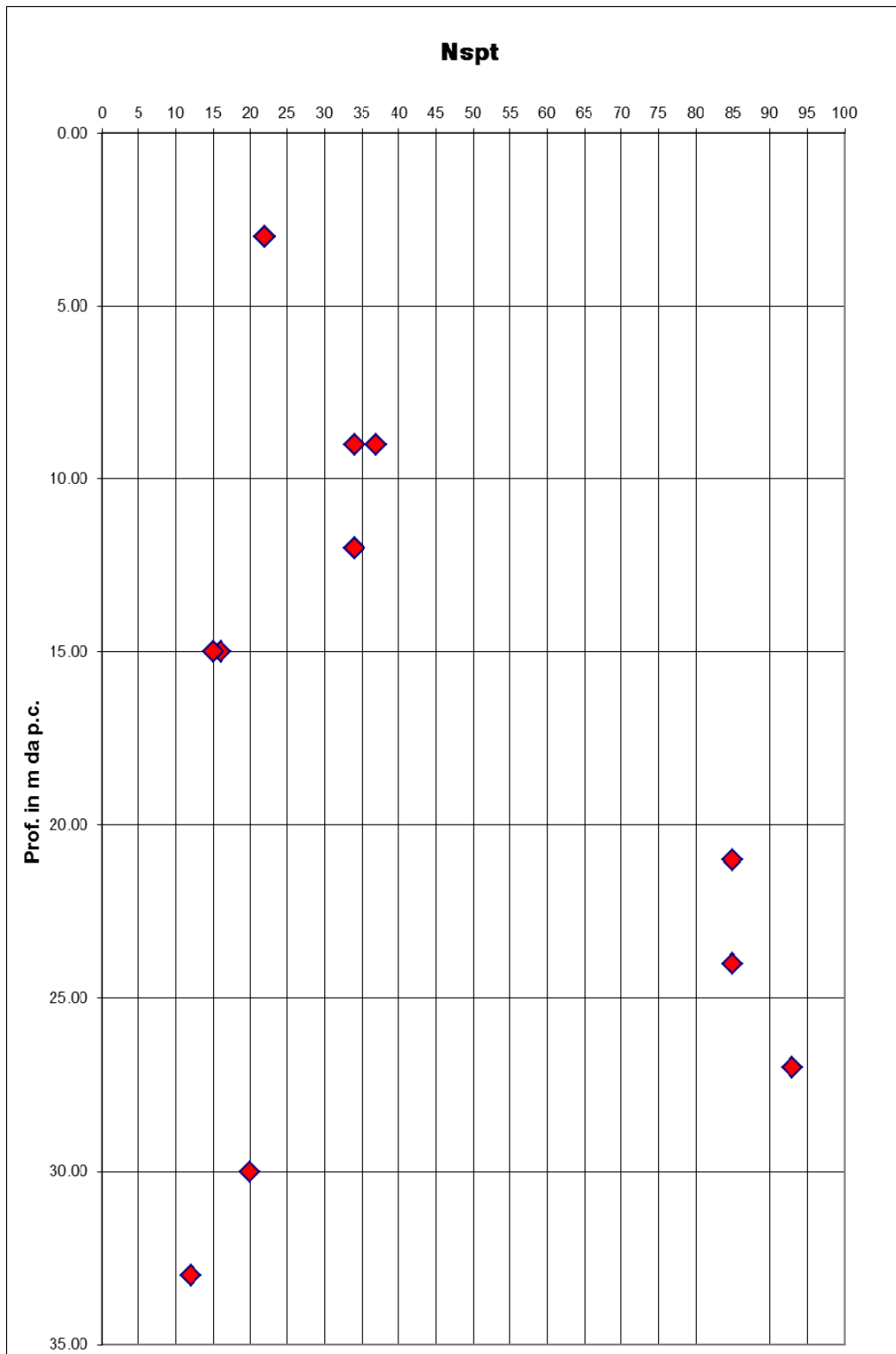


Fig. 1 – Grafico dei valori di Nspt in funzione della profondità

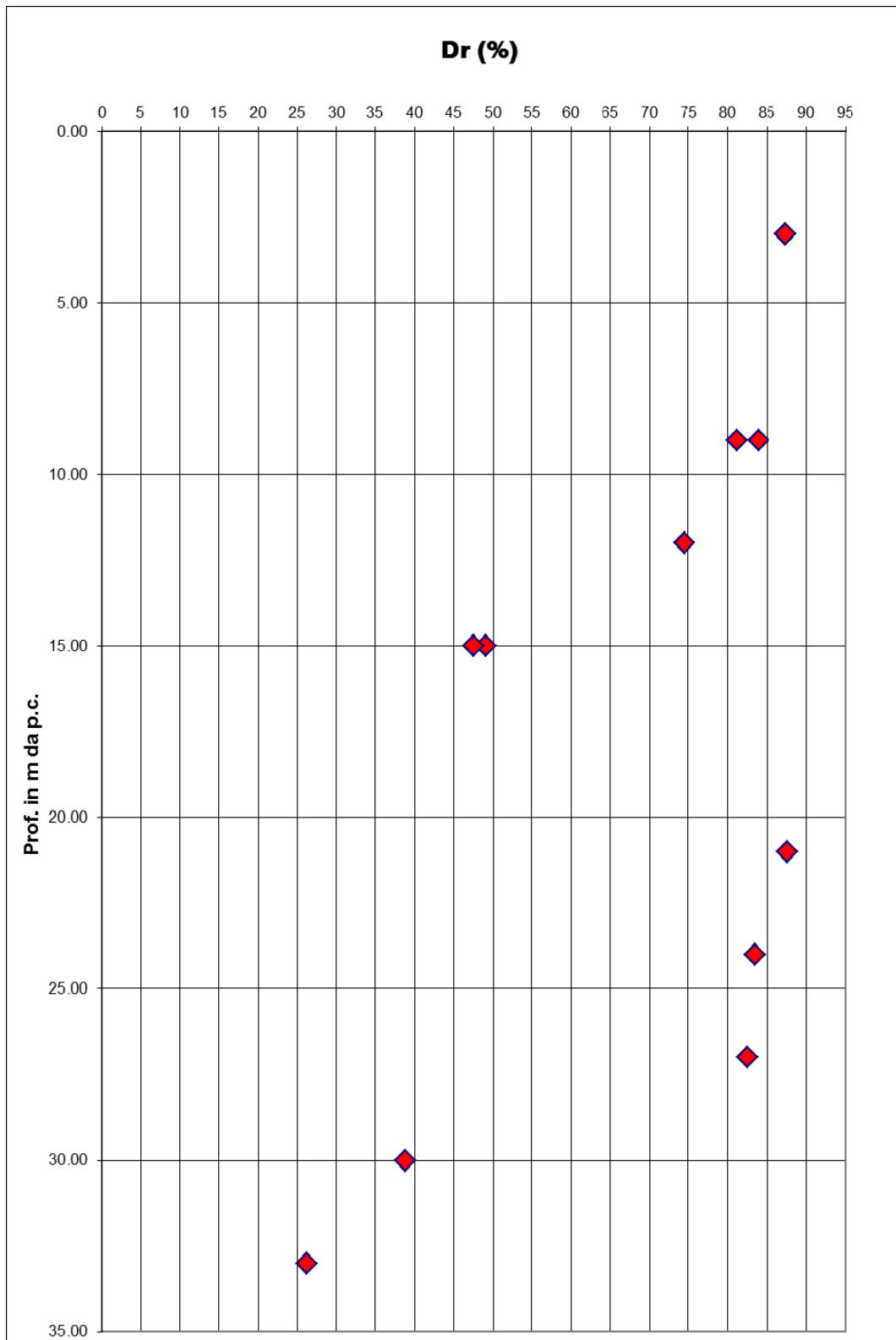


Fig. 2 – Grafico dei valori di Dr in funzione della profondità



Nei sondaggi 2009 Sono stati prelevati 28 campioni rimaneggiati per la valutazione delle caratteristiche granulometriche.

La sintesi dei risultati ottenuti dalle prove di laboratorio è riportata in Tab. 1.

Sondaggio	Campione	Profondità	Ciottoli e ghiaia (%)	Sabbia (%)	limo+argilla (%)
SE1Pz	CR1	1.30-1.40	51.70	29.10	19.20
	CR2	3.90-4.00	49.30	32.40	18.30
	CR3	13.90-14.00	33.20	41.90	24.90
	CR4	18.90-19.00	26.60	59.20	14.20
	CR5	22.00-22.10	64.70	32.00	3.30
	CR6	28.90-29*.00	64.30	30.10	5.60
SE2Pz	CR1	0.9-1.00	56.00	31.70	12.30
	CR2	4.00-4.10	50.40	36.50	13.10
	CR3	10.00-10.10	70.60	25.20	4.20
	CR4	27.00-27.10	71.30	24.20	4.50
	CR5	32.90-33.00	63.80	31.30	4.90
SE3Pz	CR1	2.90-3.00	49.00	39.70	11.30
	CR2	4.90-5.00	27.90	57.90	14.20
	CR3	6.90-7.00	34.20	53.10	12.70
	CR4	7.90-8.00	43.50	38.10	18.40
	CR5	13.00-13.10	79.10	17.80	3.10
	CR6	23.00-23.10	34.00	41.30	24.70
SE4Pz	CR1	1.00-1.10	73.00	22.10	4.90
	CR2	2.90-3.00	62.70	32.60	4.70
	CR3	3.40-3.50	64.20	31.00	4.80
	CR4	17.00-17.10	78.50	18.20	3.30
	CR5	28.80-28.90	60.60	34.70	4.70
SE5Pz	CR1	2.90-3.00	56.60	42.90	0.50
	CR2	6.00-6.10	36.60	51.60	11.80
	CR3	11.00-11.10	66.30	30.50	3.20
	CR4	17.00-17.10	64.70	31.40	3.90
	CR5	24.90-25.00	36.80	51.80	11.40
	CR6	27.00-27.10	36.7	51.60	11.70

Tab. 1 – Risultati delle analisi granulometriche sui campioni rimaneggiati

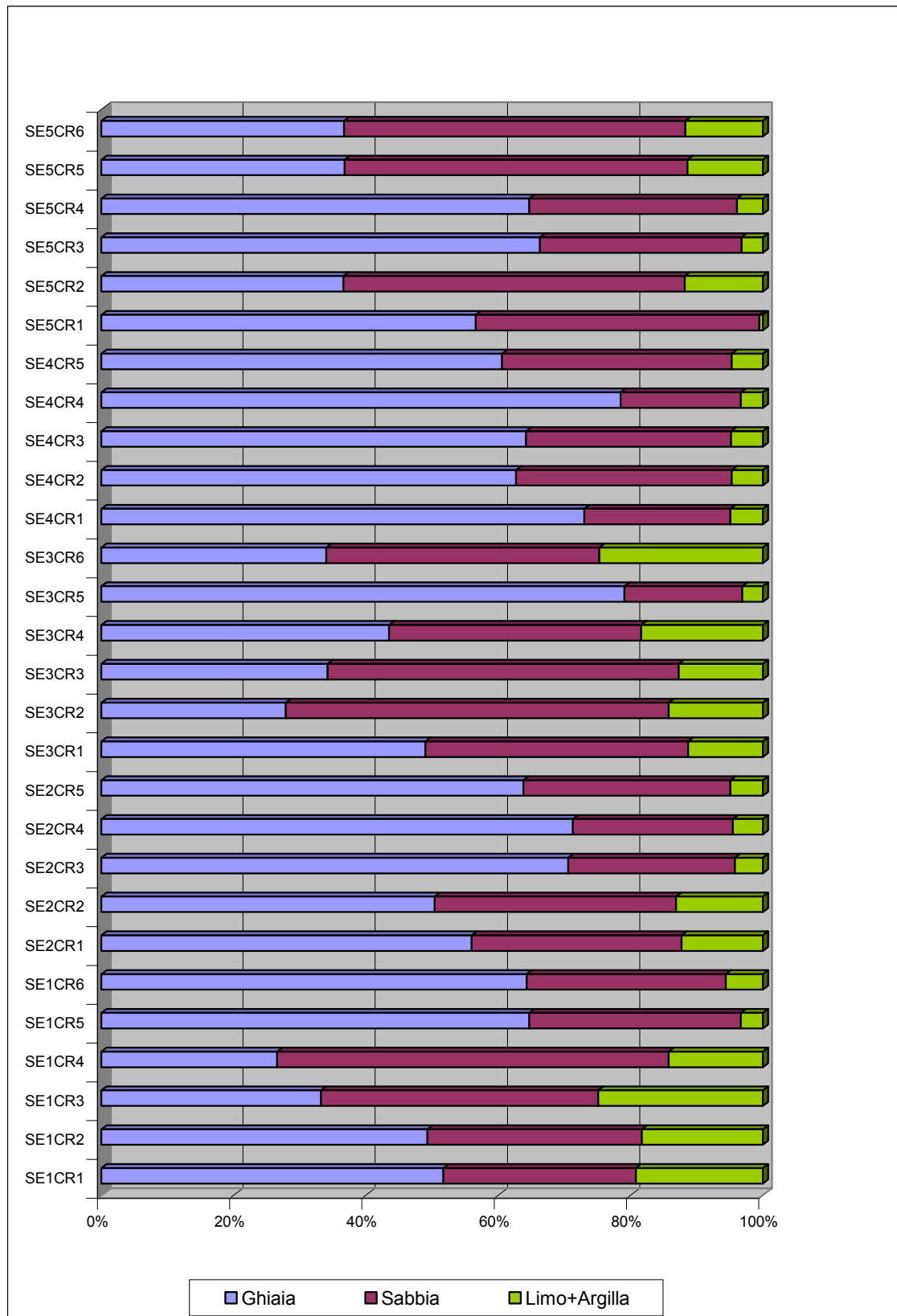


Fig. 3 – Grafico delle frazioni granulometriche nei diversi campioni in relazione alla profondità



2.3.2 Litostratigrafia

La rappresentazione grafica del sottosuolo oggetto d'intervento è raffigurata, alla scala H=1:200, L=1:1.000, nelle Sezioni litostratigrafiche dell'elaborato A20211DE2WZSA0000001A.

In sintesi, le indagini hanno evidenziato una situazione stratigrafica abbastanza omogenea all'interno del territorio esaminato: infatti, come raffigurato nelle Sezioni litostratigrafiche, si osserva che, al di sotto di una modesta copertura di circa 50 cm di suolo agrario, fino a 35 m dall'attuale piano campagna (massima profondità indagata), sono presenti, principalmente, terreni di natura incoerente a tessitura ghiaioso-sabbiosa.

Essi sono organizzati in alternanze di livelli plurimetri di ghiaie, eterometriche, poligeniche, arrotondate, in matrice sabbiosa, e di sabbie con ghiaie, aventi le stesse caratteristiche di quelle appena descritte.

Si segnala che si tratta sempre di terreni granulari, con buone caratteristiche per la realizzazione di rilevati.

2.4 Modello geotecnico

La caratterizzazione geotecnica dei terreni granulari di cava si è basata sui risultati delle prove in sito (27 prove penetrometriche dinamiche SPT, realizzate nei sondaggi trivellati a carotaggio continuo della campagna 2013), utilizzando correlazioni empiriche.

In Tab. 2 vengono riportati i risultati delle elaborazioni delle prove SPT, utilizzando le correlazioni citate nel paragrafo 2.1.3, per ricavare la densità relativa (DR) e l'angolo di attrito interno (ϕ').

SOND	Prof.	Nspt	tens. Eff.	tens. Totale	DR	ϕ'
	<i>m da p.c.</i>		-	<i>kPa</i>		
S1	3.00	22	57.00	57	87	33
S1	6.00	R	114.00	114		
S1	9.00	37	141.57	171	84	39
S1	12.00	34	169.14	228	74	38
S1	15.00	16	196.71	285	49	30
S1	18.00	R	224.28	342		
S1	21.00	85	251.85	399	88	51
S1	24.00	85	279.42	456	83	51
S1	27.00	93	306.99	513	82	52
S1	30.00	20	334.56	570	39	32
S1	33.00	12	371.94	627	26	28
S2	3.00	22	57.00	57	87	33
S2	6.00	R	114.00	114		
S2	9.00	34	141.57	171	81	38
S2	12.00	34	169.14	228	74	38
S2	15.00	15	196.71	285	48	30
S2	18.00	R	224.28	342		
S2	21.00	80	251.85	399	86	50
S2	27.00	95	306.99	513	83	53
S2	30.00	23	334.56	570	42	34
S3	3.00	R	57.00	57		
S3	6.00	71	114.00	114	100	48
S3	9.00	53	141.57	171	96	43
S3	12.00	67	169.14	228	96	47
S3	15.00	8	196.71	285	34	26



SOND	Prof.	Nspt	tens. Eff.	tens. Totale	DR	ϕ'
	<i>m da p.c.</i>		-	<i>kPa</i>		<i>kPa</i>
S3	18.00	19	224.28	342	49	32
S3	21.00	76	251.85	399	84	49

Tab. 2 – Elaborazione dei dati N_{SPT}

Come si può constatare anche dal grafico di Fig. 4 i valori dell'angolo di attrito interno si mantengono sempre molto elevati, con l'escusione di un paio di strati sabbiosi, che però presentano spessori molto modesti.

Mediante correlazioni statistiche si è calcolato il valore caratteristico dell'angolo di attrito interno che risulta pari a 40 gradi che sarà utilizzato nelle successive verifiche geotecniche.

Quanto alla caratterizzazione geotecnica dei terreni coesivi, più superficiali, come anticipato nel paragrafo 2.1.3, si è adottato un angolo di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci (ϕ') = 26° mentre si è, cautelativamente, assunta nulla la coesione in termini di sforzi efficaci (c').

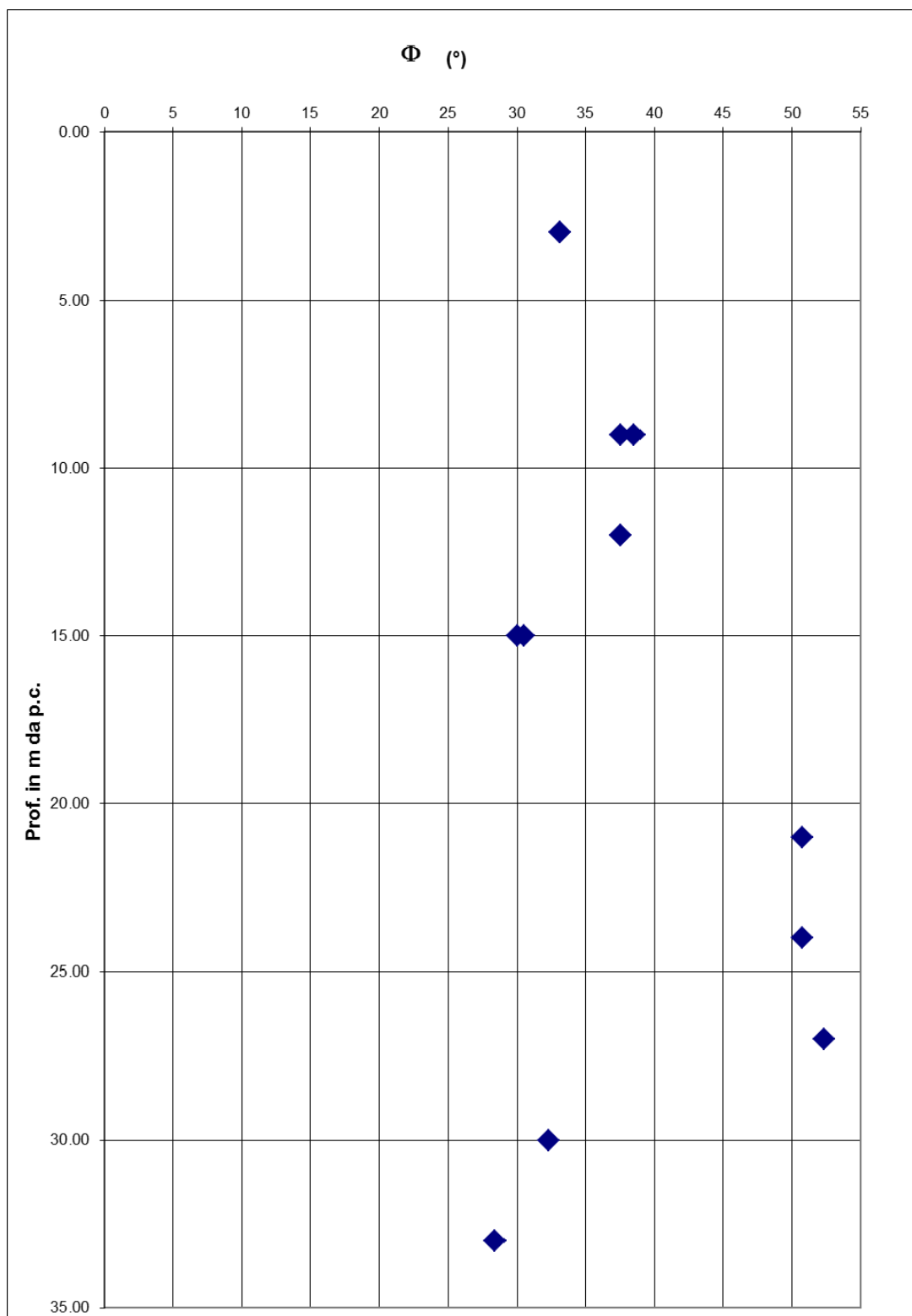


Fig. 4 – Grafico dell'angolo di attrito in funzione della profondità

2.5 Sismicità

Si è già visto che le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) stabiliscono che l'azione sismica è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base mentre le azioni di progetto si ricavano dalle



accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Nella seguente Tab. 3 sono riportati i tre parametri sopraindicati, calcolati in corrispondenza dell'area in esame e considerando un tempo di ritorno di 475 anni, associato allo Stato Limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV).

Stato Limite	Tempo di ritorno T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_C^* (s)
SLV	475	0,128	2,441	0,270

Tab. 3 – Valori dei parametri a_g, F_0, T_C^* per un tempo di ritorno di 475 anni, associato allo Stato Limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV)

In Fig. 5 è, invece, raffigurata, la mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con lo stesso tempo di ritorno.

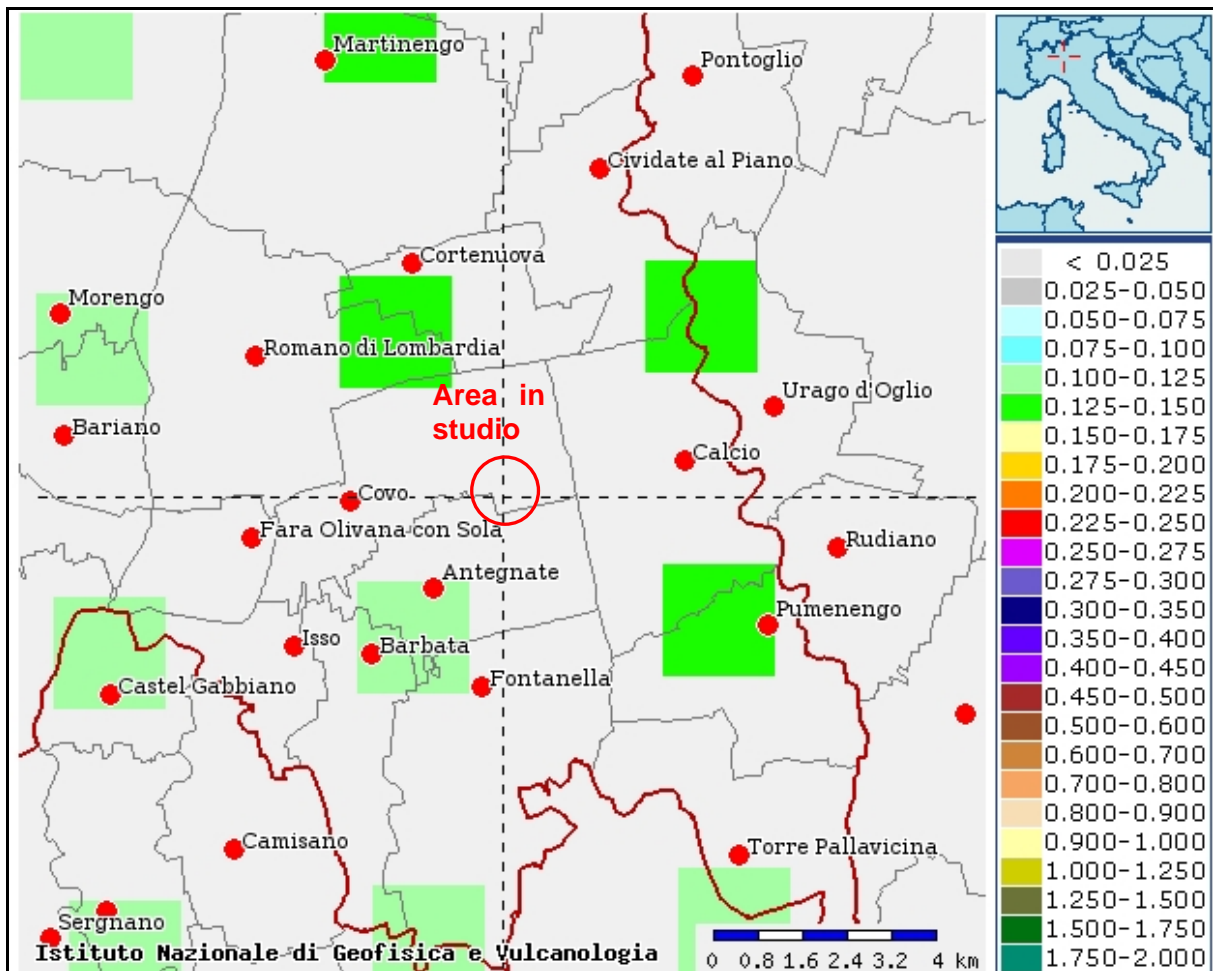


Fig. 5– Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 475 anni nell'intorno dell'Area BG3



Quanto alla categoria di sottosuolo di riferimento, utilizzando i valori di N_{SPT} desunti dalle prove condotte nei fori di sondaggio nelle vicinanze dell'Area BG3, si evince l'appartenenza alla Categoria B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Ne consegue che, al fine di determinare il valore dell'azione sismica di progetto, sempre ai sensi del D.M. 14.01.2008, andrà introdotto un coefficiente S_S che tenga conto dell'amplificazione stratigrafica. Esso è stato calcolato con la seguente espressione, valida per sottosuolo di categoria B:

$$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$$

Pertanto, introducendo il valore di F_0 , relativo al sottosuolo di categoria A, indicato nella Tab. 3, si ottiene un parametro di amplificazione stratigrafica $S_S=1,2$.

Per quanto riguarda l'altro parametro introdotto dal D.M. 14.01.2008, ovvero il coefficiente di amplificazione topografica S_T , esso è stato assunto pari a 1,00: infatti, come anticipato nel paragrafo 2.1.4, i pendii avranno altezze inferiori a 30 m, e risulteranno costituiti da materiali con valori di V_s sempre inferiori ad 800 m/s. Quindi, in conclusione, il valore dell'azione sismica di progetto risulta pari a:

$$a_g \cdot S_S \cdot S_T = 0,128g \cdot 1,2 \cdot 1,00 = 0,154g$$

Dovendo effettuare delle verifiche di stabilità sono stati calcolati anche i coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v), utilizzando le formule:

$$K_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} = \beta_s \cdot \frac{S_S \cdot S_T \cdot a_g}{g}$$

$$K_v = \pm 0,5 \cdot K_h$$

dove $\beta_s = 0,24$ per categoria di suolo B ed accelerazione compresa tra 0,1 e 0,2 (cfr. Tabella 7,11.I delle NTC 2008).

Si sono così ottenuti i seguenti valori:

- $k_h = 0,037$
- $k_v = 0,019$

Infine, sempre in relazione alle caratteristiche sismiche della zona, va ricordato che per quanto riguarda la classificazione sismica, ai sensi dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, il Comune di Covo, in cui ricade l'area estrattiva è stato identificato in zona 4.

2.6 Idrografia

2.6.1 Il reticolo idrografico

Il reticolo idrografico naturale nella pianura in esame è piuttosto semplice ed è riconducibile a corsi d'acqua che scendono dalla fascia pedemontana verso la pianura con direzione N-S, circa paralleli tra loro e con modesta pendenza verso sud.

Nel settore oggetto di studio si individuano, procedendo da est verso ovest, due fiumi principali: il fiume Oglio e il fiume Serio.

Al reticolo naturale si sovrappone una fitta rete di rogge e canali artificiali di diverso ordine che drenano le acque superficiali dei fiumi e delle risorgive con moto complessivo da nord a sud. Molte rogge furono derivate dai fiumi per fornire energia ai mulini ed alle segherie e, dalla fine dell'800, per produrre energia elettrica: in questi casi l'acqua utilizzata tornava ai fiumi.

Per l'uso irriguo l'acqua estratta viene invece dispersa sul suolo sicché non rientra che in minima parte nell'alveo dei fiumi.



2.6.2 I fontanili

I fontanili rappresentano la principale emergenza idrologica dell'ambito di studio. Per fontanili si intendono quelle sorgenti costituite dall'emersione della superficie freatica in corrispondenza di modeste depressioni del terreno dette testa del fontanile che si manifestano spontaneamente o sono provocate artificialmente con scavi, al passaggio dall'alta pianura ghiaiosa alla bassa pianura prevalentemente sabbiosa e limosa.

Dal fondo della testa sgorgano piccole polle d'acqua dette occhi che talora si possono sfruttare a mezzo di tubi di ferro o cemento (lungi fino a 3÷4 m) infissi nel terreno. L'acqua, pertanto, esce dalla loro sommità liberamente, come se fosse artesiane e talora può superare i 30 cm al di sopra della superficie della testa.

L'acqua così emersa viene canalizzata nell'asta del fontanile, una via artificiale che ha lo scopo di allontanare e distribuire le acque servendo da canale di irrigazione. Infatti, prerogativa dell'acqua dei fontanili è di avere una temperatura costante (10÷12 °C), mentre le escursioni raggiungono solo eccezionalmente in un anno i 4 °C. Queste caratteristiche termiche fanno sì che l'acqua dei fontanili sia idonea anche d'inverno per usi agricoli. La portata è molto variabile da un fontanile ad un altro: in genere supera 1 l/s, mantenendosi però sempre al di sotto di 1 m³/s.

La zona dei fontanili non è un fatto isolato ma fa parte di una vasta fascia che nella Pianura Lombarda e Veneta si estende da Milano fin quasi al fiume Isonzo. Tale fascia è detta appunto fascia dei fontanili o delle risorgive ed è limitata da due linee che, nel tempo, hanno subito migrazioni, in parte naturali, in parte favorite da fattori antropici, primo fra tutti l'emungimento intensivo operato nei decenni scorsi soprattutto nell'area milanese.

In Lombardia i fontanili sono stati utilizzati dal secolo XII fino a pochi anni fa e la quasi totalità si trova lungo una fascia ben delineata per 100÷150 km.

Si calcola che quando erano attivi erogassero da circa 8.000 bocche o occhi. Oggi non soltanto sono abbandonati, ma spesso si presentano con acque stagnanti utilizzate per lo scarico di reflui e quindi sede di inquinamento anche per la falda freatica che li alimenta. Molti fontanili inoltre sono stati soppressi dall'espansione edilizia. Prima del 1920 ne erano attivi in provincia di Milano 873, diventati 749 nel 1940 ed ora meno di 400.

A riguardo, va osservato che, con riferimento alla Carta idrogeologica e della vulnerabilità dell'elaborato A20211DE2G4SA000001A, nello stretto intorno dell'area BG3 non è stato rilevato alcun fontanile né attivo né inattivo.

2.6.3 Il rischio idraulico

Per la valutazione del rischio idraulico da parte dei principali corsi d'acqua che attraversano l'area di studio, ovvero i fiumi Serio e Oglio, si è fatto riferimento alle tavole del PAI nelle quali è riportata la delimitazione delle fasce fluviali della zona in esame.

La perimetrazione delle fasce fluviali rappresenta l'assetto di progetto di un corso d'acqua, determinando i caratteri idraulici dell'alveo in condizioni di piena e le modalità di uso della regione fluviale dalle stesse perimetrata.

Nello specifico, le fasce fluviali sono delimitate in funzione dei principali elementi dell'alveo che ne determinano la connotazione fisica: caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali e ambientali.

Il PAI distingue 3 tipi di fasce:

Fascia A - Area di deflusso della piena

Fascia costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento (Allegato 3 delle Norme), ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.

Fascia B - Area d'esondazione



Fascia esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena con ricorrenza bicentennaria (Q200), il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica dei P.S.F.F. per il tracciato di cui si tratta.

Fascia C – Area d'inondazione per piena catastrofica

Fascia costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento (piena cinquecentenaria Q500).

2.6.4 Idrografia in corrispondenza dell'Area BG3

L'ambito idrografico superficiale di riferimento per l'ubicazione della Area BG3 è rappresentato dalla fascia di pianura compresa fra il fiume Oglio, ad est, e il fiume Serio, ad ovest, i quali scorrono, con direzione nord-sud, rispettivamente ad una distanza di 4 Km e 6 km dalla zona oggetto d'intervento.

In corrispondenza dell'area estrattiva in progetto e nel suo stretto intorno, come raffigurato nella carta Geologico-morfologica dell'elaborato 31937, l'idrografia superficiale è rappresentata da una rete di canali artificiali, realizzati, principalmente, per assicurare ai terreni agricoli un adeguato apporto idrico durante i mesi asciutti.

Tra di essi il più importante è la Roggia Antegnata, ubicata poche centinaia di metri a sud dell'area in esame. In corrispondenza dell'area BG3 sono, invece, presenti solo canali secondari; quelli che entrano all'interno dell'area di cava sono esclusivamente ad utilizzo irriguo perciò non verranno modificati.

La rappresentazione del reticolo idrologico superficiale nell'area interessata dalla cava è riportato nella cartografia sottostante Fig. 6.

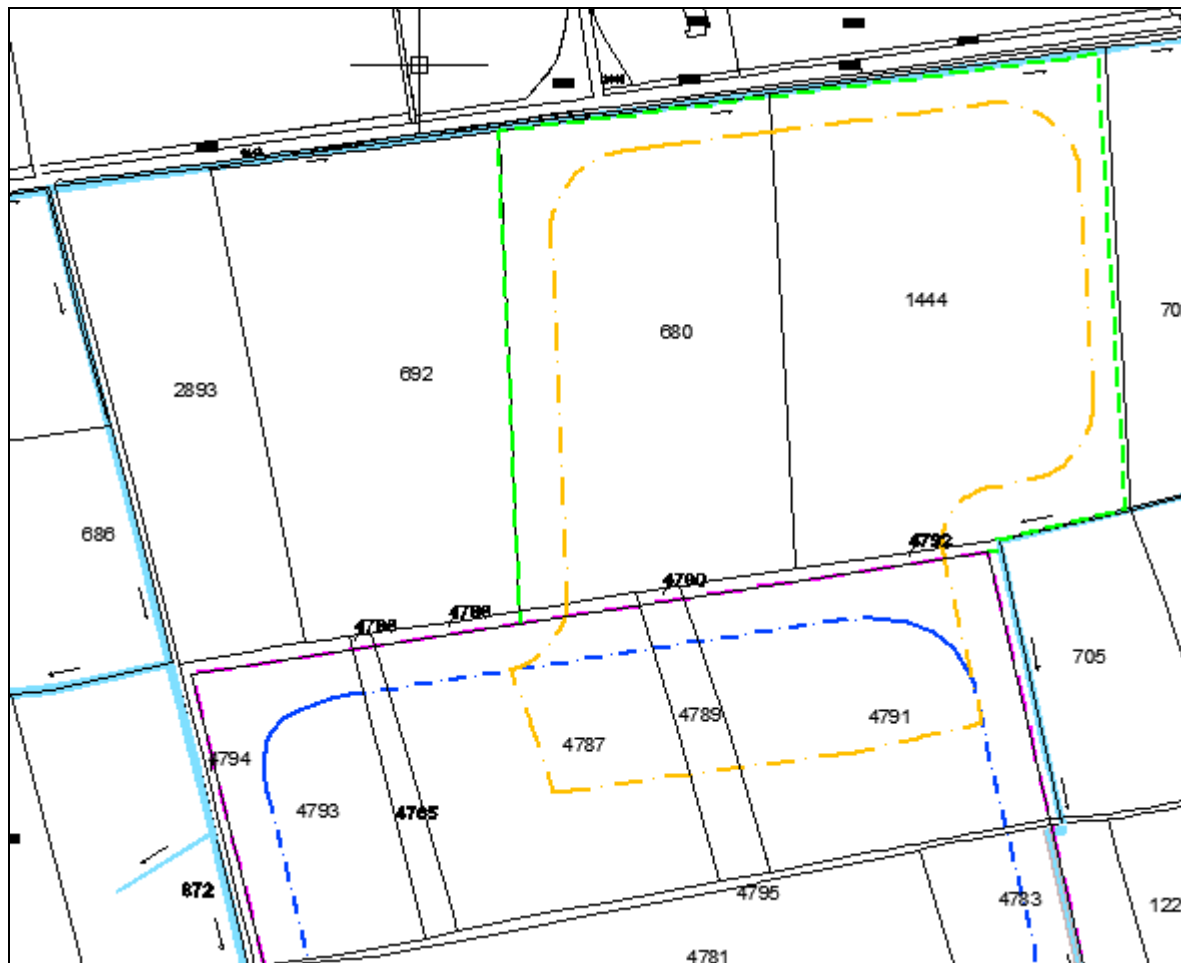


Fig. 6 – Rete irrigua perimetrale ed interna all'Area BG3 con direzioni di flusso

2.7 Idrogeologia

2.7.1 Inquadramento idrogeologico

La pianura lombarda, in cui si inserisce l'area oggetto di studio, rappresenta una delle maggiori riserve idriche europee. Infatti, la struttura idrogeologica del territorio è caratterizzata dalla presenza di potenti livelli acquiferi sfruttabili, in particolare nella media e nella bassa pianura.

Lo stato delle conoscenze, relativamente buono e chiaramente descritto nell'Allegato 3 alla Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, "Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei di pianura", consente di distinguere le seguenti aree idrogeologicamente importanti:

- **Zona di ricarica delle falde:** corrisponde alla parte settentrionale della pianura dove dominano le alluvioni oloceniche e sedimenti fluvioglaciali pleistocenici, a granulometria grossolana, e l'acquifero è praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Detta area si estende quasi completamente a monte della fascia delle risorgive. In questa zona l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica tanto della prima falda come delle falde profonde.
- **Zona di non infiltrazione alle falde:** si trova sempre nella parte alta della pianura ma corrisponde alle aree in cui affiora la roccia impermeabile o dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio e antico).
- **Zona ad alimentazione mista:** è ubicata nella zona centrale e meridionale della pianura, in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle



falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Si tratta dell'area corrispondente alla massima parte della pianura.

- Zona di interscambio tra falde superficiali e profonde: si rinviene in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del fiume Po.

Le caratteristiche idrogeologiche risultano strettamente dipendenti dalla natura dei depositi fluviali e fluvioglaciali in quanto le caratteristiche granulometriche condizionano il grado di permeabilità e di conseguenza le modalità della circolazione idrica sotterranea.

Le principali variazioni litologiche sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limoso-argillosi, che si verifica sia con l'aumento della profondità sia procedendo da nord verso sud. Gli acquiferi di maggiore potenzialità si trovano entro i primi 100 metri di profondità, sede di falde libere che traggono alimentazione per lo più dall'infiltrazione superficiale delle acque meteoriche e irrigue. Più in profondità, si hanno ulteriori acquiferi sabbiosi o, più raramente, sabbioso-ghiaiosi con falde confinate, intercalati a prevalenti limi e argille, che traggono la loro alimentazione dalle aree poste più a nord e dallo scambio con gli acquiferi soprastanti, laddove i setti argillosi di separazione sono discontinui.

Secondo una ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, facendo riferimento alle caratteristiche di permeabilità dei litotipi e alla loro disposizione geometrica, vengono identificati i seguenti complessi acquiferi principali:

Acquifero tradizionale:

E' l'acquifero superiore, comunemente sfruttato dai pozzi pubblici. La base di tale acquifero è generalmente definita dai depositi superficiali Villafranchiani (Pleistocene Inferiore).

A partire dalla media pianura esso risulta suddiviso, da un livello poco permeabile di spessore variabile, comunque, in aumento verso la bassa pianura, in un acquifero superficiale generalmente freatico e nel sottostante acquifero tradizionale s.s., semiconfinato.

Acquifero profondo:

E' costituito dai livelli permeabili presenti all'interno dei depositi continentali del Pleistocene inferiore ed è a sua volta suddiviso in quattro corpi acquiferi minori (acquifero multistrato), separati da banchi argillosi anche molto spessi e continui.

Differentemente, secondo gli studi effettuati dalla Regione Lombardia in collaborazione con l'Esplorazione Italia dell'Eni Divisione Agip (cfr. "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia", 2002), il bacino padano può essere suddiviso in quattro unità idrostratigrafiche (Gruppi Acquiferi A, B, C, D) separate da barriere impermeabili che si sviluppano a scala regionale.

All'interno di ogni Gruppo Acquifero vi è un'ulteriore compartimentazione in unità idrostratigrafiche di rango inferiore (Complessi Acquiferi), a loro volta separate da setti impermeabili caratterizzati da una più limitata continuità laterale.

Nello studio viene anche proposta una correlazione con le altre interpretazioni idrogeologiche, affiancando i nuovi gruppi acquiferi con le unità idrogeologiche e/o idrostratigrafiche tradizionali sopradescritte (cfr. Fig. 7).

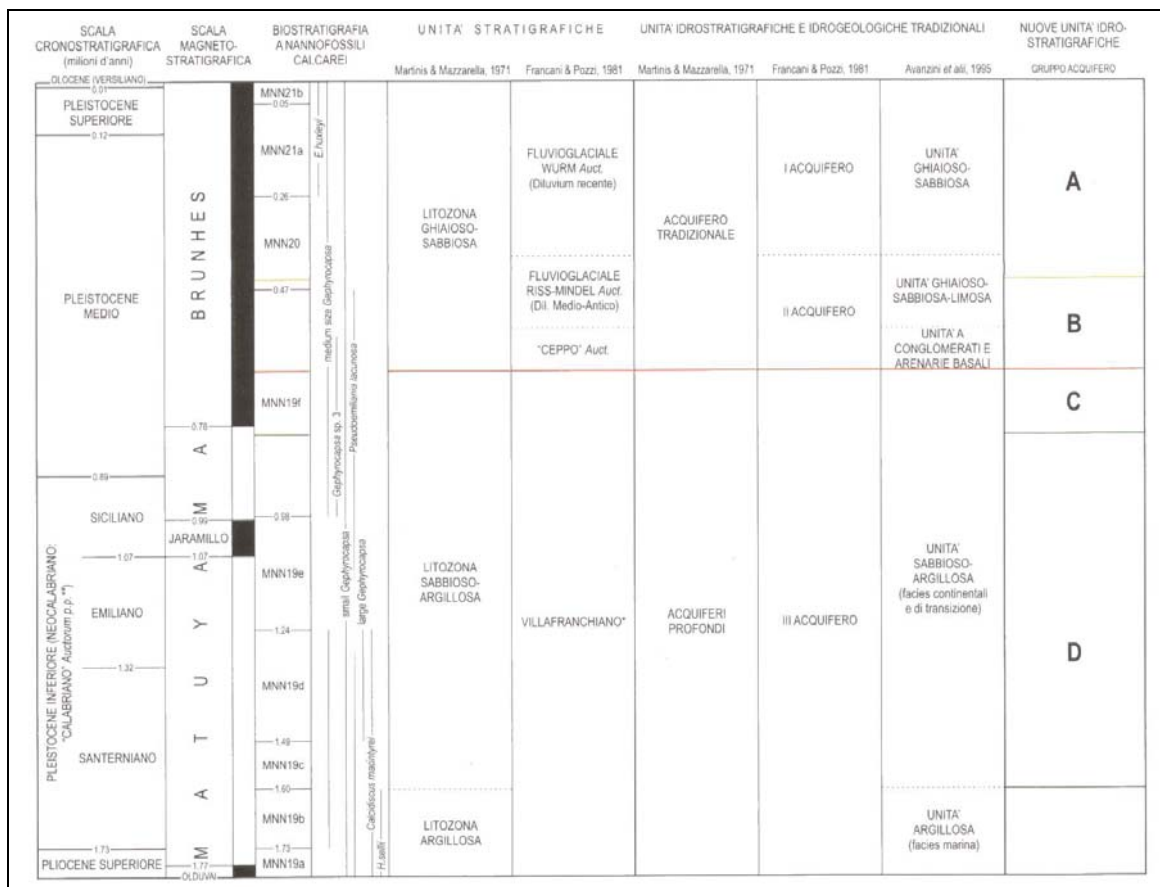


Fig. 7 – Raffronto tra le unità idrostratigrafiche

2.7.2 Geometria degli acquiferi

Come evidenziato nello studio Regione Lombardia-Eni (cfr. paragrafo 2.7.1), nel territorio in esame, il Gruppo Acquifero A presenta una superficie basale impermeabile ad una profondità di circa 65 m da piano campagna con uno spessore cumulativo dei livelli poroso-permeabili compreso tra 40 m e 60 m.

Al di sotto della barriera di permeabilità regionale, si rinvengono i gruppi più profondi che, a loro volta, presentano limite basale all'incirca alle seguenti profondità: ad oltre 100 m, il Gruppo Acquifero B, ad oltre 200 m, il Gruppo Acquifero C, ad oltre 600 m, il Gruppo Acquifero D, che poggia direttamente sull'acquitrando basale pliocenico.

Con riferimento alla ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, desunta dal già citato Allegato 3 alla Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, in cui è effettuata una suddivisione della Regione in bacini a loro volta suddivisi in settori, con caratteri idrogeologici omogenei, si osserva che il territorio oggetto di studio ricade nel Settore 7 "Martinengo" del Bacino 4 "Adda-Oglio" (cfr. Fig. 8).

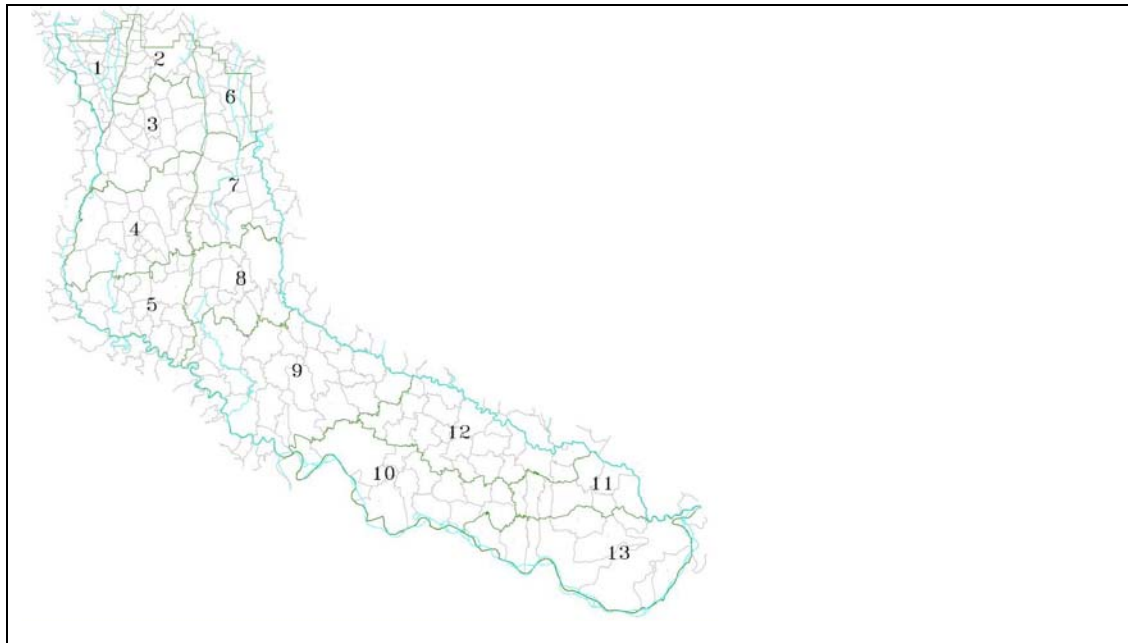


Fig. 8 – Bacino 4 “Adda-Oglio” con relativi settori idrogeologici

Nella porzione di territorio in esame l’acquifero tradizionale risulta in gran parte differenziato: infatti, è presente un orizzonte a bassa permeabilità che separa la falda freatica superficiale da quella confinata sottostante.

Di seguito viene proposta la Tab. 4 in cui, per ciascun settore d’interesse e procedendo da ovest verso est, sono indicate le principali caratteristiche dell’acquifero tradizionale nel settore d’interesse:

Bacino	Settore	Base acquifero tradizionale in m s.l.m.		Base acquifero tradizionale in m da piano campagna		Orizzonte di separazione in m s.l.m.		Trasmittività media in m^2/s
		da	a	da	a	da	a	
Adda Oglio	7 “Martinengo”	0	60	80	120	70	90	$1,7 \cdot 10^{-2}$

Tab. 4 – Principali caratteristiche dell’acquifero tradizionale nell’area di studio

2.7.3 Dinamica delle acque sotterranee

Nella pianura bergamasca, la falda che ha sede nell’acquifero più superficiale, non essendo delimitata al tetto da depositi impermeabili, risulta a pelo libero (falda freatica).

Viceversa, a maggiori profondità la presenza di lenti meno permeabili ne determina una parziale compartimentazione e uno sviluppo locale di falde in pressione.

La soggiacenza è piuttosto elevata nell’alta pianura (anche 40 m da p.c.), ma diminuisce gradualmente procedendo verso sud, tanto che l’emergenza della falda in più punti della media pianura determina la formazione di sorgenti (fontanili, ovvero quelle sorgenti di emergenza che si manifestano spontaneamente o sono provocate artificialmente con scavi, al passaggio litologico dai sedimenti a granulometria grossolana dell’alta pianura ghiaiosa alla bassa pianura prevalentemente sabbiosa e che costituiscono una fascia continua della Pianura Padana e Veneta che si estende da Ovest di Milano sin quasi all’Isonzo).



La ricarica della falda superficiale è determinata, in parte, dall'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso gli orizzonti maggiormente permeabili, e, in parte, dalla dispersione delle acque dei canali irrigui e dei corsi d'acqua naturali.

I fiumi influenzano notevolmente il flusso sotterraneo, configurandosi sia come elementi di ricarica che come elementi di drenaggio dell'acquifero.

Generalmente, allo sbocco delle valli alpine, i corsi d'acqua poggiano su un substrato a bassa permeabilità e cedono parte del proprio carico appena raggiungono un substrato maggiormente permeabile nella pianura. Più a sud, invece, gli stessi corsi d'acqua, profondamente incisi nei depositi fluvioglaciali e ad una quota inferiore rispetto alla superficie piezometrica, svolgono una funzione drenante.

L'indagine sulla situazione idrogeologica locale è stata approfondita effettuando delle misure nei piezometri realizzati nel corso della campagna geognostica descritta nel paragrafo 2.3.1 e analizzando i dati relativi all'andamento e alle oscillazioni della superficie freatica raccolti per la progettazione sia dell'asse ferroviario, che del parallelo asse autostradale (BREBEMI).

In tal modo si è determinata la profondità della falda al fine di evitare che l'attività estrattiva interferisca con il regime idrico sotterraneo.

A tale scopo sono state esaminate le misure della soggiacenza dei livelli idrici nei piezometri più vicini all'area BG3. Ovvero, quelli posizionati nei fori dei sondaggi S.063 e S.064. Il piezometro S.062 è stato distrutto prima dell'inizio delle misurazioni del livello piezometrico (febbraio 2009).

Di seguito si riportano le letture registrate nel piezometro S.063.

Data della misurazione	Letture (m da p.c.)
Febbraio 2009	-5,25
Marzo 2009	-5,30
Aprile 2009	-5,80
Maggio 2009	-5,35
Giugno 2009	-4,35
Luglio 2009	-4,05
Agosto 2009	-4,00
Settembre 2009	-4,65
Ottobre 2009	-5,70
Novembre 2009	-6,25
Dicembre 2009	-6,35
Gennaio 2010	-6,35
Febbraio 2010	-6,30
Marzo 2010	-6,35
Aprile 2010	-6,50
Maggio 2010	-6,30
Giugno 2010	-5,90
Luglio 2010	-4,30

Tab. 5 – Misurazioni del livello piezometrico nel piezometro S.063

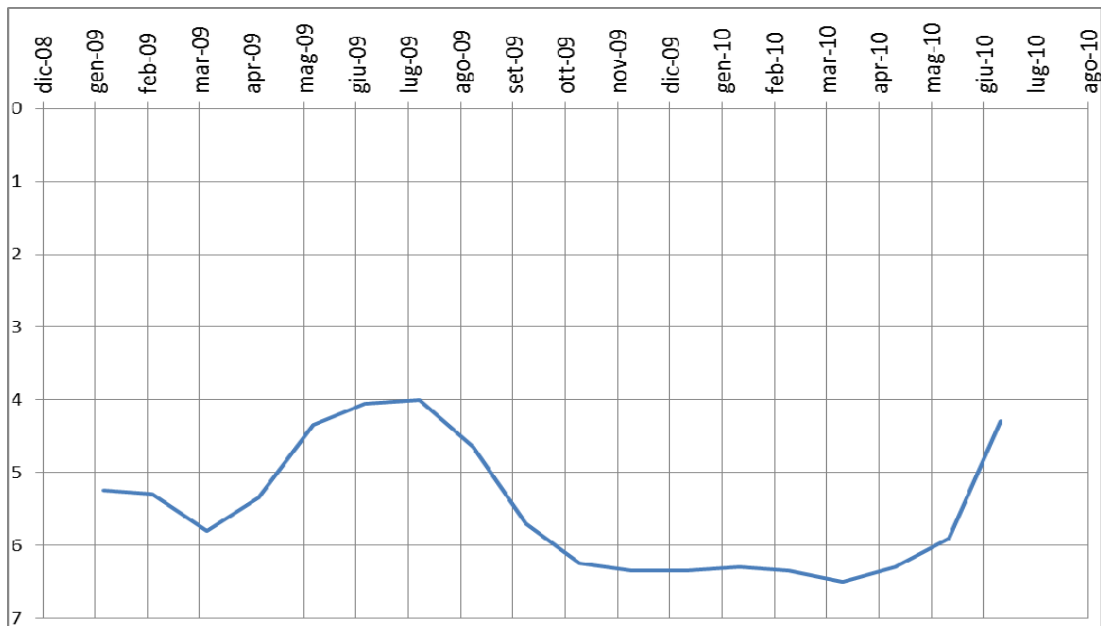


Fig. 9 – Soggiacenza del livello piezometrico nel piezometro S.063

Le misure effettuate hanno evidenziato che, in zona, la falda presenta un regime unimodale: la massima quota si registra durante il periodo estivo (luglio-agosto: in concomitanza con il periodo di maggior intensità delle irrigazioni che vengono eseguite, principalmente, per scorrimento con l'impiego di grandi corpi d'acqua); quella minima durante il periodo primaverile (marzo-aprile).

Considerando i valori registrati nel corso di letture effettuate nei piezometri sopraelencati, il gradiente della falda e adottando opportune cautele si è stimato che, in corrispondenza dell'area estrattiva, le quote dei livelli idrici nel sottosuolo possono variare da un minimo di 111,2 m s.l.m. ad un massimo di 115,2 m s.l.m. cui corrispondono soggiacenze medie nell'ordine dei 5 m dall'attuale piano campagna.

Conseguentemente, gli scavi previsti in progetto intercetteranno la falda a pochi metri da piano campagna.

Nella Carta idrogeologica e della vulnerabilità, di cui all'elaborato 31941, si è ricostruito l'andamento delle linee isopieze (linee lungo le quali la falda si trova alla stessa altezza sul livello medio del mare). Esse presentano un andamento locale est-ovest, definendo un flusso idrico con direzione nord-sud.

La situazione raffigurata è relativa ad un periodo di basso della falda ma è ragionevole ritenere che anche in periodi di piena la morfologia della superficie freatica, pur con una traslazione delle linee isofreatiche verso valle, non subirà sostanziali modifiche. Il gradiente risulta basso: nell'ordine del 3‰.

Nella stessa tavola sono stati indicati i pozzi idrici presenti nelle vicinanze dell'area d'intervento.

2.7.4 Vulnerabilità idrogeologica naturale degli acquiferi

Nel presente studio è stata effettuata una valutazione della vulnerabilità idrogeologica intrinseca degli acquiferi nel territorio in esame, dove per vulnerabilità intrinseca si intende l'insieme delle caratteristiche dei complessi idrogeologici che costituiscono la loro suscettività specifica ad ingerire e diffondere un inquinante idrico o idroveicolato.

Essa rappresenta certamente uno dei più importanti strumenti di protezione ambientale.

Per la valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi si considerano essenzialmente le caratteristiche litostrutturali, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi presenti.

Essa, è riferita a inquinanti generici e non considera le caratteristiche chemiodinamiche delle sostanze.

Tra i possibili approcci alla valutazione e cartografia della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (metodi qualitativi, metodi parametrici e numerici), alla luce della disponibilità di dati, della scala di riferimento e della



finalità dell'indagine si è optato per adottare un metodo qualitativo, che prevede la zonizzazione per aree omogenee, attraverso la tecnica della sovrapposizione cartografica.

In particolare, si è adottato il percorso metodologico definito nell'Allegato 10 alla Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, "Definizione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e da prodotti fitosanitari", secondo il quale, inizialmente, vengono considerati i due parametri:

- *Soggiacenza della falda*
- *Spessore dei litotipi di copertura a bassa permeabilità*

utilizzando lo schema attributivo riportato nella seguente Tab. 6:

<i>Soggiacenza della falda (m)</i>	<i>Spessore litotipi bassa permeabilità (m)</i>	<i>Grado vulnerabilità</i>
< 5	Argilla < 2 oppure Limo < 4	Estremamente elevato
< 5	Argilla > 2 oppure Limo > 4	Elevato
5 - 15	Argilla < 2 oppure Limo < 4	Elevato
5 - 15	Argilla 2 - 5 oppure Limo 4 - 10	Alto
5 - 15	Argilla > 5 oppure Limo > 10	Medio
> 15	Argilla < 2 oppure Limo < 4	Alto
> 15	Argilla 2 - 5 oppure Limo 4 - 10	Medio
> 15	Argilla > 5 oppure Limo > 10	Basso

Tab. 6 – Attribuzione del grado di vulnerabilità in funzione della variazioni dei parametri

Quindi, si è introdotto, quale terzo parametro la *capacità attenuativa dei suoli all'inquinamento*: infatti è parere condiviso che il suolo svolga un ruolo importante nel condizionare la dinamica dell'acqua, dei soluti e in generale delle sostanze che in vario modo ad esso pervengono.

Circa la definizione della capacità di attenuazione dei suoli nel territorio in esame, si è fatto riferimento allo strato informativo pedologico contenuto Sistema Informativo Territoriale (SIT) regionale secondo il quale si distinguono tre classi: bassa, moderata e alta.

La sovrapposizione del tematismo "ruolo protettivo del suolo" sul grado di vulnerabilità precedentemente definito, secondo lo schema di incrocio riportato nella seguente Tab. 7, ha consentito di distinguere 5 classi di vulnerabilità: bassa, media, alta, elevata ed estremamente elevata.

Le risultanze dell'analisi, rappresentate nella Carta idrogeologica e della vulnerabilità, di cui all'elaborato A20211DE2G4SA0000001A, evidenziano come l'intera area cartografata sia caratterizzata da una vulnerabilità estremamente elevata. Ciò deve essere messo in relazione alla concomitanza di due fattori: la soggiacenza ridotta della falda e il fatto che nel sottosuolo dominando i depositi granulari con elevati coefficienti di permeabilità.



<i>Vulnerabilità idrogeologica</i>	<i>Capacità protettiva dei suoli</i>		
	<i>Bassa</i>	<i>Moderata</i>	<i>Alta</i>
<i>Bassa</i>	Bassa	Bassa	Bassa
<i>Media</i>	Media	Media	Bassa
<i>Alta</i>	Alta	Media	Media
<i>Elevata</i>	Elevata	Alta	Alta
<i>Estr. Elevata</i>	Estr. Elevata	Estr. Elevata	Estr. Elevata

Tab. 7 – Schema d'incrocio della vulnerabilità idrogeologica e della capacità protettiva dei suoli

2.8 Aspetti pedologici

I dati relativi alle caratteristiche dei suoli nell'area di studio sono stati desunti dalla Carta Pedologica consultabile all'interno del geoportale della Regione Lombardia (www.cartografia.regione.lombardia.it).

Tale base informativa, gestita dall'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (ERSAF) è il risultato di un progetto effettuato con l'obiettivo di rilevare sistematicamente i suoli della pianura e della pede-collina lombarda, alla scala di semi dettaglio, cartografando, descrivendo ed analizzando i principali tipi di suolo presenti.

Il rilevamento si è svolto in un arco temporale di circa 15 anni a partire dalla metà degli anni 80 ed è stato organizzato suddividendo il territorio di studio in 38 aree. Su ciascuna delle aree indagate sono stati predisposti degli elaborati quali la carta dei suoli, le carte derivate che si ottengono dalla rielaborazione dei dati contenuti nella carta pedologica e forniscono un supporto alla gestione della risorsa suolo in relazione alle altre risorse ambientali, delle note illustrative che descrivono le caratteristiche dell'area oggetto di studio, la metodologia usata nel rilevamento e le specifiche tecniche a completamento della cartografia allegata.

Grazie ad una successiva revisione dei dati acquisiti, le 38 aree rilevate iniziali sono state tra loro ricorrelate ed aggiornate. L'armonizzazione delle informazioni acquisite ha consentito di creare all'interno del Sistema Informativo Territoriale (SIT) regionale uno strato informativo pedologico integrato secondo regole e strutture comuni e concordate in modo da rendere facilmente accessibili all'utenza regionale le informazioni sui suoli.

Alle singole unità cartografiche (elementi geografici elementari) è associato un set di informazioni riguardanti le seguenti proprietà:

- pedopaesaggio;
- tipo unità cartografica;
- classe, sottoclasse della capacità d'uso;
- attitudine dei suoli allo spandimento agronomico dei liquami;
- attitudine dei suoli allo spandimento dei fanghi di depurazione urbana;
- capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque superficiali;
- capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee;
- valore naturalistico dei suoli.

L'area BG3 si inserisce nel Sistema di Paesaggio L "Livello Fondamentale della Pianura", vale a dire nella piana fluvio-glaciale e fluviale terrazzata formatasi all'esterno della cerchia morenica nella fase finale della glaciazione würmiana, mediante l'accumulo del carico grossolano trasportato dai corsi d'acqua alimentati dalle acque di fusione dei ghiacciai. Si tratta di superfici costituite da depositi a granulometria variabile e decrescente, dalle ghiaie ai termini più fini, procedendo in direzione sud, in relazione alla riduzione della velocità e competenza delle acque.



All'interno del Livello Fondamentale la area BG3 appartiene al Sottosistema LG, ovvero all' "Alta Pianura Ghiaiosa" che corrisponde ad ampi conoidi ghiaiosi coalescenti, a morfologia lievemente convessa o subpianeggiante, che formano una superficie debolmente inclinata, solcata da corsi d'acqua a canali intrecciati soggetti a grande variabilità di portata e con elevata torbidità delle acque. Essa è compresa fra le superfici rilevate (rilievi montuosi, apparati morenici e terrazzi antichi) ed il limite superiore della fascia delle risorgive.

Scendendo di scala, la cartografia pedologica disponibile la iscrive all'Unità di Paesaggio Territoriale LG1, rappresentativa della situazione modale del Sottosistema LG, posta nella zona settentrionale della pianura, con superfici subpianeggianti ed evidenti tracce di paleoidrografia a canali intrecciati (*braided*).

2.8.1 Capacità d'Uso del Suolo

La Capacità d'Uso dei Suoli è un'interpretazione delle informazioni pedologiche che consente di identificare i suoli agronomicamente più pregiati e maggiormente adatti all'attività agricola, quelli cioè in grado di ospitare molti tipi di coltivazioni con la minor richiesta di fattori produttivi o input energetici. La metodologia utilizzata, denominata *Land Capability Classification* (USDA 1961), utilizza sia le caratteristiche intrinseche dei suoli (profondità, tessitura, pietrosità ecc), sia quelle dell'ambiente (pendenza, rischio di erosione, inondabilità ecc.). I suoli sono suddivisi in categorie (classi, sottoclassi ed unità), in base al tipo e alla gravità delle limitazioni che ne ostacolano l'attività agro-silvo-pastorale.

La cartografia pedologica inserisce i suoli dell'area esaminata fra quelli adatti all'agricoltura, in **classe IIsc** di Capacità d'Uso. Si tratta di suoli che presentano moderate limitazioni, legate alle sfavorevoli condizioni climatiche e a caratteristiche negative del suolo, che richiedono un'opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative.

2.8.2 Capacità Protettiva del suolo nei confronti delle acque sotterranee

Questa interpretazione permette di esprimere un giudizio sulla capacità del suolo dell'area di difendere la falda acquifera più superficiale, comportandosi come un filtro fisico o tampone chimico nei confronti degli agenti inquinanti trasportati dalle acque di percolazione agricole o industriali e favorendo le trasformazioni biochimiche. La Capacità Protettiva del suolo nei confronti delle acque sotterranee descrive la capacità dei suoli di controllare il trasporto di inquinanti idrosolubili in profondità con le acque di percolazione in direzione delle risorse idriche sotterranee. Le precipitazioni e, soprattutto, l'irrigazione, sono considerate le principali fonti di acqua disponibile per la lisciviazione dei prodotti fitosanitari o dei loro metaboliti attraverso il suolo. La valutazione della capacità protettiva dei suoli assume pertanto una rilevanza particolare nelle aree ove vengono utilizzate tecniche irrigue a forte consumo di acqua.

La Capacità Protettiva del suolo nei confronti delle acque sotterranee descrive l'attitudine potenziale del suolo a trattenere i fitofarmaci entro i limiti dello spessore interessato dagli apparati radicali delle piante e per un tempo sufficiente a permetterne la degradazione; non è riferita a specifici antiparassitari o famiglia di prodotti fitosanitari. Le proprietà pedologiche che la determinano sono quelle correlate con la capacità di attenuazione e col comportamento idrologico del suolo: permeabilità, profondità della falda, granulometria, proprietà chimiche.

I suoli dell'area BG3 hanno **moderata capacità protettiva nei confronti delle acque sotterranee** per limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria.

2.8.3 Capacità Protettiva del suolo nei confronti delle acque superficiali

Questa interpretazione, complementare alla capacità di protettiva verso le acque sotterranee, esprime la capacità dei suoli di controllare il trasporto degli inquinanti con le acque di scorrimento superficiale in direzione delle risorse idriche di superficie. Infatti, gli inquinanti distribuiti sul suolo possono essere trasportati in soluzione con le acque che si muovono sulla superficie del suolo stesso, oppure adsorbiti sulle particelle solide contenute in tali acque. Le proprietà pedologiche prese in considerazione nel modello interpretativo sono correlate con la suscettività dei suoli a determinare scorrimenti superficiali e fenomeni erosivi (gruppo idrologico, indice di runoff superficiale, rischio di inondabilità). Nelle aree di pianura non



alluvionabili, dove la pendenza è molto modesta o addirittura inesistente, la capacità protettiva nei confronti delle acque superficiali è comunque prevalentemente correlata al tipo idrologico dei suoli, che è una espressione sintetica delle modalità e dei tempi di deflusso delle acque di origine meteorica o irrigua. I suoli dell'area BG3 hanno un'**elevata capacità protettiva per le acque superficiali**.

2.8.4 Valore naturalistico dei suoli

Con il valore naturalistico dei suoli viene proposta una valutazione dell'interesse scientifico e della singolarità che le risorse pedologiche manifestano dal punto di vista naturalistico. I suoli possono essere infatti considerati come testimoni delle intense relazioni tra pedosfera e sistema delle acque, importanti nell'evoluzione degli ecosistemi e del paesaggio della pianura padana; essi possono anche conservare preziose informazioni paleogeografiche o paleoclimatiche, divenendo così parte dell'eredità culturale dell'umanità; infine, i suoli possono essere stati caratterizzati da processi pedogenetici tipici di ambienti di formazione particolari.

La cartografia pedologica disponibile per la regione attribuisce un **basso valore naturalistico** ai suoli dell'area in esame.

2.9 Aspetti naturalistici

2.9.1 Vegetazione

In tutta l'area di studio, rappresentata dagli ambienti planiziali che si sviluppano tra il Serio e l'Oglio vi sono ampie zone il cui valore naturalistico, da un punto di vista vegetale, è estremamente modesto. Si tratta di aree che hanno risentito più di altre delle attività dell'uomo o che attualmente sono direttamente utilizzate, come coltivi, incolti e margini stradali. In questi contesti flora e vegetazione seguono i ritmi delle lavorazioni, delle colture, della zootecnia e delle altre esigenze dell'agricoltura e delle attività correlate.

All'interno e nei pressi dei seminativi la vegetazione è prevalentemente di tipo sinantropico. In corrispondenza delle colture si sviluppa una vegetazione infestante costituita da malerbe fortemente adattate alle condizioni edafiche create dagli interventi agronomici e al periodismo vegetativo delle specie coltivate.

La principale tipologia di vegetazione ruderale è costituita da cenosi molto abbondanti soprattutto nelle stazioni ombrose e umide su substrati ricchi in sostanze azotate. Nella fattispecie si rinvengono formazioni erbacee ad *Urtica dioica*, a *Galium aparine* o a *Solidago gigantea* riferibili alla classe *Galio-Urticetea*.

In corrispondenza delle strade interpoderali e degli incolti marginali, si sviluppano altre tipologie vegetazionali, relativamente ricche floristicamente, appartenenti alle classi *Molinio-Arrhenatheretea* e *Agropyretea intermedii-repentis*. La prima classe presenta una distribuzione prevalentemente centroeuropea, con ampie irradiazioni in area mediterranea, ove tuttavia ha la possibilità di affermarsi esclusivamente in siti montani o ripariali. Comprende vegetazione erbacea perenne mesofila e/o edafoigrofila, spesso legata allo sfalcio periodico con successiva blanda concimazione.

Un'altra classe, *Agropyretea intermedii-repentis*, comprende invece fitocenosi dominate da emicriptofite semiruderali; questi consorzi sono frequenti su suoli profondi più o meno argillosi e poveri di humus, soggetti a periodico disturbo da parte dell'uomo e a disseccamento superficiale durante il periodo estivo.

Parallelamente ai canali che si articolano nell'area o lungo i confini di proprietà dei singoli appezzamenti sono presenti limitate fasce di vegetazione, il cui strato arboreo è spesso composto da esemplari di farnia (*Quercus robur*), pioppo nero (*Populus nigra*), olmo (*Ulmus minor*), salice bianco (*Salix alba*) e robinia (*Robinia pseudoacacia*).

Lungo i canali irrigui e di scolo che si snodano nei terreni agricoli dell'area, si sviluppano limitate fasce di vegetazione elofitica. Queste comunità si presentano come formazioni chiuse, frammentate e assai povere dal punto di vista floristico.



2.9.2 Fauna

L'ambito estrattivo BG3 collocato in comune di Covo si trova nel tipico contesto agricolo posto fra gli ambiti fluviali dell'Oglio e del Serio, in posizione pressochè baricentrica. Dista infatti circa 5,5 km dal Serio, posto a ovest, e 5 km dall'Oglio collocato invece a est.

Fra le tipologie ambientali rilevate nell'area di studio definita dal buffer di 1 km compaiono unicamente i seminativi, qui rappresentati da strutture del tutto prive di siepi e filari e anche con dotazione ridotta di rogge (roggia Antegnata) che presentano comunque un prevalente andamento est ovest.. Anche in questa situazione, già come per la precedente, la scomparsa degli ultimi lembi forestali e delle dotazioni di un tempo in termini di alberature ha lasciato limitato spazio ad alcune specie che utilizzano ambienti ecotonali e che tipicamente si ritrovavano solamente ai margini dei boschi e nelle radure, come il riccio (*Erinaceus europaeus*), l'averla piccola (*Lanius collurio*), il gheppio (*Falco tinnunculus*), il ramarro (*Lacerta viridis*) e la raganella (*Hyla italica*). Le coltivazioni intensive scaturite dalla forte meccanizzazione delle pratiche agricole hanno gradualmente trasformato il territorio in una tipologia di area aperta, definita per la pianura padana come "steppa cerealicola". In questi ambiti sono presenti specie quali l'allodola (*Alauda arvensis*), la cutrettola (*Motacilla flava*) e la quaglia (*Coturnix coturnix*).

2.10 Rilevanze paesaggistiche

2.10.1 Presenze di carattere storico, architettonico ed archeologico.

La struttura del sistema insediativo dell'area di cava è tipicamente basata sui centri storici minori collegati da una fitta rete viaria spesso a carattere interpoderale. Nell'areale esterno alla cava sono presenti alcune testimonianze di architettura rurale e religiosa. La zona ha una forte impronta agricola con una rete di cascinali anche di notevoli dimensioni e con pregi architettonici individuati quali "beni singolari" storico-architettonici

In questa porzione di pianura padana l'organizzazione del territorio in centurie ha svolto una importante funzione ordinatrice per lo sviluppo economico ed urbano ed è ancora oggi parzialmente leggibile, per esempio, nell'andamento del reticolo fondiario. Ritrovamenti di tombe romane presso la Cascina dell'Addolorata a sud dell'area di cava indicano un potenziale rischio archeologico nell'intorno. Tale rischio è stato escluso, per l'area di cava BG3 Brebemi, mediante una indagine condotta da ATS s.r.l – Università di Siena Dip. Archeologia e Storia delle Arti (Direzione scientifica del Dr Stefano Campana).

2.10.2 Sistema insediativo e infrastrutture

L'ambito di studio presenta un paesaggio molto storicizzato conseguenza della permanenza millenaria dell'uomo sul territorio. Ciò si esprime non solo attraverso quelle che si possono definire come "emergenze storiche" ma soprattutto nella tessitura del sistema irriguo, infrastrutturale ed insediativo. In tal senso i caratteri dominanti del sistema antropico sono:

- la destinazione agricola di gran parte del territorio analizzato a cui si ricollega la struttura degli insediamenti agricoli, la maglia di parcellizzazione agraria, la rete dei canali e dei collegamenti.
- L'elevata densità di centri abitati, molto vicini tra di loro.

L'area di cava è ubicata in ambito rurale e dista in linea d'aria circa 800 m da Antegnate e circa 1000 m da Covo. La viabilità pubblica più prossima è rappresentata dalla SP 102, che limita l'area di cava a Nord. Ad Est è presente la Strada Vicinale Cascina Bazzarda, mentre ad Ovest si trova la Strada Cascina Finaletto Sopra e Sotto.

Il contesto insediativo è caratterizzato da cascinali sparsi collegati da una rete viaria minore interpoderale. Alcune delle testimonianze rurali presenti in prossimità del limite est ed ovest della cava (Cascina Bazzarda e Cascina Finaletto di sopra) risultano di particolare interesse storico-testimoniale.

L'elettrodotto a media tensione presente nell'area di cava verrà spostato al limite settentrionale.



3 ANALISI VINCOLISTICA

Nel presente capitolo verranno considerate le tutele presenti nelle vicinanze dell'area d'intervento, rappresentate sulla Carta dei vincoli, e quanto stabilito dalla pianificazione territoriale comunale.

3.1 Carta dei vincoli

Nella Carta dei Vincoli, sono stati raffigurati, alla scala 1:10.000, i principali elementi vincolistici presenti nel settore di territorio in esame.

In essa si osserva che, circa un chilometro ad ovest dell'area BG3, è presente un'area archeologica (D.Lgs. 42/2004).

Sempre ad una distanza di circa un chilometro, ma verso est, invece, si incontra un ambito di particolare interesse ambientale ai sensi degli articoli 17 e 18 del Piano Territoriale Paesistico Regionale (P.T.P.R.).

3.2 Pianificazione Comunale - Piano di Governo del Territorio (P.G.T.)

La tavola n. D8P del Documento di Piano del Piano di Governo del territorio del Comune di Covo (approvato definitivamente dal C.C. con delibera n° 14 del 20/06/2012) individua l'area di cava come appartenente alle "Aree agricole". Nella tavola R.2 del Piano delle Regole la stessa area è meglio definita come "Ambito agricolo esteso" (art. 4.3.2 delle NTA)

Si osserva inoltre come le cascine Bazzarda e Fieniletto di Sotto, latitanti la cava, siano inserite nel repertorio del Piano delle regole, in quanto nuclei di antica formazione (Art. 5.2.2 delle NTA).

L'area di cava BG3 Brebemi viene definita "Ambito produttivo Estrattivo" (art. 4.2.5 delle NTA).

Di seguito vengono presentati gli estratti delle NTA di interesse per l'area estrattiva.

3.2.1 Ambiti agricoli estesi Ae (art. 4.3.2 NTA)

Gli ambiti agricoli estesi son afferenti al sistema dell'agricoltura S/A e caratterizzano la parte del territorio rurale meno prossimo al nucleo edificato. Sono costituiti da estensioni agricole ampie, coltivate principalmente con colture seminative intervallate da elementi edificati circoscritti, fra i quali i nuclei delle cascine e le loro dipendenze. ... omissis).

Negli ambiti Ae è incentivata la piantumazione di essenze arboree autoctone che sottolineino e rafforzino gli elementi peculiari della tessitura del paesaggio agrario, quali strade campestri, rogge, suddivisione del parcellari agrario ecc. E' ammessa la realizzazione di impianti autoctoni intensivi – anche per la produzione di biomassa – di boschi di mitigazione/compensazione delle infrastrutture della mobilità o dei siti di escavazione, da integrare, in tutto o in parte, ad usi polifunzionali, ludico-ricreativi o naturalistici, e a percorsi ciclopedonali esistenti e di progetto.

3.2.2 Pe produttivo estrattivo (art. 4.2.5 NTA)

Appartengono agli ambiti produttivi estrattivi le aree in cui si svolgono attività di estrazione di materiali di inerti del settore merceologico sabbia-ghiaia, previste dal Piano Cave Provinciale vigente, nonché le attività di successiva lavorazione. (... omissis).

Negli ambiti produttivi estrattivi ricadono i siti autorizzati alla data di adozione del PGT, nonché le "cave di prestito" non previste dal predetto Piano Provinciale, ma autorizzate dalla Regione Lombardia in quanto funzionali alla realizzazione delle grandi infrastrutture della mobilità.

Tutte le attività che si svolgono in tali ambiti devono essere documentate, come indicato dalle vigenti leggi in materia, e saranno sottoposte alle normali operazioni di vigilanza periodica dal parte dell'Amministrazione comunale, dell'UTC e degli eventuali consulenti tecnici incaricati.

E' ammessa la realizzazione di edifici e strutture funzionali e complementari all'attività di cava, secondo le modalità previste dalla convenzione di regolamentazione dell'attività e delle leggi vigenti in materia. (...omissis).



All'interno del perimetro individuato dal PGT per gli ambiti Pe dovrà essere previsto l'impianto di essenze arboree ed arbustive autoctone, localizzate in particolare lungo i bordi perimetrali del comparto stesso, al fine di migliorare la qualità ambientale attenuando l'impatto visivo e mitigando le conseguenze delle operazioni di scavo, trasporto e lavorazione dei materiali escavati. Le quantità, le specie e la localizzazione di tali opere verdi devono risultare, di norma, dal Piano d'Ambito autorizzato dagli organi competenti provinciali e/o regionali, nel quale siano indicate le azioni di recupero ambientale del sito d'escavazione. In approfondimento a tali previsioni tuttavia è opportuno che vengano predisposti appositi progetti d'intervento esecutivo, da concordare preliminarmente con l'Amministrazione comunale e con l'UTC. In tali elaborazioni deve essere data considerazione dello stato dei luoghi, alla vegetazione esistente (desumibile da rilievo agronomico effettuato a tale scopo), delle ipotesi di futuri ampliamenti delle zone estrattive, delle previsioni di riqualificazione ambientale previste dal PGT per il territorio di Covo.

4 PROGETTO DI COLTIVAZIONE

4.1 Rilievo planialtimetrico

Lo stato attuale dell'area di cava è rappresentato in Tav. A20211DE2R7SA0000001A - Rilievo planialtimetrico e ubicazione punti fissi.

Detto rilievo è stato eseguito mediante stazione totale, rilevando tutte le discontinuità e le interferenze presenti.

Le posizioni delle stazioni di misura utilizzate per l'esecuzione del rilievo topografico di base, ovvero i caposaldi di riferimento delle misure, sono state definite sul terreno mediante chiodi topografici inseriti su manufatti inamovibili (cfr. Elaborato A20211DE2RTSA0000001A - Monografie caposaldi topografici). Per omogeneità di progetto e verifica si tratta degli stessi caposaldi utilizzati per il rilievo della cava BG3 Brebemi. La restituzione del piano quotato mediante isoipse con equidistanza 50 cm mostra come l'area risulti morfologicamente subpianeggiante con un debole gradiente verso SW dell'ordine dello 0,5÷1%.

In Tav. A20211DE2R7SA0000001A è raffigurata anche la collocazione dei punti fissi inamovibili che dovranno essere posizionati sul terreno per individuare chiaramente l'area interessata dalla coltivazione.

Sul confine dell'area estrattiva, sono stati rappresentati e numerati 4 punti in posizione topografica favorevole, facilmente ispezionabili, raggiungibili e in modo che da ognuno di essi si vedano il precedente e il successivo.

4.2 Assetto proprietario

Da ricerche effettuate presso l'Ufficio Provinciale di Bergamo dell'Agenzia del Territorio si è constatato che l'area estrattiva BG3 è compresa nei mappali del Catasto Terreni del Comune di Covo elencati nella seguente Tab. 8:

Foglio	Mappale	Proprietari
9	680	Società Agricola Antegnate
	1444	
14	4787	Consorzio B.B.M.
	4789	
	4791	
	4788	Società Agricola Antegnate
	4790	
4792		

Tab. 8 – Identificazione catastale dell'Area BG3



Detti mappali sono stati raffigurati, alla scala 1:2.000, nella *Planimetria catastale* (cfr. Tav. A20211DE2P6SA0000001A).

Va evidenziato che gli estratti di mappa e le visure catastali presentate nei Documenti amministrativi (elaborato_A20211DE2ROSA0000002A), non sono tra loro congruenti per quanto riguarda i numeri di foglio catastale. Per i mappali 680 e 1444 nell'estratto di mappa viene indicato il foglio 909, mentre nella visura il Foglio 9. Per i restanti mappali nell'estratto viene indicato il foglio 914, mentre nelle visure è tutto Foglio 9. La problematica è relativa alla recente informatizzazione del sistema catastale della Provincia di Bergamo. La rappresentazione dei fogli e dei mappali riportati nella *Planimetria catastale* di Tav. A20211DE2P6SA0000001A, è frutto della ricostruzione effettuata con l'ausilio dei professionisti che si sono occupati del frazionamento catastale della Cava BG3 già autorizzata.

4.3 Modalità di coltivazione

Il progetto di scavo, di seguito descritto, è stato rappresentato cartograficamente nelle seguenti tavole:

- Tav. A20211DE2P7SA0000001A - Planimetria di scavo
- Tav. A20211DE2WZSA0000002A - Sezioni di scavo
- Tav. A20211DE2DZSA0000001A - Fasi di coltivazione
- Tav. A20211DE2W7SA0000001A - Sezioni riepilogative in scala non modificata
- Tav. A20211DE2WZSA0000004A - Sezioni tipo delle scarpate¹.

Esso prevede la realizzazione di una cava a fossa, sottofalda, con massima profondità di scavo pari a circa 35.38 m. Il fondo della cava presenterà superficie orizzontale alla quota di 85.00 m s.l.m..

I lavori di coltivazione inizieranno nella parte sud della proprietà e proseguiranno verso nord come specificato nel *paragrafo 4.4*.

Preventivamente verrà asportato il suolo agrario, per uno spessore di 50 cm, che verrà accumulato e conservato in appositi settori (in particolare, è previsto il suo utilizzo temporaneo per la formazione di dune perimetrali) per poi venire, in parte, riposizionato durante gli interventi di recupero ambientale.

Gli accumuli temporanei di terreno vegetale, utilizzati anche quali dune antirumore, non dovranno superare i 4 m di altezza, con una base con lato minore non superiore a 3 m.

Le scarpate di scavo sono state previste d'inclinazione pari a 15° (1/4), nella parte superiore, e più acclivi (27°, ovvero 1/2), a partire da quota 110.2 m s.l.m., ove è stata prevista una banca larga 2,0 m. Tale quota è stata determinata in modo da conservare un franco di 1,0 m sopra il minimo livello noto raggiunto dalla falda freatica (cfr. *paragrafo 2.7.3*).

Nelle verifiche di cui al *paragrafo 4.5*, è dimostrato che le inclinazioni delle scarpate sopradescritte garantiscono sicurezza nei confronti della stabilità.

Per le operazioni di scavo saranno utilizzati escavatori, per i terreni più superficiali, finché lo consentiranno i livelli idrici, e draghe idrauliche, all'aumentare della profondità.

4.3.1 Distanze di rispetto

Per la definizione delle distanze di rispetto da mantenere per la cava in progetto sono stati considerati, in particolare: il d.p.r. n° 128 del 09.04.1959 "Norme di polizia mineraria" e le norme del Codice Civile.

L'art. 104 del sopraccitato d.p.r. stabilisce che, senza autorizzazione rilasciata dal competente ufficio della Provincia, sono vietati gli scavi a cielo aperto per ricerca o estrazione di sostanze minerali a distanze minori di:

¹ Non potendo redigere sezioni riferite all'intera cava con altezze e lunghezze, entrambe, a grande scala, si è optato per raffigurare le sezioni su tre tavole: in Tav. A20211DE2WZSA0000002A il rapporto altezze/lunghezze è falsato, in quanto, le prime sono in scala 1:200, mentre, le seconde sono in scala 1:1.000; in Tav. A20211DE2W7SA0000001A, è stata mantenuta la stessa scala 1:1000.



a) 10 metri:

- da strade di uso pubblico non carrozzabili;
- da luoghi cinti da muro destinati ad uso pubblico;

b) 20 metri:

- da strade di uso pubblico carrozzabili;
- da corsi d'acqua senza opere di difesa;
- da sostegni o da cavi interrati di elettrodotti di linee telefoniche o telegrafiche o da sostegni di teleferiche che non siano ad uso esclusivo delle escavazioni predette;
- da edifici pubblici e da edifici privati non disabitati;

c) 50 metri:

- da ferrovie;
- da opere di difesa dei corsi d'acqua;
- da sorgenti, acquedotti e relativi serbatoi;
- da oleodotti e gasdotti;
- da costruzioni dichiarati "monumenti nazionali".

Le misure vanno prese dal ciglio superiore dell'escavazione al margine esterno dell'opera tutelata.

L'Art. 891 del Codice Civile stabilisce, invece, che si debba mantenere dalle proprietà confinanti una distanza pari alla massima profondità di scavo.

A fronte di tali prescrizioni, nel presente progetto sono state mantenute le seguenti distanze di rispetto:

- Lato Nord: 20 m dalla SP 102;
- Lato Ovest: 35 dalla proprietà confinante;
- Lato Est: 15 m dal metanodotto SNAM. Al fine di ottenere la deroga alla distanza di rispetto di 50 m è stata inviata apposita richiesta all'Ufficio di Polizia Mineraria di Bergamo.

4.3.2 Superfici e volumi

I volumi interessati dall'escavazione sono stati calcolati mediante *personal computer* con apposito programma di calcolo (*Prost 2011*) che utilizza il metodo dei triangoli sovrapposti.

Lo spessore del terreno agrario è stato considerato mediamente pari a 50 cm.

Le superfici e gli spessori di scavo totali (compresi cioè i volumi scavati nella fascia di rispetto al metanodotto) nonché i quantitativi di materiali estraibili sono riportati in *Tab. 9*.

Superficie di scavo	mq	101.937
Volume totale di scavo	mc	1.691.184
Spessore suolo agrario	m	0.5
Volume suolo agrario	mc	41.652
Volume utile	mc	1.649.532

Tab. 9 – Tabella riassuntiva delle superfici, dei volumi e delle profondità di scavo

Lo scavo nella fascia di rispetto al metanodotto comporta i seguenti volumi:

Superficie di scavo	mq	6.855
Volume totale di scavo	mc	115.141
Volume suolo agrario	mc	3.428
Volume utile	mc	111.714

Tab. 10 – Superfici e volumi di scavo nella fascia di rispetto al metanodotto



Complessivamente, pertanto, nella nuova unità estrattiva potranno essere asportati 1.649.352 m³ di ghiaia, mentre il terreno fertile che di volta in volta dovrà essere accantonato e conservato in loco ammonterà a 41.652 m³.

4.3.3 Mezzi impiegati

Per far fronte alle esigenze di materiali per rilevato della linea AV/AC, si rende necessario prelevare nell'arco di 13 mesi i circa 1.650.000 mc di inerti.

In un primo tempo (circa 2 mesi dopo aver effettuato lo scotico) si avrà una produzione esclusivamente legata alle attività estrattive sopra falda, effettuate con escavatori; nel periodo successivo le escavazioni avverranno prevalentemente in falda. La produzione giornaliera sarà di circa 5.200 mc nel primo periodo e di circa 6.000 nel periodo successivo.

Nella fase di massima attività i mezzi che prevedibilmente verranno utilizzati saranno:

- n° 1 ruspa - adibita alla movimentazione del suolo agrario
- n° 2 escavatori – adibiti all'asportazione della ghiaia dei livelli più superficiali
- n° 1 draga idraulica per le escavazioni sotto falda
- n° 1 pala per il caricamento sui camion del materiale scavato

I camion in transito giornaliero nella fase di massima coltivazione possono essere stimati sulla base del volume scavato, tenendo conto della capacità di carico dei mezzi (stimata in 15 m³) e dell'incremento di volume del materiale a seguito dello scavo (pari a 1.2 volte il materiale in banco). Sulla base di queste considerazioni si calcola il numero di mezzi che transitano carichi e quindi moltiplicandolo per 2 si ottiene il numero totale di transiti giornalieri sulle pista di cantiere:

$$\begin{aligned} \text{prima fase: viaggi giornalieri} &= 2 \cdot (5.200 \cdot 1.2) / 15 = 832 \\ \text{seconda fase: viaggi giornalieri} &= 2 \cdot (6.000 \cdot 1.2) / 15 = 960 \end{aligned}$$

4.3.4 Destinazione dei materiali e viabilità

Il materiale estratto dall'area BG3 sarà esclusivamente impiegato per la realizzazione dell'Asse ferroviario AV/AC.

La viabilità interessata da e per i cantieri sopra indicati è stata raffigurata in Tav. A20211DE2GZSA0000001A-Carta della viabilità.

Come indicato in tale elaborato, sono previste due diverse destinazioni:

- La prima prevede l'uscita dalla cava utilizzando la viabilità già esistente che conduce al frantoio Brebemi e da qui direttamente all'asse ferroviario. Verrà quindi utilizzato il cancello esistente nel settore sud-occidentale della cava esistente. Prevedibilmente su questa viabilità si concentrerà il 70-80% dei transiti.
- La seconda prevede l'uscita dalla cava in corrispondenza dello spigolo nord-occidentale della cava esistente, mediante un nuovo cancello. Da qui, attraverso la viabilità esistente, adeguatamente risezionata, il traffico si dirigerà verso nord, per portarsi sulla SP 102, attraverso cui raggiungerà i cantieri. Prevedibilmente su questa viabilità si concentrerà il 20-30% dei transiti.

La seconda ipotesi, come detto, prevede la riqualificazione della carraia esistente, in modo da aumentarne la larghezza fino a 6,50 m (oggi è larga circa 3,50 m), così da consentire il transito contemporaneo dei mezzi in entrambi i sensi. Inoltre, negli ultimi 100 m dovrà essere pavimentata realizzando un pacchetto costituito da 15 cm di misto granulometrico stabilizzato, 8 cm di binder e 4 cm di strato di usura, così da ridurre gli impatti connessi a produzione di polveri e rumore.

Sempre allo scopo di mitigare la produzione di polveri, prima dell'uscita dall'area estrattiva sulla viabilità ordinaria, gli autocarri dovranno effettuare il lavaggio dei pneumatici transitando per un'apposita vasca, i cui particolari costruttivi sono rappresentati sempre in Tav. A20211DE2GZSA0000001A. Analoga vasca è già esistente presso l'uscita sud-ovest.



I mezzi in transito all'interno dell'area estrattiva utilizzeranno piste di cantiere.

4.4 Fasi temporali

Come già illustrato, per far fronte alle esigenze di materiali per rilevato della linea AV/AC, si rende necessario prelevare nell'arco di 13 mesi i circa 1.650.000 mc di inerti.

In tale quadro non è possibile parzializzare gli scavi in lotti e l'escavazione dovrà essere affrontata su tutta la superficie su più fronti, per consentire la produttività necessaria.

La rimozione e l'accantonamento del terreno vegetale procederanno contestualmente alle fasi di coltivazione autorizzate, al fine di limitare gli effetti negativi sul paesaggio e i danni alle colture e alla vegetazione.

Le modalità di escavazione verranno così articolate (cfr. Elaborato A20211DE2DZSA0000001A - Fasi di coltivazione):

- 1^a fase - Asporto del suolo agrario e del cappellaccio e loro accantonamento nelle aree di deposito temporaneo previste perimetralmente all'area di scavo;
- 2^a e 3^a fase - Scavo del deposito ghiaioso e prelievo dello stesso mediante escavatore meccanico per consentire l'alloggiamento dell'impianto di estrazione inerti a sonda idraulica. Alla scarpata creata si conferirà una pendenza di 15° fino al raggiungimento della quota di 102,0 m s.l.m., dove verrà realizzata una banca della larghezza minima di 2,0 metri; lo scavo mediante escavatori verrà realizzato in due fasi distinte: dapprima verrà scavato il materiale in asciutta, fino alla quota presumibile di 103 m s.l., successivamente l'escavazione proseguirà sotto falda mediante escavatori a braccio lungo, fino alla massima profondità raggiungibile.
- 4^a fase - Prelievo del materiale ghiaioso mediante impianto di estrazione inerti a sonda idraulica.

Si procederà con la coltivazione della cava fino alla quota di 85.00 m s.l.m. conferendo alla scarpata al di sotto della banca suddetta una pendenza di 27° fino a fondo cava.

E' evidente che le fasi descritte, dopo un tempo iniziale di impianto cantiere, dovranno essere realizzate in contemporanea, e presumibilmente con più squadre su fronti diversi, onde consentire la produzione richiesta.

4.5 Verifiche di stabilità delle scarpate di scavo

Di seguito vengono presentate le verifiche di stabilità delle scarpate di scavo. La scarpata presa in considerazione è quella con la massima altezza.

Per la verifica della stabilità delle scarpate di scavo si è fatto riferimento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Si ricorda che secondo la nuova normativa la stabilità è considerata accettabile quando è verificata la disequazione $E < R/\gamma_r$, dove $\gamma_r = 1.1$. La resistenza va tuttavia calcolata utilizzando i parametri di progetto del terreno, cioè i parametri caratteristici ridotti mediante i coefficienti stabiliti dalla normativa. In buona sostanza quindi il rapporto tra forze resistenti e forze agenti deve essere maggiore di 1.1.

Per la verifica è stato adottato l'approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2), pertanto i coefficienti riduttivi da applicare ai parametri caratteristici risultano:



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

Tab. 11 – Coefficienti riduttivi dei parametri caratteristici adottati per le verifiche (NTC 2008 Tab.

6.2.II)

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

A causa dell'impossibilità di definire una legge costitutiva che descriva esattamente il comportamento del terreno, mezzo per di più multifase, vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

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

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

La verifica di stabilità globale del pendio è stata condotta secondo il **metodo di Sarma**, metodo semplice, ma accurato che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

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

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_j + T_i \sin \alpha_j = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_j - N_i \sin \alpha_j = K W_i + \Delta E_i$$

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

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

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

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



$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

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

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

Si ha pertanto:

- $K = K_c$ accelerazione critica se $F = 1$
- $F = F_s$ fattore di sicurezza in condizioni statiche se $K = 0$

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

Per una soluzione accettabile del problema si assume la seguente distribuzione per le forze X_i :

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

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

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

Considerato che le scarpate di scavo, verranno poco alterate in fase di recupero, ed in particolare che sotto falda non si avrà alcuna modifica si è ritenuto necessario verificarle anche in condizioni sismiche.

La stabilità del pendio è stata condotta tenendo in considerazione l'azione sismica con il metodo pseudo-statico: sotto l'azione di un carico ciclico il terreno può sviluppare pressioni interstiziali elevate, pertanto viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica sono state considerate le seguenti forze:

$$F_H = \pm 0,5 S a_g W$$

$$F_V = \pm 0,5 F_H$$

essendo:

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

W il peso della massa stessa.

Nella ricerca della superficie di scorrimento critica, non avendo a disposizione metodi per individuarla, occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel presente studio, si è ipotizzato che detta superficie abbia forma circolare.

Posizionata una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne sono state esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato *range* di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

I parametri geotecnici adottati per il calcolo di stabilità, sono quelli indicati al paragrafo 2.3.

La falda è stata ipotizzata alla massima altezza prevista.

Come si può osservare nell'elaborato "A20211DE2CLSA0000001A- Verifiche stabilità scarpate", secondo i calcoli effettuati, i fattori di sicurezza minimi sono risultati essere sempre superiori al limite di 1,1 richiesto dalla normativa vigente. Ne consegue che la stabilità delle scarpate di scavo, come indicate in progetto, risulta verificata.

In Fig. 10 è riportata l'immagine di una sezione della verifica, con rappresentato il cerchio di scivolamento a minor coefficiente di sicurezza.

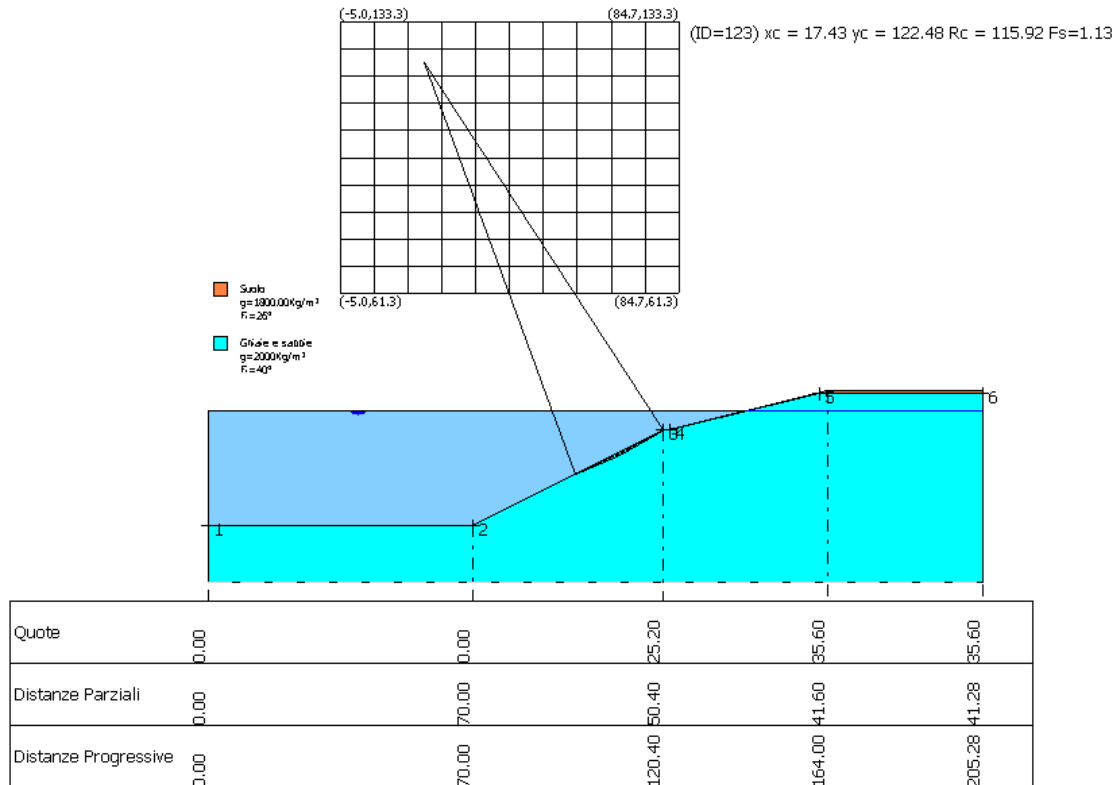


Fig. 10 – Verifica di stabilità delle scarpate di scavo

4.6 Valutazione dell'impatto delle escavazioni sulla falda freatica

Un effetto conseguente all'apertura di una cava sotto falda è, in generale, un disturbo alla configurazione piezometrica preesistente, tale da generare abbassamenti ed innalzamenti (relativi) rispettivamente a monte ed a valle della cava stessa.

In pratica, il lago di cava funziona come un bacino di ragguglio dei livelli piezometrici rilevati in corrispondenza del proprio perimetro; l'entità del disturbo è direttamente correlata alla geometria dello scavo, al suo orientamento rispetto alla direzione principale di deflusso sotterraneo ed alla capacità della struttura idrogeologica di supplire agli stress ai quali è stata sottoposta.

Nel caso in esame si è voluto indagare l'effetto indotto dall'apertura della cava BG3 tramite una modellazione, eseguita mediante il programma WhAEM2000 (EPA), basato sulla risoluzione analitica delle equazioni del moto bidimensionale in termini di potenziale idraulico. Detto software è in grado di risolvere, in termini di carichi piezometrici, schemi complessi di acquiferi anche non omogenei soggetti a stress di diversa natura (dispersione da fiumi e corsi d'acqua, pompaggio da pozzi etc.).

Per il caso di studio, l'elemento di disturbo inserito per modellare l'effetto della superficie libera costituita dal lago di cava, è stata una zona di disomogeneità coincidente con il perimetro di scavo della cava stessa, caratterizzata da una conducibilità idraulica diversi ordini di grandezza superiore rispetto a quella dello strato trasmissivo.

Proprio riguardo a quest'ultimo, alla luce dei diversi dati stratigrafici disponibili nei dintorni dell'area indagata, si è cautelativamente considerato uno spessore di 50 m; mentre per la conducibilità idraulica si sono attribuiti valori estremi (vista l'incertezza alla quale è correlata la grandezza stessa) di $1 \cdot 10^{-4}$ m/s e di $2 \cdot 10^{-3}$ m/s. Tuttavia, è bene ricordare come per il problema in esame la permeabilità non giochi un ruolo di primaria importanza, come svolgono invece grandezze quali la cadente piezometrica (qui dedotta basandosi sulle



misurazioni della falda condotte nel corso della progettazione definitiva dell'infrastruttura autostradale) o la sopra citata configurazione geometrica del campo di indagine.

Un ulteriore parametro che si è scelto di far variare, rispetto al quale le soluzioni analitiche generate dal software hanno evidenziato una scarsa sensibilità, è stato il livello piezometrico di riferimento: in base alle considerazioni già affrontate nei paragrafi inerenti l'idrogeologia del comparto estrattivo, si sono individuate due configurazioni, una di minimo (configurazione di progetto della cava BG3) ed una di massimo (posta 4 m al di sopra della precedente).

Le modellazioni effettuate, e le relative condizioni di calcolo sono le seguenti:

- **Caso "A":**
 - conducibilità idraulica minima $K_{\min}=1 \cdot 10^{-4}$ m/s;
 - piezometria di riferimento minima (circa 111,2 m.s.l.m. in corrispondenza della cava);
- **Caso "B":**
 - conducibilità idraulica massima $K_{\max}=2 \cdot 10^{-3}$ m/s;
 - piezometria di riferimento minima (circa 111,2 m.s.l.m. in corrispondenza della cava);
- **Caso "C":**
 - conducibilità idraulica massima $K_{\min}=1 \cdot 10^{-4}$ m/s;
 - piezometria di riferimento massima (circa 115,2 m.s.l.m. in corrispondenza della cava);
- **Caso "D":**
 - conducibilità idraulica massima $K_{\max}=2 \cdot 10^{-3}$ m/s;
 - piezometria di riferimento massima (circa 115,2 m.s.l.m. in corrispondenza della cava);

Considerate le modestissime differenze tra le diverse situazioni modellate, nelle figure seguenti si riportano esclusivamente i casi A e D, rappresentativi delle situazioni più estreme.

Nelle figure sono stati rappresentati tutti i pozzi censiti nello studio idrogeologico dell'asse ferroviario e quelli riportati nella Carta idrogeologica redatta a corredo del PGT di Covo.

Tutte le prove eseguite mostrano come siano effettivamente generate due zone di disturbo, una a nord ed una a sud dell'area soggetta a escavazione, nelle quali si ha rispettivamente l'abbassamento e l'innalzamento relativo della superficie piezometrica; tuttavia l'effetto, in virtù di un importante spessore trasmissivo e di una modesta cadente naturale, non è tale - in nessuno dei casi analizzati - da produrre variazioni del livello freatico dannose per i pozzi presenti.

Il massimo abbassamento, pari a 50 cm, si ha infatti per il pozzo 55 (PGT), mentre per tutti gli altri pozzi a monte della cava gli abbassamenti saranno inferiori ai 25 cm.

Si tratta, dunque, di valori assolutamente modesti rispetto all'escursione naturale, quantificata in 4 m circa e, pertanto, si può ragionevolmente ritenere che l'interferenza nei confronti di pozzi privati, fabbricati e opere varie presenti in zona sia trascurabile.

I pozzi posti a valle non potranno che godere di benefici, visto che sono previsti esclusivamente innalzamenti della falda.

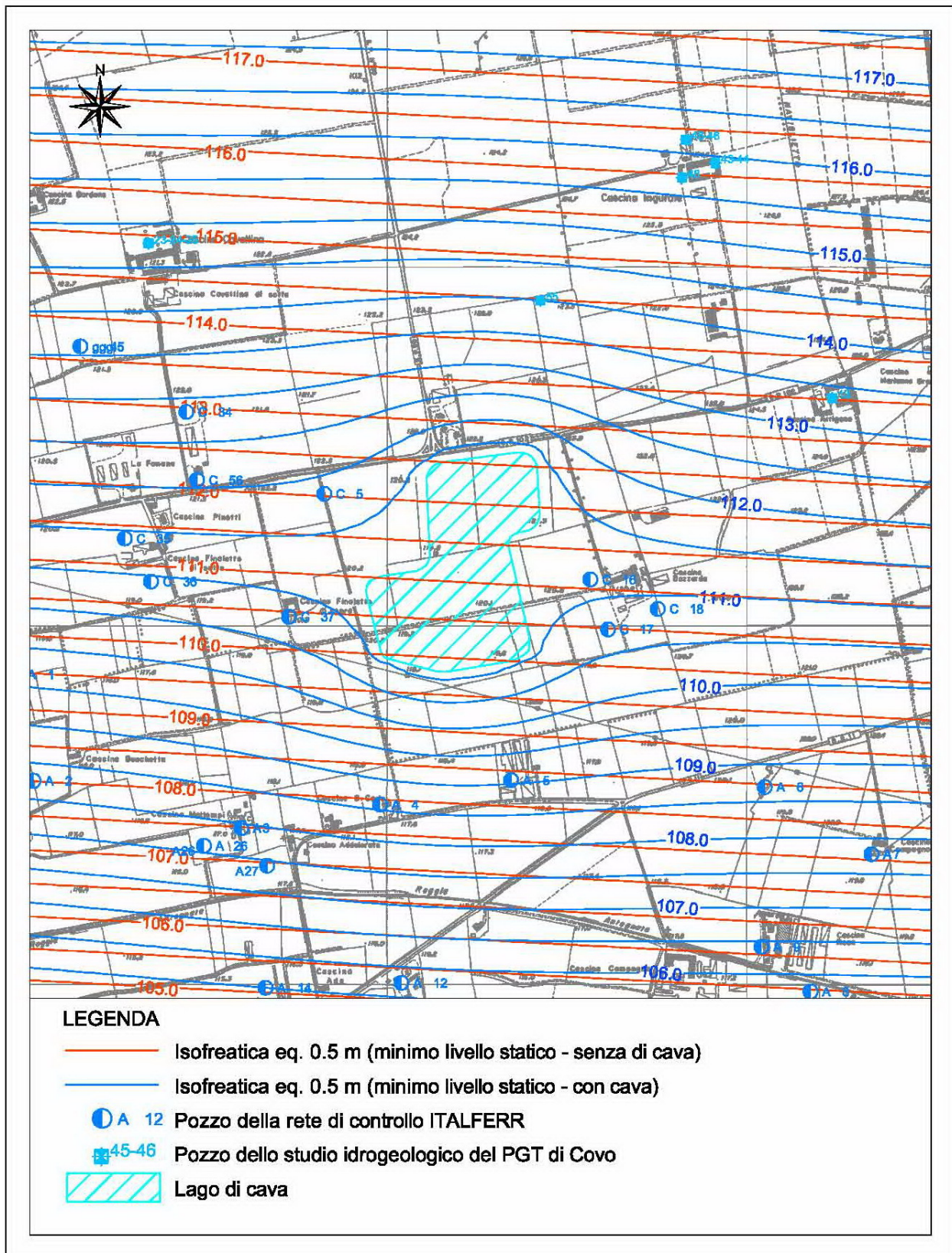


Fig. 11 – Modellazione idrogeologica della cava BG3 – Caso “A”

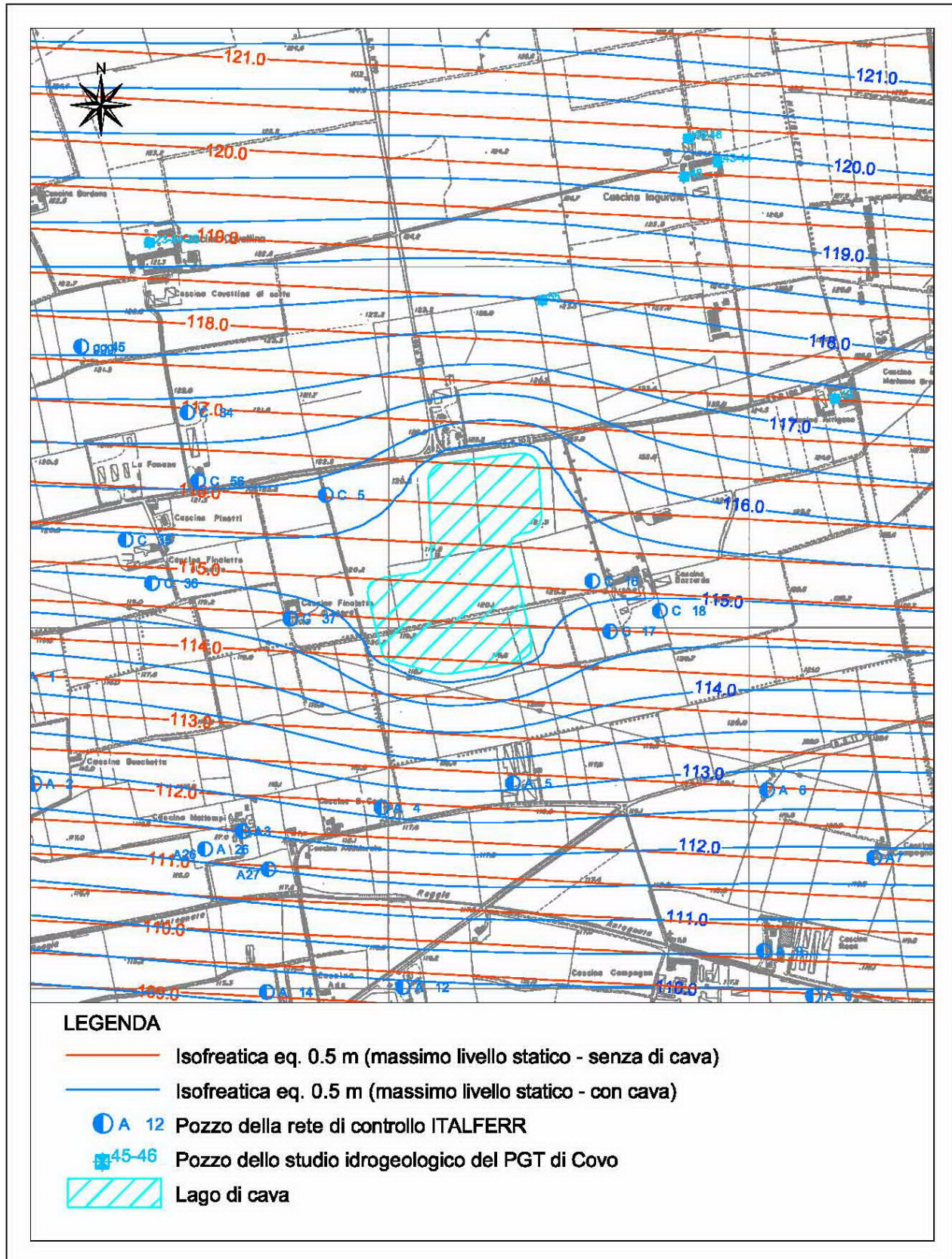


Fig. 12 – Modellazione idrogeologica della cava BG3 – Caso “D”



Va altresì segnalato che i valori ottenuti dal modello risultano certamente sovrastimati, avendo in quest'ultimo ipotizzato un moto prevalentemente bi-dimensionale all'interno dello spessore trasmissivo di 50 mt (sottostimato); dalle informazioni stratigrafiche si deduce in realtà la presenza alla base di suddetto strato di un acquitard in grado di consentire una ricarica verticale della falda superficiale, che di fatto tenderebbe a limitare gli effetti di disturbo già presentati.

Il modello ha preso in considerazione le condizioni estreme: massima e minima dei livelli di falda e massima estensione del lago. In questi estremi sono ricompresi anche le diverse fasi di escavazione che produrranno effetti sicuramente minori di quelli massimi attesi. Considerato che l'effetto è già modesto nelle condizioni peggiori le condizioni intermedie presenteranno effetti trascurabili.

L'imponente sezione di deflusso di falda generata dalla escavazione, con oltre 35 m di parete filtrante, su un perimetro di oltre 2000 m, rende pressoché nullo il rischio che la perdita di acqua nel lago di cava per evaporazione non possa essere compensata dalla filtrazione. Anche la riduzione di permeabilità generata dalla deposizione di materiale fine è da ritenere trascurabile, in relazione al fatto che, a parte la fase estrattiva, in cui il materiale fine viene messo in sospensione dalla escavazione stessa, in fase di esercizio, non si hanno apporti di materiale in sospensione, in quanto la cava è idraulicamente isolata dal reticolo idrografico e le acque di dilavamento sono intercettate dal fosso perimetrale.

In relazione alla temperatura media annua² dell'area (12°) peraltro si stima peraltro che la perdita per evaporazione diretta dal lago³ sia inferiore, seppure per di pochi millimetri, alle precipitazioni. (900 mm evaporazione, 945 mm precipitazioni nell'anno medio).

L'attività previste nell'Area BG3 non comporteranno alcuna produzione di scarichi inquinanti poiché nel cantiere è previsto l'utilizzo di WC chimici, periodicamente svuotati.

4.7 Principali misure di sicurezza e interventi di mitigazione degli impatti

4.7.1 Mitigazioni e monitoraggi

4.7.1.1 Suolo e sottosuolo

Relativamente alla componente suolo gli impatti generati dalle operazioni di scavo potranno essere mitigati dalle azioni di scotico e accantonamento protetto del suolo secondo le modalità di seguito indicate:

- La decorticazione del primo orizzonte di suolo pedogenizzato (dello spessore di 50 cm) dovrà essere realizzata all'inizio di ciascuna fase in maniera separata da qualsiasi altro movimento terra.
- Dovranno essere decorticate anche le zone destinate al deposito temporaneo di materiali, le superfici destinate alla circolazione interna dei mezzi meccanici, nonché tutte le superfici che potrebbero essere in qualche modo costipate da azioni connesse all'intervento.
- Il materiale risultante dovrà essere conservato in accumuli realizzati nell'ambito dell'area d'intervento, e non dovrà in alcun modo essere miscelato con altri materiali, per essere, in parte, ridisteso come strato di finitura nella fase di risistemazione del sito e, in parte, destinato, sempre come stato di finitura, ad altri lavori lungo la linea.
- I cumuli di suolo pedogenizzato dovranno di norma presentare spessori ridotti e dovrà esserne evitata la compattazione, anche accidentale.
- I cumuli di suolo pedogenizzato dovranno essere arricchiti con materiale vegetale opportunamente tritato.

La verifica delle caratteristiche pedogenetiche a fine lavori (termine del ripristino morfologico dell'area) sarà ulteriore garanzia per il raggiungimento di una buona qualità agronomica del terreno di imposta su cui effettuare il ripristino vegetazionale dell'area.

² Dati climatici dalla relazione geologica del PGT di Antegnate; Dr. A Manella, 2008

³ Formula di Visentini (1937) $E_a = 75 * T_a$ dove E_a = evaporazione annua, T_a = temperatura media annua



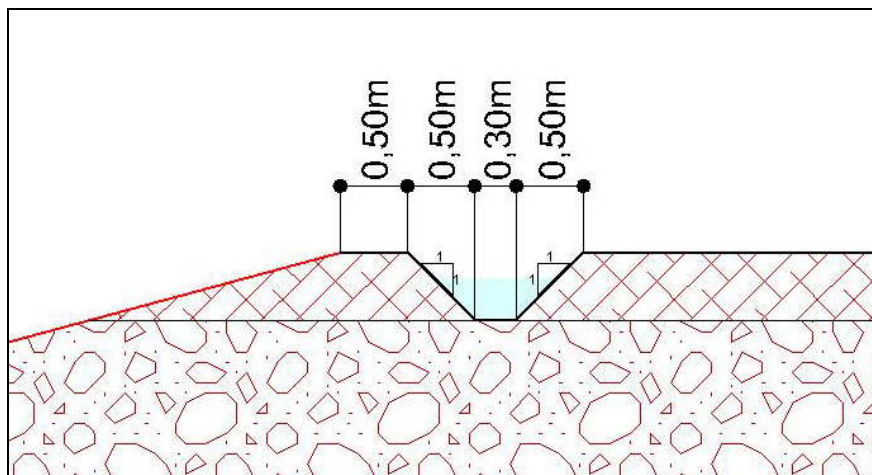
La tipologia di recupero compensa largamente la perdita di risorsa non rinnovabile, mentre gli impatti sulla componente suolo, in termini di morfologia, si ritengono mitigati sia dal punto di vista paesaggistico, attraverso la vegetazione prevista a fine lavori, sia in termini di sicurezza in relazione alla ottimizzazione delle scarpate in fase progettuale.

Alla luce di tali considerazioni non sono necessari monitoraggi del sistema suolo e sottosuolo, se si escludono i normali controlli sulla corretta realizzazione delle opere previste dal progetto.

4.7.1.2 Acque superficiali e sotterranee

Le mitigazioni previste relative alla componente acque superficiali e sotterranee, sono di seguito elencate:

- dovrà essere posta particolare cura al mantenimento della pulizia dei canali irrigui prossimi alle aree di cava: per evitare che materiale terroso finisca in acqua, o che il passaggio dei mezzi troppo vicino alle sponde possa determinare locali franamenti, verranno poste opportune segnalazioni e delimitazioni.
- andrà impedito l'ingresso di persone non autorizzate e l'eventuale verificarsi di scarichi abusivi, delimitando il perimetro di cava con una rete e attrezzando gli accessi con cancelli;
- dovrà essere realizzato un fosso perimetrale, profondo 50 cm, per impedire l'afflusso all'interno della cava delle acque di dilavamento provenienti dai terreni al contorno dello scavo (da realizzarsi secondo la sezione tipo raffigurata in Fig. 13).



1.

Fig. 13 – Sezione tipo del fosso da realizzare al contorno dello scavo

Il fosso perimetrale costituisce un bacino di accumulo delle acque piovane di oltre 800 mc, per cui non sarà necessario collegarlo con la rete scolante naturale. Il fondo in ghiaia infatti consente una adeguata dispersione delle acque accumulate.

A fronte dei potenziali impatti sulle acque sotterranee andrà inoltre prevista un'azione di protezione dinamica integrando il piano di monitoraggio quali-quantitativo delle acque profonde progettato per il collegamento autostradale. In particolare, si prevede di:

- utilizzare, per il monitoraggio della falda, i piezometri realizzati all'interno dell'area estrattiva;
- effettuare delle letture con cadenza almeno settimanale dei livelli idrici nei piezometri di cui al punto precedente;
- effettuare il prelievo nei piezometri tramite una pompa sommersa di dimensioni e caratteristiche tecniche (portata e prevalenza) idonee al sollevamento delle acque, con cadenza almeno semestrale (aprile-maggio e ottobre-novembre);
- prevedere analisi relative ai seguenti parametri:
 - *Temperatura acqua*



- *Alcalinità totale*
- *pH a 20° C*
- *Residuo fisso a 180° C*
- *Cond. elettr. Spec. K a 18°*
- *C Ossidabilità (Kubel)*
- *Calcio*
- *Magnesio*
- *Potassio*
- *Sodio*
- *Ferro totale*
- *Manganese*
- *Ammoniaca*
- *Nitriti*
- *Nitrati*
- *Solfati*
- *Cloruri*
- *Fosforo totale*
- *Rame*
- *Zinco*
- *Piombo*
- *Fluoruri*
- *Boro*
- *Cadmio*
- *Nichel*
- *Mercurio*
- *Cobalto*
- *Cromo*
- *Arsenico*
- *Tricloroetilene*
- *Tetracloroetilene*
- *Tetracloruro di carbonio*
- *Cloroformio*
- *Metilcloroformio*
- *Monobromodiclorometano*
- *Dibromoclorometano*



- *Potenziale Redox*
- *Bario*
- *Durezza totale*

- I valori di tutti i parametri analizzati, una volta validati saranno opportunamente confrontati con i limiti e con i criteri di classificazione previsti dalla normativa vigente, nonché vagliati e valutati, in corso d'opera, quanto al significato e alle implicazioni con le attività di cava.

4.7.1.3 Flora

Con il termine "mitigazioni", per un qualunque progetto, si intende, secondo la definizione classica, l'insieme degli interventi volti a limitare o annullare gli impatti previsti o prevedibili. Nel caso di una cava l'intervento di recupero fa parte integrante della fase progettuale alla stessa stregua degli aspetti connessi alla coltivazione. Il recupero infatti, nel caso delle cave, ha la funzione di restituire al contesto territoriale interessato una struttura ambientale che eviti l'effetto di degrado generato dall'attività estrattiva e che riproponga strutture ambientali in linea con le attese prefissate. Questo processo, di norma, si concretizza nella selezione dell'indirizzo di recupero, che nella maggior parte delle cave si traduce in recupero di tipo agricolo piuttosto che naturalistico, o come accade in molti casi in un insieme bilanciato delle due forme. Secondo questo approccio l'intero intervento di recupero si allinea quindi con la definizione di "compensazione ambientale", intesa come l'insieme delle attività connesse ad un progetto che tendono a restituire al territorio elementi di "qualità" persi a causa della realizzazione del progetto stesso o anche giudicati strategici in una logica di sviluppo e trasformazione, talvolta anche non riferibili alla sola attività in esame. Questa attività di compensazione ambientale si traduce quindi in azioni compensative, nel complesso destinate all'ambiente nella sua accezione più ampia, ma scomponibile in singole azioni rivolte a singole componenti ambientali.

Nel caso in esame non sono quindi individuabili vere e proprie azioni di mitigazione rivolte alla flora e alla vegetazione sia per l'assenza di impatti evidenti sulla componente nelle aree di intervento quanto nelle aree perimetrali o adiacenti al polo estrattivo. Sono invece evidenziabili azioni compensative che fanno riferimento a specifici aspetti del progetto di recupero, e che nel caso dell'ambito BG1 possono identificarsi con azioni rivolte esclusivamente al sistema naturale.

4.7.1.4 Fauna, ecosistemi e paesaggio

Anche per queste componenti valgono le considerazioni espresse per la vegetazione nel paragrafo precedente. Non sono quindi individuabili impatti significativi a carico della fauna, tuttavia le azioni di progetto, in particolare il recupero naturalistico dell'ambito estrattivo, andrà a qualificare la zona sotto il profilo dell'offerta di habitat di interesse per la fauna selvatica, sia dal punto di vista strutturale che trofico, ed inoltre andrà ad inserirsi nel paesaggio locale proponendo elementi a sostegno della rete ecologica locale mediante la creazione di un elemento sorgente di biodiversità cui raccordare i corridoi ecologici della zona. A tal proposito si ricorda che il progetto Rete Ecologia Regionale, parte integrante del PTR, individua in questa zona un varco strategico necessitante di interventi di deframmentazione.

Nel complesso quindi le azioni compensative possono essere riassunte con seguenti punti.

- Creazione di strutture ambientali naturali ad elevato valore faunistico
- Rappresentazione di comunità ad elevato indice di diversità e di ecotono
- Utilizzo di specie vegetazionali di interesse per la fauna selvatica
- Implementazione della struttura dei corridoi ecologici locali

L'esecuzione degli interventi di compensazione e riqualificazione vegetazionale contribuiranno quindi a elevare la vocazionalità faunistica della zona anche per specie assenti al momento attuale a causa dell'assenza dei requisiti minimi in termini di dotazione e struttura ambientali, nonché a migliorare la struttura ambientale utile alla fauna terrestre per gli spostamenti in aree frammentate.

Quale azione di monitoraggio per le componenti trattate andrà effettuata la verifica della corretta esecuzione degli interventi di recupero sia al momento della loro esecuzione che al termine delle azioni di manutenzione



per la componente vegetazionale. Inoltre, data la specificità della struttura, andrà previsto il monitoraggio nella frequentazione, anche a scopo riproduttivo, delle isole galleggianti.

4.7.1.5 Rumore

Le seguenti disposizioni sono da intendersi come interventi di mitigazione degli impatti connessi al rumore in fase di esercizio della cava.

- Salvo casi particolari, per una maggiore accettabilità da parte dei cittadini di valori di pressione sonora elevati, la pianificazione delle attività dovrà accordare la preferenza per le lavorazioni nel periodo diurno evitando, preferibilmente, le ore di maggiore quiete o destinate al riposo.
- Dovranno essere impiegate macchine e attrezzature che rispettino i limiti d'emissione sonora previsti, per la messa in commercio, dalla normativa vigente nazionale e comunitaria. L'utilizzo di macchine per il movimento della terra ed operatrici gommate dovrà essere privilegiato piuttosto che quello di mezzi cingolati, con potenza minima appropriata al tipo di intervento; dovrà inoltre essere valutata l'installazione, se già non prevista e in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi.
- Si dovranno imporre direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi. L'uso scorretto degli avvisatori acustici deve essere vietato, sostituendoli compatibilmente con il mantenimento delle condizioni di sicurezza dei lavoratori, con avvisatori luminosi.
- Su tutto il perimetro dell'area di cava verranno realizzate dune utilizzando i materiali del suolo vegetale e del cappellaccio

4.7.1.6 Aria

Le mitigazioni previste e prescritte sono le seguenti:

- Per ciò che concerne le emissioni autoveicolari dovranno essere effettuati periodici controlli degli scarichi, assicurandosi che siano conformi alle indicazioni normative vigenti.
- dovrà essere privilegiato l'utilizzo di carburanti a minimo contenuto di zolfo
- dovrà essere evitato, compatibilmente con le condizioni di sicurezza dei lavoratori, lo stazionamento di mezzi a motore acceso.
- dovrà essere verificato lo stato di umidità dei cumuli di materiale scavato e/o lavorato depositati in cumuli. In caso di periodi di perdurante siccità dovrà essere verificata l'eventuale necessità di provvedere ad una costante bagnatura dei cumuli del materiale stoccati.
- per limitare il sollevamento di polveri e materiali fini si dovrà evitare di movimentare materiale a bassa granulometria con livelli di umidità particolarmente bassi; in tal caso sarà necessario provvedere ad attività di innaffiamento.
- sulle piste non consolidate, interne all'area di cava, sarà necessario, nei periodi siccitosi e comunque con scarsa umidità della superficie stradale, legare le polveri in modo adeguato mediante autocisterna a pressione o impianto d'irrigazione automatica
- La viabilità di collegamento tra la cava e la Strada Comunale verrà asfaltata;
- I mezzi utilizzati per il trasporto delle terre di scavo e dei materiali per le opere di ripristino dovranno essere dotati di specifico telone di chiusura..
- sulle piste le velocità di percorrenza dei mezzi non dovranno superare i 20-25 Km/ora

4.7.1.7 Problematiche archeologiche

Prima dell'inizio dei lavori verrà contattata Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia; i lavori di scavo verranno pertanto effettuati alla presenza di personale esperto al fine di verificare che non sussistano emergenze archeologiche nell'area di cava.

4.7.2 Monitoraggi

Per quanto riguarda i monitoraggi si rimanda agli specifici documenti del Piano di Monitoraggio Ambientale



4.7.3 Principali misure di sicurezza

- Di seguito sono elencati i principali accorgimenti da mettere in atto al fine di garantire le condizioni di sicurezza dell'attività estrattiva:
 - Per evitare l'ingresso di persone non autorizzate o l'eventuale verificarsi di scarichi abusivi, il perimetro di cava sarà, preventivamente, delimitato con rete metallica alta 1,80 m, sormontata da un corso di filo spinato e sostenuta da ritti di ferro con basamento in calcestruzzo.
 - Gli accessi saranno attrezzati con cancelli metallici che rimarranno aperti solamente durante l'orario di attività del cantiere.
 - Lungo tutto il perimetro, gli scavi saranno segnalati con cartelli ammonitori disposti ad una distanza di 40 m l'uno dall'altro, come richiesto dal D.P.R. 128/1959.
 - I mezzi in transito all'interno della cava utilizzeranno piste di cantiere. La distanza tra la pista e il ciglio delle scarpate di scavo sarà di almeno 5 metri onde evitare che le vibrazioni trasmesse al terreno dagli automezzi in transito possano pregiudicare la stabilità dei fronti di cava e, conseguentemente, l'incolumità degli addetti ai lavori.
 - Il ciglio superiore dello scavo sarà sempre raggiungibile con mezzi meccanici cingolati o gommati.

4.8 Interventi di salvaguardia ambientale

4.8.1 Gestione e bonifica di eventuali sversamenti di sostanze contaminanti nell'area di cava

Le possibili fonti d'inquinamento da sostanze contaminanti che si potrebbero riscontrare nell'area di cava durante l'attività estrattiva in progetto sono rappresentate dagli svasamenti sul suolo di gasoli per autotrazione e/o sostanze oleose in genere.

Le cause innescanti potrebbero derivare esclusivamente da incidenti subiti dai mezzi di cava (autocarri e pale meccaniche) o da eventuali sversamenti durante le fasi di rifornimento.

Nel presente paragrafo sarà pertanto trattata la gestione delle misure di prevenzione, riparazione, messa in sicurezza d'emergenza e bonifica in caso di svasamenti accidentali di sostanze inquinanti durante le fasi di scavo.

4.8.2 Riferimenti normativi

- *Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152*: "Norme in materia ambientale"; con particolare riferimento alla PARTE QUARTA "Norme in materia di gestione dei rifiuti e bonifica dei siti inquinati", TITOLO V "Bonifica dei siti contaminati", che disciplina "gli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti contaminati e definisce le procedure, i criteri e le modalità per lo svolgimento delle operazioni necessarie per l'eliminazione delle sorgenti dell'inquinamento e comunque per la riduzione delle concentrazioni di sostanze inquinanti" (art. 239).
- D.G:R. 2838 del 27 giugno 2006 che approva le modalità applicative del Titolo V "Bonifica di siti contaminati" della parte quarta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"

4.8.3 Caratteristiche chimico - fisiche delle possibili sostanze inquinanti

Il gasolio per autotrazione è costituito da una miscela di idrocarburi paraffinici e aromatici che distillano tra 150°C e 400°C, viscosità a 40°C tra 2,0 e 4,5 mm²/s. E' caratterizzato da un alto numero di cetano e basso tenore di zolfo (0,05%) e, in particolare, da un intervallo di distillazione che prevede anche un limite al 95%; risulta tossico per gli organismi acquatici in quantità di 10-100 mg/l e può provocare, a lungo termine, effetti negativi per l'ambiente acquatico in quanto scarsamente biodegradabile.

Gli oli lubrificanti sono a base di paraffina, insolubili in acqua, scarsamente biodegradabili; contengono additivi detergenti-disperdenti, antiruggine, antiusura e polimeri idrocarburici, senza ingredienti pericolosi



(art. n. 3, Direttiva CEE 379/88). Non è specificata la presenza di policlorobifenili, mentre è indicata l'assenza del benzene e delle ammine aromatiche. Dunque, non risulta presente alcuna sostanza in concentrazione tale da costituire un elemento pericoloso.

4.8.4 Procedure amministrative

Al verificarsi dell'evento di cui al primo comma dell' art. 242 del d.Lgs.152/2006, il responsabile dell'inquinamento trasmette la comunicazione di cui all'art. 304, comma 2 del d.Lgs 152/2006 alla Provincia, al Comune, al dipartimento regionale dell'ARPA competente per territorio e al Prefetto.

In caso di superamento della concentrazione di soglia di contaminazione (CSC), accertata dall'indagine preliminare condotta sull'area, il responsabile dell'inquinamento trasmette la descrizione delle misure di prevenzione e di messa in sicurezza di emergenza adottate, al Comune, alla Provincia, al dipartimento dell'ARPA regionale competente per territorio.

In tal caso, il responsabile dell'inquinamento trasmette entro 30 giorni al Comune, alla Provincia ed al Dipartimento ARPA regionale, competente per territorio, il piano della caratterizzazione, che viene trasmesso anche all'Unità Organizzativa competente della Regione.

La stessa procedura si applica per i siti di ridotte dimensioni, per i quali viene applicata la procedura semplificata.

Nel caso, invece, di non superamento della CSC, il responsabile dell'inquinamento trasmette al Comune, alla Provincia e al dipartimento regionale dell'ARPA competente per territorio, l'autocertificazione, relativa al ripristino della zona contaminata, con allegata la relazione tecnica contenente la descrizione delle misure di prevenzione adottate e delle indagini preliminari effettuate, corredata dai relativi referti chimico-analitici.

Ai fini dello snellimento delle procedure di verifica e di controllo da parte della Provincia e dell'ARPA regionale competente per territorio, le analisi sulle matrici ambientali interessate dall'evento, nell'ambito delle indagini preliminari, possono essere effettuate in contraddittorio con il dipartimento dell'ARPA, anche in accordo con il Comune territorialmente competente.

Ai fini dell'esecuzione delle attività di verifica e di controllo da parte della Provincia e dell'ARPA regionale competente per territorio, il termine di 15 gg. prescritto dalla norma statale può essere sospeso dagli Enti di controllo, qualora gli stessi ravvisino la necessità di disporre di ulteriori riscontri chimico-analitici o per effettuare accertamenti in campo per le predette attività di controllo.

4.8.5 Interventi di messa in sicurezza d'emergenza

E' definito "messa in sicurezza d'emergenza" ogni intervento immediato o comunque a breve termine, da eseguire nelle condizioni di emergenza in caso di eventi di contaminazione repentini di qualsiasi natura, atto a contenere la diffusione delle sorgenti primarie di contaminazione, impedirne il contatto con altre matrici presenti nel sito e a rimuoverle, in attesa di eventuali ulteriori interventi di bonifica o messa in sicurezza operativa o permanente (art. 240, D. Lgs. 152/2006).

Al fine di evitare possibili inquinamenti del sito a causa di eventuali sversamenti, ci si doterà di un piano di gestione e di interventi di messa in sicurezza e di un piano di gestione di immediata bonifica.

In particolare sarà considerato un unico scenario consistente in sversamenti di sostanze inquinanti sul terreno:

Sversamenti sul terreno

Le procedure di recupero e messa in sicurezza da operarsi sono di seguito elencate:

- 1) immediata comunicazione da parte del responsabile dell'inquinamento al comune e alla provincia competenti per il territorio;
- 2) allontanamento e messa in sicurezza dei mezzi interessati;



3) perimetrazione dell'area inquinata;

4) aspirazione del liquido in sospensione nel substrato mediante autospurghi; scavo e rimozione, da parte degli stessi mezzi operanti in cantiere, e successivo riempimento dell'escavazione con materiale pulito. Nel caso di fuoriuscita d'inquinanti ricadenti nella categoria L.N.A.P.L. (Light Non Aqueous Phase Liquids), ossia di inquinanti che presentano una densità minore dell'acqua (benzine, gasoli, oli e così via), si procederà repentinamente a cospargere l'area interessata con sostanze oleoassorbenti. La polvere oleoassorbente impregnata d'olio, verrà immediatamente raccolta e allontanata dal sito per essere poi trasportata ad un impianto certificato che provvederà ad attuare il trattamento decontaminante. Considerando che mediamente i serbatoi di carburante presenti nei mezzi d'opera ne contengono 200 lt, si prevede di tenere a disposizione, per sopperire a tali necessità, prodotti oleoassorbenti in polveri/e o granuli pari all'incirca a 70 kg.

Sversamenti in falda

Nel caso di sversamento, diretto o conseguente ad uno sversamento al suolo, di carburante e oli nelle acque dei laghi di cava sarà necessario delimitare e recuperare al più presto il prodotto surnatante contaminante. Solamente in un secondo momento si potrà provvedere alla bonifica vera e propria, ossia al recupero dell'elemento inquinante sversato accidentalmente nel lago.

Le operazioni di primo intervento e messa in sicurezza sono di seguito elencate:

1. immediata comunicazione di inquinamento da parte del responsabile dell'inquinamento al comune e alla provincia competenti per il territorio;
2. allontanamento e messa in sicurezza dei mezzi interessati;
3. perimetrazione dell'area inquinata attraverso il posizionamento in acqua dei salsicciotti (barriere) galleggianti in grado di contenere, impedendone la propagazione, l'inquinante in superficie, garantendo in tal modo anche la messa in sicurezza il resto del bacino.

Una volta attuate le suddette misure di prevenzione il responsabile dell'inquinamento è tenuto a svolgere, nelle zone interessate dalla contaminazione, un'indagine preliminare sui parametri oggetto dell'inquinamento (art. 242 D. Lgs. 152/2006) e seguire le previste procedure amministrative in caso di superamento o meno della concentrazione di soglia di contaminazione (CSC).

4.8.6 Interventi di bonifica

La bonifica di un sito consiste "nell'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti d'inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle stesse presenti nel suolo, nel sottosuolo [...] ad un livello uguale o inferiore ai valori delle concentrazioni soglia di rischio" (art. 240, lettera p, D.Lgs. 142/2006).

Bonifica di sversamenti sul terreno

Nel caso di sversamenti accidentali delle sostanze inquinanti prese in considerazione (idrocarburi e oli), si procederà con intervento di bonifica, rappresentato da scavo e rimozione da parte degli stessi mezzi operanti in cantiere, del terreno impregnato e successivo riempimento dell'escavazione con materiale pulito. Il terreno contaminato dovrà essere quindi stoccato in sito mediante teli impermeabili in un rilevato di forma trapezoidale, in vista di un successivo smaltimento ad idoneo sito (impianto di trattamento o discarica) tramite le tecniche on/off-site.

Le modalità di scavo, trasporto e smaltimento di suoli contaminati dipendono dalla profondità di contaminazione, dalla natura e dallo stato dei contaminanti e dalla loro pericolosità dal punto di vista sanitario e ambientale.

Gli interventi di bonifica dei terreni contaminati, come sopra accennato, sono classificabili in due principali categorie:

- 1) Trattamenti ON-SITE:** consistono nell'estrazione del terreno inquinato e nel trattamento dello stesso



in un impianto mobile o semimobile trasportabile in loco;

- 2) Trattamenti OFF-SITE:** consistono nell'estrazione del terreno inquinato e nel trattamento dello stesso in un impianto autorizzato altrove;

A queste categoria si aggiungono i **Trattamenti IN-SITU** attuati nel caso in cui il terreno inquinato sia trattato direttamente sul posto, senza cioè essere scavato. Questo tipo di trattamento si addice a tutti quei casi in cui l'escavazione comporti grosse difficoltà tecniche e/o economiche.

Bonifica di sversamenti nelle acque

Una volta impedita la propagazione dell'inquinante in superficie si provvederà alla bonifica vera e propria, ovvero al recupero del carburante sversato accidentalmente nel lago.

Le tecniche di bonifica prevedono tre tipologie di intervento differenti:

1. aspirazione in autocisterna dell'olio surnatante sulla superficie del lago con successivo invio del materiale ad un idoneo impianto di decontaminazione esterno all'area di cava;
2. ricorso a prodotti oleoassorbenti, sotto forma di granuli e polveri, che consentono l'assorbimento di oli, grassi, benzina, gasolio, vernici e prodotti chimici presenti in acqua; l'inquinante sversato in acqua, con queste tecniche, è assorbito in grossi grumi facilmente recuperabili. Questo metodo di bonifica è molto efficace, in quanto con 8 kg di granuli si possono assorbire e recuperare fino a 30-80 kg di liquido inquinante in acqua. Alcuni di questi prodotti assorbenti sono a base di torba ed organici al 100%, che vengono utilizzati per applicazioni di bonifica del suolo o delle acque in casi di sversamenti e rilasci accidentali di derivati del petrolio. Si trovano sciolti, sotto forma di "calze" (socks), cuscini, barriere e come kit di pronto intervento. Detti prodotti sono, infine, non sono offensivi per flora e fauna in quanto non contengono materiali chimici aggressivi e possono essere normalmente smaltiti in discarica.
3. utilizzo di teli assorbenti in fibra di polipropilene, cuscini, anch'essi in grado di assorbire oli, grassi, benzina, gasolio, vernici in acqua.

Il prodotto oleoassorbente una volta utilizzato nel sito inquinato deve essere raccolto e separato dalla eventuale frazione terrosa, quindi insaccato in bags e/o messo in containers a tenuta stagna e smaltito presso appositi siti che ne prevedano la messa in discarica o la rigenerazione.

5 PROGETTO DI RECUPERO

5.1 Criteri di recupero

Il progetto di recupero è stato redatto tenendo conto sia degli aspetti territoriali relativi ai previsti utilizzi del suolo, sia degli aspetti ecosistemici (con specifico riferimento alle connessioni con le reti ecologiche circostanti). Esso ha come finalità specifiche la riqualificazione naturalistica dell'area oggetto d'intervento estrattivo.

Considerato che la cava è di fatto la prosecuzione dell'esistente, le modalità di recupero naturalistico devono necessariamente conformarsi a quanto già progettato ed in parte realizzato nella cava autorizzata.

Per quanto concerne la tipologia, le azioni di recupero previste, data la soggiacenza della falda e le caratteristiche ambientali del contesto territoriale, sono indirizzate alla creazione di ambienti umidi con digressione dai boschi meso-igrofilo sino alle tipiche comunità di canneto e lamineto.

La sistemazione dell'area di cava sarà articolata in 2 fasi distinte:

- *recupero morfologico:* consisterà nel modellamento fisico del nuovo piano campagna, nel riporto e il livellamento del suolo agrario risagomando scarpate e fasce di rispetto;



- *riqualificazione naturalistica*: ovvero, quella serie di interventi necessari per ottenere il reinserimento paesistico dell'area, in particolare, impianto di nuove fasce di vegetazione arboreo arbustiva sulle scarpate e nelle aree di rispetto.

Il progetto prevede anche la fase temporale nella quale dovrà essere garantita la buona riuscita dei lavori di recupero ambientale mediante interventi di prima manutenzione o tendenti ad eliminare eventuali problemi sorti nei primi tempi successivi alla realizzazione delle opere di recupero.

5.2 Recupero morfologico

Il progetto di recupero morfologico, di seguito descritto, è stato rappresentato cartograficamente in Tav. A20211DE2P7SA0000002A - Planimetria di recupero morfologico, Tav. A20211DE2WZSA0000003A - Sezioni di recupero morfologico, Tav. A20211DE2DZSA0000002A - Fasi di recupero, Tav. A20211DE2W7SA0000001A - Sezioni riepilogative in scala non modificata e Tav. A20211DE2WZSA0000004A - Sezioni tipo delle scarpate ⁴.

Come si osserva in tali elaborati, la morfologia di recupero sarà mantenuta molto simile a quella di scavo. Le scarpate avranno, infatti, la stessa pendenza:

- pari a 1:4 (15°), lungo tutto il perimetro di cava fino a 110,2 m s.l.m., corrispondenti alla batimetria di - 1.0 rispetto al minimo livello idrico definito nel paragrafo 2.7.3
- pari a 1:2 (27°) alle profondità maggiori.

Sempre alla quota di 110,2 m, s.l.m sarà presente un gradone sommerso con pedata della larghezza di 2,0 m.

Ciò consentirà un'ottimale progressione fra stadi seriali della successione ecologica; in particolare, in quelle aree di maggior interesse sotto il profilo ecosistemico e della produttività (cfr. *paragrafo 5.4*).

Sulle scarpate soprafalda verrà steso il suolo agrario, per uno spessore medio pari a 0,50 m, sino a raccordarsi con il profilo di scavo. Il suolo agrario, precedentemente accumulato, andrà quindi a formare lo strato di terreno vegetale necessario all'impianto delle comunità di progetto.

Nel corso delle operazioni di stesura del suolo agrario verrà utilizzata n° 1 ruspa, adibita alla movimentazione e livellamento del terreno.

All'atto della stesura del vegetale, previa verifica delle sue condizioni chimico-fisiche, potranno essere apportate le opportune correzioni, con composti di origine organica.

Il volume complessivo di terreno agricolo necessario per ricoprire le scarpate assomma a 15.183 m³, contro un volume disponibile, derivante dagli scavi di 41.652 m³. Il restante volume di terreno inutilizzato per il recupero della cava verrà destinato ad altri interventi di mitigazione ambientale sempre nell'ambito dell'asse ferroviario, nel rispetto della normativa vigente.

5.3 Verifiche di stabilità delle scarpate di recupero

Al fine di verificare la stabilità delle scarpate finali di recupero è stato utilizzato un apposito programma di calcolo, analogamente a quanto effettuato per le scarpate di scavo (cfr. *paragrafo 0*).

Considerato che le scarpate di recupero risultano definitive si è ritenuto necessario verificarle anche in condizioni sismiche.

Come si può osservare nell'elaborato A20211DE2CLSA0000001A - Verifiche stabilità scarpate, secondo i calcoli effettuati, i fattori di sicurezza minimi sono risultati essere sempre superiori al limite di 1,1 richiesto

⁴ cfr. nota 1 considerando che la Tav. A20211DE2WZSA0000003A sostituisce la Tav. A20211DE2WZSA0000002A.



dalla normativa vigente. Ne consegue che la stabilità delle scarpate di recupero, come indicate in progetto, risulta verificata.

In Fig. 14 è riportata l'immagine di una sezione alla verifica, con rappresentato il cerchio di scivolamento a minor coefficiente di sicurezza.

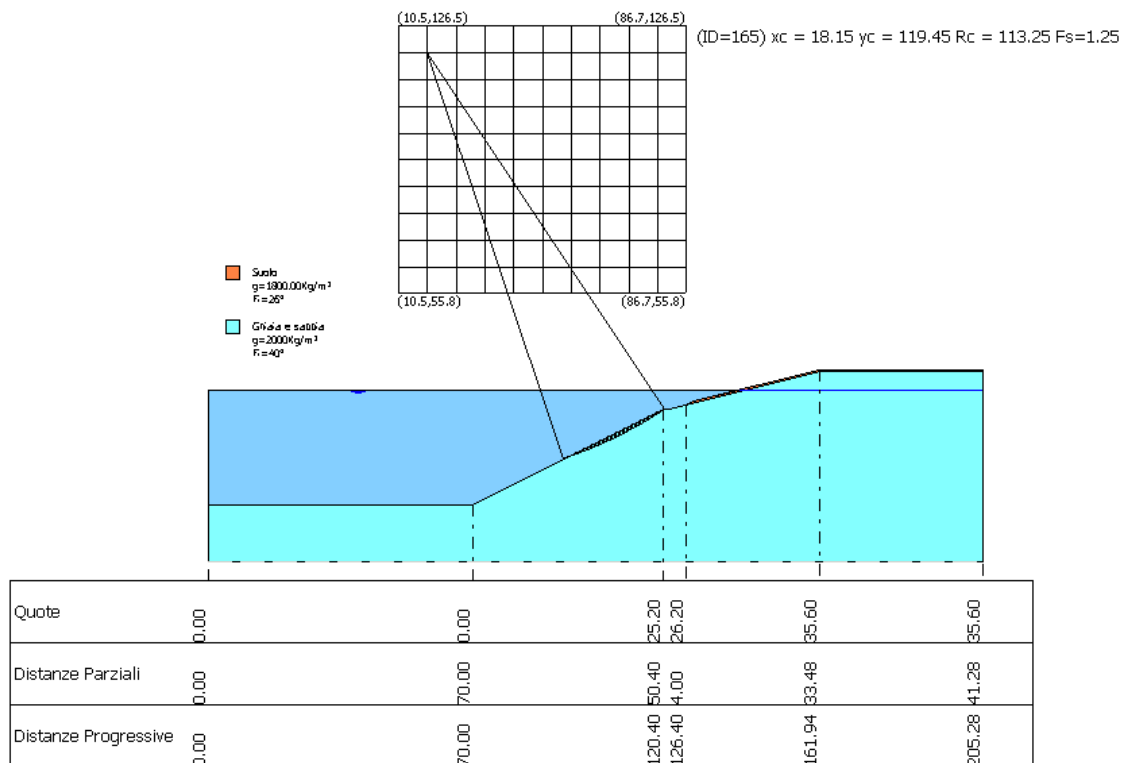


Fig. 14 – Verifica di stabilità delle scarpate di recupero

5.4 Recupero ambientale

Le cave sottofalda consentono l'esecuzione di interventi di recupero di tipo naturalistico con rappresentazione sia di comunità emerse, come pure sommerse. Di fatto però il bilanciamento delle singole comunità dipende in modo prevalente da aspetti tecnici propri delle fasi di coltivazione. In particolare i due elementi che incidono maggiormente sulle possibilità di recupero sono la superficie investita e il volume totale estraibile. In particolare il rapporto (area/volume) fra questi due valori fornisce un indicatore privilegiato circa le possibilità di rappresentazione di singoli stadi evolutivi della successione ecologica. Valori elevati di tale rapporto risultano ottimali, valori ridotti invece denotano scarse possibilità di conferire all'ambiente caratteri strutturali adatti a magnificare l'obiettivo naturalistico del recupero. In questi casi è quindi opportuno adottare soluzioni particolari utili a elevare il valore naturalistico finale.

Sulla base di queste considerazioni sono anzitutto stati fissati gli obiettivi strategici del recupero della cava che pertanto possono essere espressi mediante la presentazione dei criteri ecologici adottati, ovvero:

- Tutela morfologica e vegetazionale delle aree di margine e della loro vegetazione spontanea
- Ricerca di variazioni di gradiente minime e continue, in particolare riferiti al parametro altimetria
- Ricerca di elevati valori dell'indice di ecotono
- Ricerca di elevati livelli di complessità e diversità ambientale
- Creazione e potenziamento di corridoi ecologici
- Creazione di ambienti unici e continui piuttosto che frammentati



- Modellizzazione ottimale per lo sviluppo di possibilità fruttive compatibili con le finalità del recupero

Riqualificazione strutturale del biotopo

La superficie totale interessata dal progetto di recupero, è pari a 9.77 ha. Dal punto di vista strettamente morfologico il recupero previsto sarà a quota ribassata rispetto al piano campagna attuale e sottofalda.

Per quanto concerne la tipologia esso sarà sostanzialmente naturalistico con creazione di zone umide.

Secondo una filosofia ormai ampiamente affermata circa le modalità di coltivazione e recupero la scelta operata in fase progettuale prevede la coltivazione della cava secondo modalità in grado di garantire, al termine della fase estrattiva, l'ottenimento di una struttura già adeguata alle caratteristiche del recupero selezionato, che in questo caso è di esclusivo tipo naturalistico.

Come già indicato, la struttura ambientale è legata ad uno specifico parametro tecnico dato dal rapporto fra superficie interessata e volume. Nel caso in esame tale valore consente sia la rappresentazione di un' ampia zona umida come pure di ottenere pendenze, nelle zone di maggior significato naturalistico, ± 1 m dal livello medio primaverile della falda qui utilizzato come valore di riferimento per l'analisi spaziale delle comunità (LIR livello idrico di riferimento), adeguate a consentire, a seguito di variazioni edafiche non prevedibili, la traslazione della comunità igrofile senza perdita della superficie interessata dalla stessa. La medesima situazione non sarebbe rappresentabile con pendenza elevate.

Nel complesso quindi verranno a costituirsi i seguenti ambienti:

- Fasce di rispetto – Zone in piano non interessate da interventi di escavazione
- Scarpate emerse – Zone con pendenza di 15° sino al LIR
- Scarpate sommerse – Zone con pendenza di 15° dal LIR sino alla batimetria di -1 m
- Banca sommersa – Zone in piano ad una profondità di 1 metro
- Scarpate sommerse – Zone con pendenza di 27° dalla batimetria di -1 m al fondo cava

Lo schema successivo, non in linea con le pendenze di progetto per motivi di tipo grafico, esemplifica la struttura generale del biotopo:

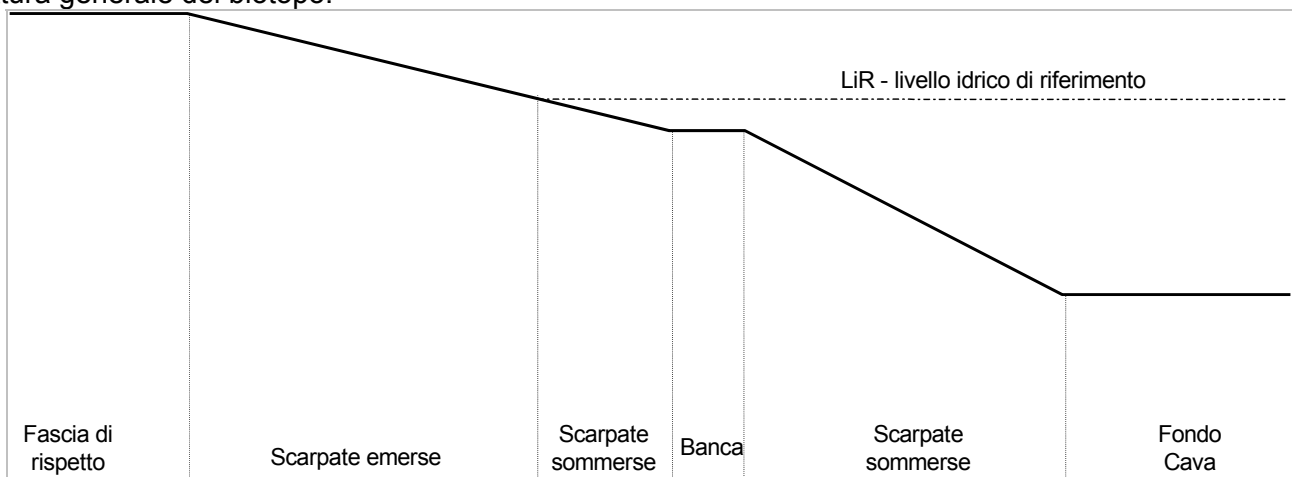


Fig. 15 – Sezione profilo di scavo e recupero

Sulle scarpate soprafalda verrà steso il suolo agrario, per uno spessore medio pari a 0.50 m, sino a raccordarsi con il profilo di scavo. Il suolo agrario precedentemente accumulato andrà quindi a formare lo strato di terreno vegetale necessario all'impianto delle comunità di progetto.

Interventi di riqualificazione naturalistica



La struttura spaziale delle comunità di progetto dipende in modo diretto dalla serie di interventi programmati. Per tale motivo prima di entrare nel merito della struttura delle comunità è bene descrivere in dettaglio le operazioni che andranno eseguite sulle singole parcelle.

Di fatto la cava si compone per sua natura di zone soggette ad escavazione, altre soggette invece a soli interventi di recupero, che in alcuni casi si caratterizzano attraverso un rimodellamento con il riporto del terreno vegetale e un successivo intervento di riqualificazione vegetazionale, in altri casi invece solo tramite interventi di riqualificazione vegetazionale.

La tabella successiva evidenzia le tipologie ambientali sviluppate così come proposte nella planimetria di recupero ambientale con l'articolazione degli interventi da eseguire, le superfici assolute e relative.

Tipo ambientale	Interventi di coltivazione	Interventi di recupero	Sup. ha	Sup %
Comunità forestali meso - igrofile	parziale	riforestazione	2.73	27.9
Comunità arbustive igrofile	totale	riforestazione	1.14	11.7
Praterie igrofile	totale	inerbimento	0.90	9.2
Comunità di canneto	totale	vegetazionale	0.53	5.4
Comunità di lamineto	totale	vegetazionale	0.30	3.1
Acque libere	totale	nessuno	4.18	42.7

Tab. 12 - Comunità di progetto ed interventi di coltivazione e recupero

Interventi di preparazione del suolo di impianto

Nelle aree pianeggianti e facilmente lavorabili gli interventi inizieranno con azioni preventive di sistemazione e preparazione del suolo che comporteranno:

- Livellatura del terreno con trattore da 75 – 100 HP.
- Scarificazione o rippatura con trattore da 75 – 100 HP sino ad una profondità di 70 cm.
- Spargimento del concime di fondo con spandiconcime azionato da trattore.
- Aratura leggera eseguita con trattore da 75 – 100 HP sino ad una profondità di 40 cm.
- Fresatura incrociata con trattore da 100 – 120 HP.

In tal modo verrà a consolidarsi una superficie d'impianto omogenea e con caratteristiche di lavorabilità ottimali.

Gli interventi descritti interesseranno le aree emerse soggette ad impianto di entità arboreo arbustive e quindi saranno estesi ad una superficie di 6,14 ettari.

Selezione e collocazione del materiale vegetale

Sia la scelta delle specie da utilizzare che le modalità di impianto sono state operate sulla base di diversi fattori, fra i quali i principali sono dati da:

- Natura del suolo dopo l'esecuzione degli interventi di riqualificazione morfologica
- Possibilità di esecuzione di interventi di manutenzione
- Caratteristiche edafiche locali
- Fascia fitoclimatica interessata

Altri criteri di selezione delle specie sono stati i seguenti:

- utilizzo di specie con ampia valenza quali consolidatrici;
- utilizzo di specie di interesse per la fauna;
- utilizzo di specie ad ampia valenza paesaggistica.



Le differenti zone di intervento sia per le caratteristiche di morfologia che di lavorabilità prevedono l'utilizzo di specie diverse o quantomeno l'applicazione di percentuali diverse delle varie specie.

La tabella successiva chiarisce sia gli elenchi delle specie, che le loro percentuali ed infine le zone di collocazione di ciascuna di esse.

zone	Alto fusto	Medio fusto	Arbusti
<i>Percentuale sul tipo e specie selezionata</i>			
Boschi meso igrofili	8% Farnia, 6% Rovere 6% Carpino bianco, 6% Acero campestre, 6% Ciliegio. 8% Pioppo bianco 6% Pioppo nero 6% Salice bianco 8% Tiglio	10% Ontano nero, 10% Olmo campestre.	2% Prugnolo, 4% Biancospino monogyna, 2% Sanguinello, 2% Nocciolo, 2% Ligustro, 2% Sambuco nero, 2% Fusaggine 2% Pallon di Maggio 2% Frangola
Arbusteti igrofili			10% Salice grigio, 20% Biancospino monogyna, 10% Sanguinello, 20% Pallon di maggio, 10% Ligustro, 10% Sambuco nero, 10% Frangola 10% Sorbo

Tab. 13 – Percentuali di applicazione per ciascuna comunità

Il materiale vegetale arboreo e arbustivo selezionato avrà le seguenti caratteristiche tecniche:

Nome Italiano	Nome scientifico	Caratteristiche	Altezza media In cm.	ecotipo
Pioppo bianco	<i>Populus alba</i>	Astoni	200	Pianura lombarda
Pioppo nero	<i>Populus nigra</i>	Astoni	200	Pianura lombarda
Farnia	<i>Quercus robur</i>	Vaso	60 – 70	Pianura lombarda
Rovere	<i>Quercus petraea</i>	Vaso	60 – 70	Pianura lombarda
Tiglio	<i>Tilia cordata</i>	Vaso	60 – 70	Pianura lombarda
Olmo campestre	<i>Ulmus minor</i>	Vaso	60 – 70	Pianura lombarda
Acero campestre	<i>Acer campestre</i>	Vaso	60 – 70	Pianura lombarda
Carpino bianco	<i>Carpinus betulus</i>	Vaso	60 – 70	Pianura lombarda
Ciliegio	<i>Prunus avium</i>	Vaso	60 – 70	Pianura lombarda
Ontano nero	<i>Alnus glutinosa</i>	Vaso	60 – 70	Pianura lombarda
Salice bianco	<i>Salix alba</i>	Astoni	150	Pianura lombarda
Frangola	<i>Frangula alnus</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Sorbo	<i>Sorbus domestica</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Salice grigio	<i>Salix cinerea</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Pallon di maggio	<i>Viburnum opulus</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Prugnolo	<i>Prunus spinosa</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Biancospino	<i>Crataegus monogyna</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Ligustro	<i>Ligustrum vulgare</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Sanguinello	<i>Cornus sanguinea</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Sambuco nero	<i>Sambucus nigra</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda



Nome Italiano	Nome scientifico	Caratteristiche	Altezza media In cm.	ecotipo
Nocciolo	<i>Corylus avellana</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda
Fusaggine	<i>Euonimus aeuropaeus</i>	Vaso	50 - 60	Pianura lombarda

Tab. 14 - Specie e caratteristiche tecniche

Le sementi per l'inerbimento e le piantine da piantare saranno certificate conformemente alle disposizioni vigenti in materia, di seguito citate:

- DM 22 DICEMBRE 1993 "Misure di protezione contro l'introduzione e la diffusione nel territorio della Repubblica Italiana di organismi nocivi ai vegetali e/o ai prodotti vegetali";
- DPR 12 agosto 1975 n. 974 "Norme per la protezione delle nuove varietà vegetali, in attuazione della delega di cui alla legge 16 luglio 1974, n. 722;
- Legge 22 maggio 1973, n. 269 "Disciplina della produzione e del commercio di sementi e piante da rimboschimento".

Il postime sarà di età 1/2 anni, con fusto regolare, chioma equilibrata e ben conformata esente da malattie, attacchi parassitari, ferite, scortecciature, strozzature da legature, e quant'altro possa alterarne lo sviluppo.

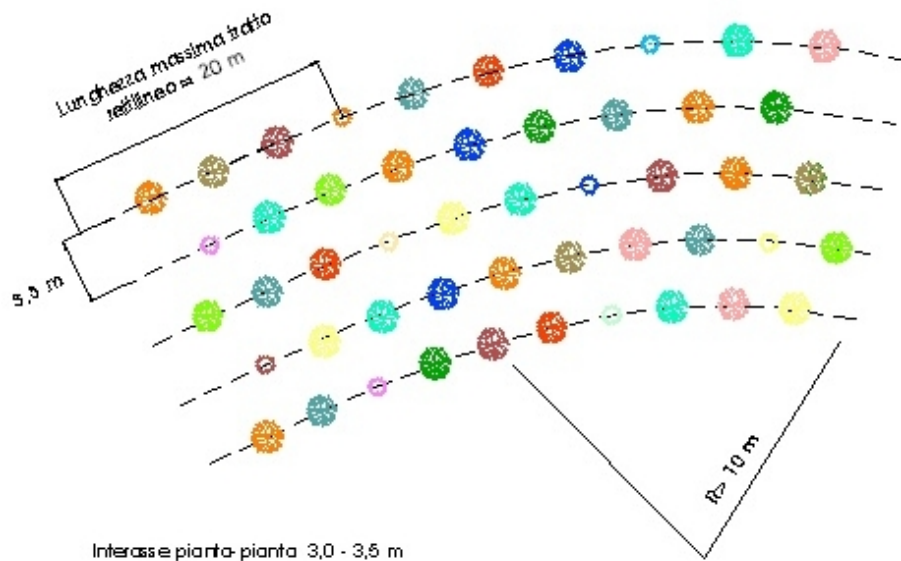
Le singole piante verranno dotate di:

- cannetta segnaposto,
- shelter protettivo al fine di prevenire danni da fauna selvatica
- apposita struttura pacciamante.
- In questo ultimo caso la scelta è caduta su appositi dischi in cartone (Cartonmulch) biodegradabili, con tempo di deperimento di circa 2 anni e diametro di 50 cm.

Sesti e distanze di impianto

Nelle aree oggetto di impianto ove sia possibile costituire più file verrà mantenuto fra le file un sesto regolare di 3,50 m che consente la comoda esecuzione degli interventi di manutenzione. Tuttavia nella costituzione delle file verrà seguito il profilo di progetto della comunità in modo da evitare la proposizione di lunghi tratti rettilinei. Sulla singola fila invece verranno mantenute distanze fra due entità successive mediamente di 3 – 3,50 metri, senza tuttavia mantenere una particolare regolarità spaziale. Ciò permetterà, almeno da una visuale rispetto al limite di cava, di dissimulare la naturale scompostezza della formazione.

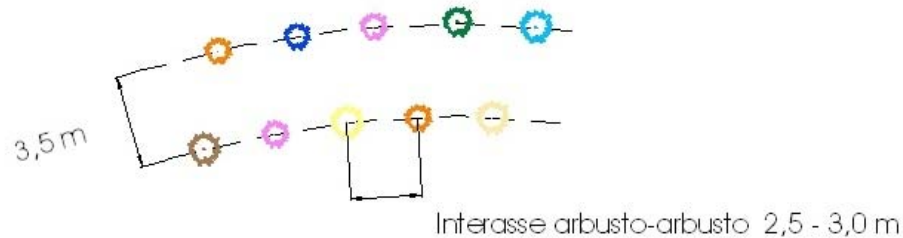
Il sesto, sopradescritto e raffigurato in Fig. 16, corrisponde ad una densità di 880 piante per ettaro.



Nome comune	Nome latino	% Tipo	% specie	Numero	simbolo
Alberi alto fusto	Alberi alto fusto	60			
Farnia	<i>Quercus robur</i>		8	4	
Rovere	<i>Quercus petraea</i>		8	3	
Carpino bianco	<i>Carpinus betulus</i>		8	3	
Acer campestre	<i>Acer campestre</i>		8	3	
Cilegio	<i>Prunus avium</i>		8	3	
Pioppo bianco	<i>Populus alba</i>		8	4	
Pioppo nero	<i>Populus nigra</i>		8	3	
Salice bianco	<i>Salix alba</i>		8	3	
Tiglio	<i>Lilium coralyza</i>		8	4	
Alberi medio fusto	Alberi medio fusto	20			
Olmo minore	<i>Ulmus minor</i>		10	6	
Ontano nero	<i>Alnus glutinosa</i>		10	6	
totale alberi				40	
Arbusti	Arbusti	20			
Rugnolo	<i>Prunus spinosa</i>		2	1	
Biancospino monogyna	<i>Crataegus monogyna</i>		4	2	
Sanguinello	<i>Cornus sanguinea</i>		2	1	
Nocciolo	<i>Corylus avellana</i>		2	1	
Ligustro	<i>Ligustrum vulgare</i>		2	1	
Sambuco nero	<i>Sambucus nigra</i>		2	1	
Fusaggine	<i>Baccharis europaeus</i>		2	1	
Palton di maggio	<i>Viburnum opulus</i>		2	1	
Frangola	<i>Prangula alnus</i>		2	1	
totale arbusti				10	

Fig. 16 – Sesto d'impianto per boschi meso-igrofilii

Per quanto concerne gli arbusteti lo schema costruttivo sarà analogo solo che la distanza fra due entità sulla medesima fila dovrà essere mediamente di 2,50 – 3,00 m (cfr. Fig. 17).
In questo caso la densità di piante per ettaro diventa pari 1040.



Nome comune	Nome latino	% Tipo	% Specie	Numero	Simbolo
Arbusti	Arbusti	100			
Salice grigio	<i>Salix cinerea</i>		10	1	
Biancospino monogyna	<i>Crataegus monogyna</i>		20	2	
Sanguinello	<i>Cornus sanguinea</i>		10	1	
Pallon di maggio	<i>Viburnum opulus</i>		20	2	
Ligustro	<i>Ligustrum vulgare</i>		10	1	
Sambuco nero	<i>Sambucus nigra</i>		10	1	
Frangola	<i>Frangula alnus</i>		10	1	
Sorbo	<i>Sorbus domestica</i>		10	1	
<i>totale arbusti</i>				10	

Fig. 17 – Sesto d'impianto per arbusteti igrofilii

Creazione di praterie igrofile

In queste aree sia al fine di conferire un aspetto più naturale che di promuovere aspetti legati all'incremento della vocazionalità faunistica si utilizzerà per la semina il fiorume dei prati stabili della zona, da seminarsi a spaglio. Non è quindi preventivabile una percentuale d'applicazione per ciascuna specie. Tuttavia in caso di impossibilità di reperimento del fiorume di sfalcio è stato redatto un apposito elenco di specie tipiche dell'intero contesto geografico. Sono infatti state rilevate ben 14 specie comuni all'intero contesto che potranno fungere da guida per la costituzione di un apposito miscuglio sostitutivo del fiorume. Nella tabella successiva si riporta l'elenco di tali specie:

<i>Poa sylvicola</i>	<i>Trifolium repens</i>
<i>Poa pratensis</i>	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Lolium perenne</i>	<i>Festuca arundinacea</i>
<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Festuca pratensis</i>
<i>Ranunculus acris</i>	<i>Veronica arvensis</i>
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Lotus corniculatus</i>

Tab. 15 - Specie base sostitutive per l'inerbimento delle zone a prateria



Non vengono previsti interventi di inerbimento del suolo sulle aree oggetto di impianto date le attività di manutenzione programmate per le formazioni di progetto.

Nelle aree a prateria viene inoltre prevista la collocazione di due specie erbacee di particolare interesse per la conservazione di un piccolo lepidottero minacciato in tutto l'areale padano e compreso, dato lo stato di conservazione a livello europeo, nell'allegato II della Direttiva Habitat, ovvero *Lycaena dispar*.

Le due specie erbacee selezionate sono la salcerella (*Lythrum salicaria*) di interesse in quanto ha dimostrato di attirare sui suoi fiori rossastri gli individui adulti, e *Rumex hidrolapatum*, di interesse invece perché pianta nutrice dei bruchi. Salcerella e *Rumex* verranno collocate mediante raccolta preventiva dei semi e successiva semina a spaglio su parcelle (8) delimitate (circa 10 m² ciascuna).

Creazione di canneti e lamineti

Per la costituzione dei canneti viene prevista la collocazione di un numero ridotto di specie, a costituire la base vegetazionale sulla quale potranno in seguito affermarsi naturalmente altre specie per diffusione diretta dalle zone umide presenti nelle adiacenze di quella di intervento.

Le specie sono la cannuccia di palude (*Phragmites australis*) e la mazzasorda maggiore (*Typha latifolia*).

Per la costituzione dei nuclei di *Phragmites* verrà quindi utilizzata la tecnica della talea.

Questa comporta lo sfalcio primaverile dei culmi (lunghezza di circa 50 cm) in località attigue all'area di cava (es. fossati) che verranno adagiati nel fango della riva, inserendo la base del culmo per almeno 10 cm di profondità secondo le indicazioni delle "Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavoro di opere a verde del Ministero dell'Ambiente", viene programmata la posa di circa 30 culmi/10², da eseguirsi nell'aprile successivo allo scavo.

Da tali talee, destinate a seccare, si svilupperà nel giro di poche settimane prima la nuova radice quindi una nuova pianta. La mazzasorda verrà invece riportata a mezzo dei rizomi.

I rizomi verranno asportati con pala meccanica da aree prossime all'area di cava (fossati) assieme al loro pane di terra e adagiati in loco, in 15 nuclei separati fra loro e distribuiti lungo tutto il perimetro del lago di cava.

Per i lamineti le specie utilizzate saranno ninfea bianca (*Ninphaea alba*) e nannufaro (*Nuphar luteum*), entrambe verranno collocate utilizzando i rizomi raccolti in periodo tardo invernale.

Prelevati in aree attigue in periodo autunnale verranno tagliati in pezzi di circa 20 cm, ciascuno contenente una nuova gemma e ancorati al fango sulla banca sommersa a mezzo di un paletto di legno.

Viene prevista la collocazione di 15 nuclei ciascuno formato da 5 tranci lungo tutto il perimetro dell'area sommersa per ciascuna delle due specie.

La medesima figura proposta per visualizzare i profili di scavo viene ora riproposta per fornire un paragone circa la collocazione delle diverse comunità di progetto.

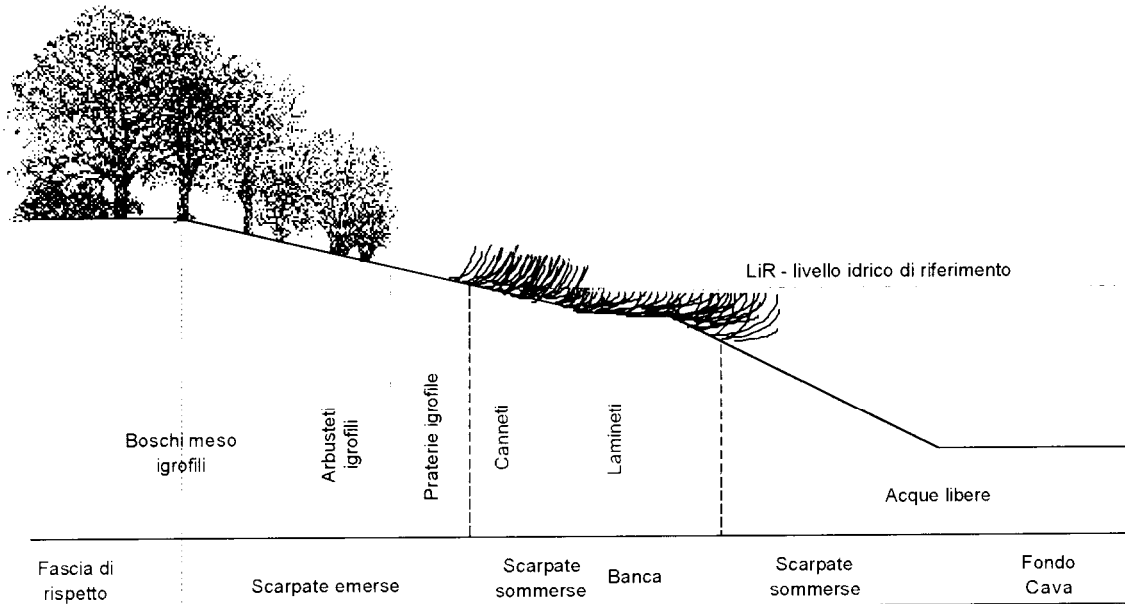


Fig. 18 - Comunità di progetto

Creazione di isole artificiali

La creazione di isole artificiali galleggianti è una tecnica ormai ampiamente diffusa e finalizzata a ricostituire microambienti con caratteristiche particolari; in quelle zone umide l'eccessiva profondità o pendenza delle scarpate impedirebbero la rappresentazione di particolari comunità.

Nel caso in esame le isole presentano una duplice funzione, ovvero proporre siti con caratteri specifici per particolari gruppi di uccelli, e incrementare la diversità ambientale della struttura con miglioramento dell'indice di ecotono e delle possibilità di colonizzazione per le specie maggiormente sensibili al disturbo causato dalla frequentazione umana.



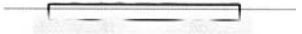
Nel complesso le "isole galleggianti" sono diversificate in relazione al gruppo ornitologico cui sono destinate.

Possono essere identificati tre tipi diversi, ovvero:

- con vegetazione associata
- seminude con fondo in terra
- prive di vegetazione con fondo in ciottoli

La tabella successiva chiarisce per quali gruppi di uccelli tali strutture siano più adatte.



Tipo	Descrizione	Schema	<i>Idoneità alla:</i>	
			Nidificazione	Sosta e/o alimentazione
1	Con vegetazione associata		Anatidi, Rallidi Svassi	Anatidi, Ardeidi Caradriformi
2	Seminude con fondo in terra		Svassi Caradriformi	Anatidi, Ardeidi Caradriformi
3	Prive di vegetazione con fondo in ghiaia e ciottoli		Sterne	Sterne, Ardeidi Caradriformi

Tab. -16 - Tipologie di zattere e loro funzionalità

Normalmente queste strutture risultano dedicate a singoli obiettivi ambientali (es. nidificazione della specie x, ..), e pertanto per motivi di *home range* vengono spesso collocate separate fra loro, nel caso in esame invece si preferisce, dati gli obiettivi generali, prevedere strutture multiple ove solo due delle zattere saranno munite di ancoraggio e i vari tipi si alterneranno fra loro dissimulando la naturale digressione di ambienti secondo lo schema esemplificativo proposto di seguito:

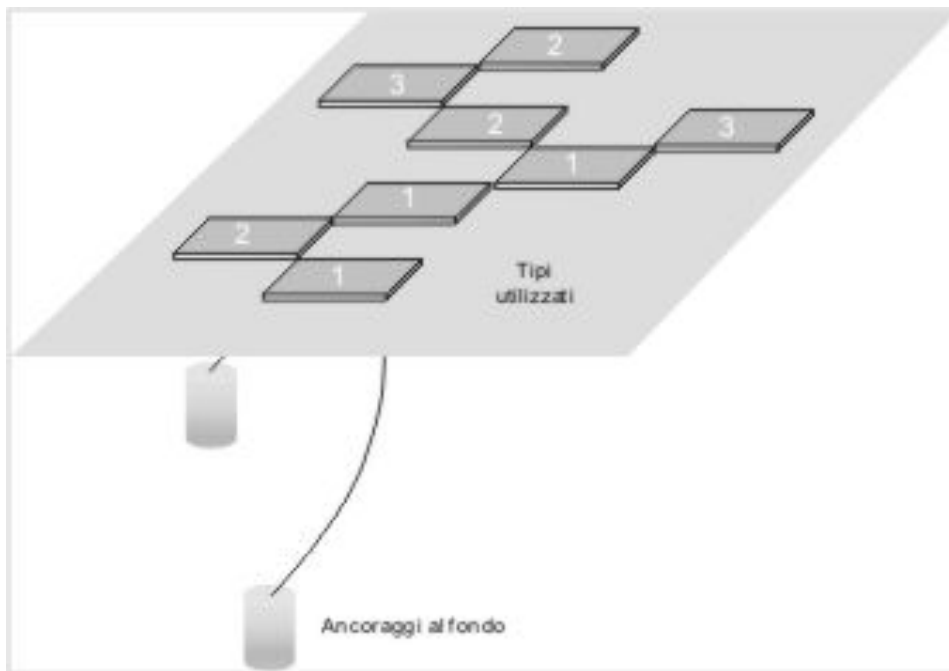


Fig. 19 - Posizionamento delle zattere e tipi

Lo schema costruttivo proposto per le zattere è relativamente semplice.

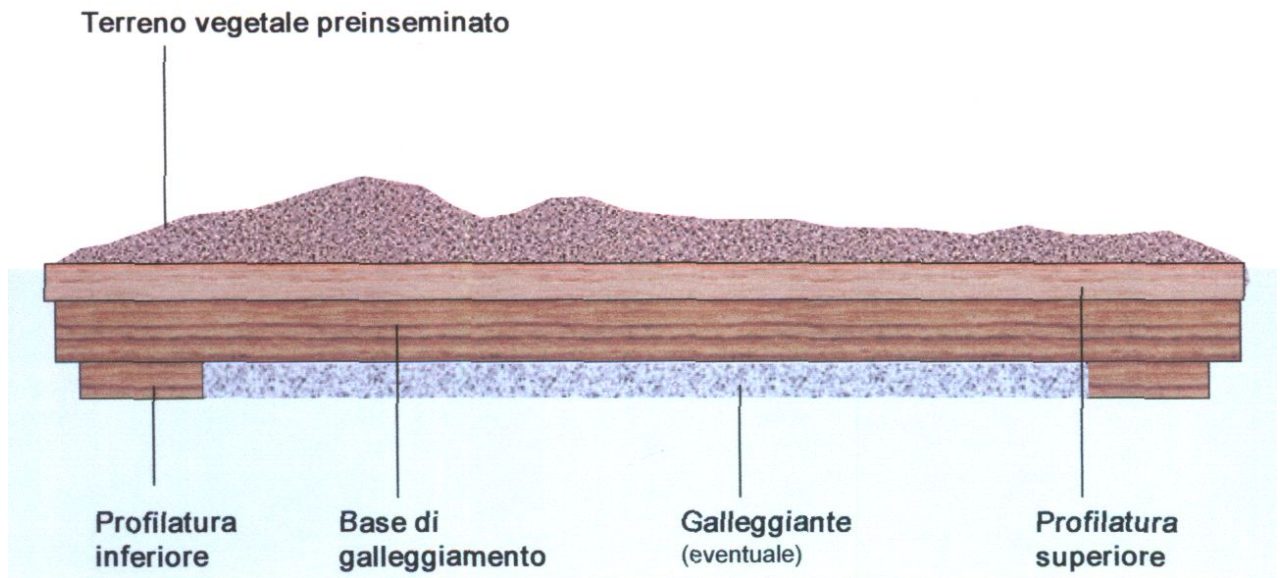
Costituite da una base di galleggiamento in legno di 1 x 1 m con duplice profilatura sempre in legno.

Quella superiore contiene i materiali litoidi come argilla, terreno vegetale o ghiaia con ciottoli, quella inferiore eventuali ulteriori strutture in pannelli per il galleggiamento.

In questo caso la scelta dovrà cadere su materiali non in grado di cedere sostanze inquinanti all'acqua ed andranno privilegiati quindi materiali naturali quali il sughero.

I materiali litoidi collocati sul tipo 1 e 2 saranno inoltre preinseminati utilizzando miscugli di semi di erbe igrofile raccolte nelle aree naturali poste in prossimità del sito, così pure sul tipo 1 potranno essere collocati anche rizomi di tipiche specie di canneto quali *Typha* e/o *Phragmites*.

La figura successiva evidenzia lo schema costruttivo; si specifica a tal proposito che il materiale di galleggiamento previsto nell'alloggiamento inferiore dovrà garantire il mantenimento della linea di galleggiamento selezionata.



2.

Fig. 20 - Schema costruttivo generale

Per l'ancoraggio al fondo potrà essere utilizzato pietrame di media pezzatura o strutture in cemento, fissati alla zattera a mezzo di un cavo di acciaio.

Verranno creati e collocati 3 gruppi di 8 elementi delle strutture descritte ad interessare il bacino costituito.

Interventi di manutenzione

Di norma gli interventi di recupero verranno iniziati subito al termine della singola fase di coltivazione. Anche in questo caso quindi si prevede di intervenire con fasi successive. Il recupero morfologico (rimodellamento delle scarpate e ricollocazione del suolo agrario) verrà eseguito al termine degli interventi di coltivazione, nel medesimo anno e sino al febbraio successivo, quindi seguiranno gli interventi di recupero vegetazionale della medesima area che avranno termine entro la primavera, di norma entro la fine di marzo anche in base all'andamento climatico stagionale.

Costituito l'impianto forestale sulla singola parcella sarà possibile eseguire interventi di bagnatura a pioggia con tempi di permanenza sulla singola porzione di 1 ora per ogni applicazione, replicabili 4 volte durante la stagione vegetativa.

Peraltro, data la struttura di impianto nelle aree pianeggianti che consente l'utilizzo di macchine operatrici standard, verranno eseguiti nei primi 5 anni, compreso quello dell'impianto, gli interventi di manutenzione descritti di seguito.

La fresatura e/o trinciatura fra le file eseguita con trattrice da 100 – 120 HP consentirà di rimuovere la vegetazione erbacea infestante, la prima fresatura agirà prolungando i tempi di ricolonizzazione, al fine di limitare la competizione con le giovani piantine.

Dal 3° anno verrà invece applicato lo sfalcio della vegetazione erbacea lasciando sul posto il materiale di risulta con funzione di pacciamatura naturale e per mantenere un maggiore tenore di umidità al suolo. In tal modo negli ultimi due anni inizierà a consolidarsi anche il cotico erboso.



anno	Interventi di pulitura		Interventi di bagnatura	Altri interventi
	Praterie	Boschi e arbusteti		
Impianto	nessuno	Fresatura (3 appl.)	Bagnatura localizzata (4 appl. a pioggia)	
1°	nessuno	Fresatura (1 appl.) Trinciatura (2 appl.)	Bagnatura localizzata (4 appl. a pioggia)	Sostituzione delle fallanze (max. 10%)
2°	nessuno	Fresatura (1 appl.) Trinciatura (2 appl.)	Bagnatura localizzata (4 appl. a pioggia)	Sostituzione delle fallanze (max. 10%)
3°	nessuno	Fresatura (1 appl.) Sfalcio (2 appl.)	Bagnatura localizzata (4 appl. a pioggia)	
4°	nessuno	Sfalcio (3 appl.)	Bagnatura localizzata (4 appl. a pioggia)	

Dal 4° anno successivo all'impianto non verranno più eseguiti interventi di manutenzione lasciando l'area all'evoluzione naturale.

Per le comunità di canneto, lamineto e le zone a prateria non è invece previsto alcun intervento di manutenzione se non la bagnatura a pioggia delle aree a prateria subito dopo la semina e circa due settimane dopo la stessa.

5.4.1 Considerazioni sulla stabilità degli ambienti naturali ricostruiti

Quota massima e minima della falda sono due valori di riferimento inderogabili, in quanto a questi valori la normativa di settore per le attività estrattive riferisce l'individuazione delle pendenze di scavo e la quota di collocazione della banca. Visti i limitati dati piezometrici disponibili, in termini di serie storiche, i valori minimo e massimo risultano essere 111,2 e 115,2 metri s.l.m. Se questi possono essere sufficienti e ben utilizzabili per pianificare e progettare l'attività estrattiva non possono invece fornire indicazioni puntuali sulla quota alla quale si affermeranno le comunità igrofile. Il presente progetto prevede pertanto la costituzione di nuclei di colonizzazione per canneti e lamineti ma sarà poi la naturale evoluzione a consolidare le singole comunità sulla fascia ove i caratteri edafici sono ottimali. Per tali ragioni il progetto riferisce queste comunità



al LIR (Livello idrico di riferimento) inteso come livello medio della falda in periodo primaverile senza tuttavia indicarne la quota. Si rammenta infatti che all'inizio della primavera i rizomi, usciti dalla fase di quiescenza invernale, germogliano ed è in questo momento che hanno bisogno di "respirare", quindi in pochi mesi i culmi crescono anche di alcuni metri per *Phragmites*, *Nuphar* e *Nimphaea* e diventano meno sensibili alle oscillazioni della falda. L'ipotesi progettuale, per la determinazione del LIR, prevede quindi di integrare i dati piezometrici acquisiti con quelli rilevati durante la fase di ante operam (periodo di istruttoria del progetto – i piezometri sono costantemente monitorati) e di corso d'opera (fase di coltivazione con falda scoperta); solo sulla base di questi ulteriori dati e al momento dell'impianto delle singole comunità verrà definito il LIR e comunicato all'ente competente. Per motivi di valutazione dei costi di recupero, e per fornire un quadro descrittivo delle azioni di recupero, sulle tavole di progetto è stato in ogni caso rappresentata l'estensione delle diverse comunità.

Alla luce di queste considerazioni appare evidente come le comunità di legnose (arbusti) non saranno comunque mai soggette a sommersione mentre per le comunità riferibili a praterie igrofile, canneti e lamineti sarà la naturale dinamica della falda a farle evolvere spontaneamente a quote leggermente più basse o più alte rispetto alla collocazione iniziale definita dal LIR. Tale situazione peraltro non comporterà alcuna forma di inquinamento, si rammenta infatti che ogni anno all'inizio dell'inverno la parte epigea si secca e cade al suolo entrando nella catena del detrito e tornando a dare inizio ad un nuovo ciclo, senza che tale fenomeno venga annoverato fra le forme di inquinamento o in grado di produrre cattivi odori o comunque degrado, soprattutto se ci si trova in un ambito a vocazione naturalistica.

Nel caso delle isole galleggianti, il cavo di ancoraggio avrà una lunghezza superiore di un paio di metri rispetto all'altezza fra fondo cava e massimo livello della falda; in tal modo in nessun periodo le isole andranno sott'acqua e durante i periodi a falda minima le singole isole avranno la possibilità di divagare di alcuni metri attorno al punto di ancoraggio.

5.5 Quantificazione delle attività di recupero naturalistico

Di seguito viene riportato il computo delle attività di recupero previste e descritte nei paragrafi precedenti

5.5.1 Movimenti terra

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Mobilizzazione del suolo agrario, accantonamento e cura	m3	0.45	41,652	18,743.40
Riparto e regolarizzazione del suolo agrario	m3	0.75	15,183	11,387.25
TOTALE				30,130.65

5.5.2 Formazione superfici boschive

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Livellamento del terreno eseguito con trattrice da 75 a 100 Hp	ha	334.14	2.73	912.20



Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Scarificazione o rippatura con trattore da 75 a 100 HP a una profondità di circa 70 cm su terreni pianeggianti con pendenze inferiori al 20%	ha	369.00	2.73	1,007.37
Concimazione di fondo compreso l'acquisto del concime, il carico, lo spargimento con l'ausilio di uno spandiconcime azionato con trattore	ha	149.00	2.73	406.77
Aratura leggera eseguita con trattore da 75 a 100 HP.	ha	246.00	2.73	671.58
Fresatura incrociata eseguita con trattore da 100 - 120 Hp per la preparazione superficiale del terreno	ha	218.75	2.73	597.19
Tracciamento degli schemi di impianto	ha	64.00	2.73	174.72
Acquisto di piantine forestali in contenitore di altezza tra i 15 e i 100 cm.	n° piante/ha 880	2.00	2,402	4,804.80
Acquisto e posa di protezioni shelters	n°	1.80	2,402	4,324.32
Messa a dimora di piantine in contenitore o a radice nuda con l'ausilio di una trivella montata su trattore da 75 Hp e apertura di buche profonde mediamente di 40-50 cm e larghe 30-50 cm escluso l'acquisto delle piante.	n°	2.18	2,402	5,237.23
TOTALE				18,136.18

5.5.3 *Formazione arbusteti*

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Livellamento del terreno eseguito con trattrice da 75 a 100 Hp	ha	334.14	1.14	380.92
Scarificazione o rippatura con trattrice da 75 a 100 HP a una profondità di circa 70 cm su terreni pianeggianti con pendenze inferiori al 20%	ha	369.00	1.14	420.66
Concimazione di fondo compreso l'acquisto del concime, il carico, lo spargimento con l'ausilio di uno spandiconcime azionato con trattrice	ha	149.00	1.14	169.86
Aratura leggera eseguita con trattrice da 75 a 100 HP.	ha	246.00	1.14	280.44
Fresatura incrociata eseguita con trattrice da 100 - 120 Hp per la preparazione superficiale del terreno	ha	218.75	1.14	249.38
Tracciamento degli schemi di impianto	ha	64.00	1.14	72.96
Acquisto di piantine forestali in contenitore di altezza tra i 15 e i 100 cm.	n° piante/ha 1040	2.00	1,186	2,371.20
Acquisto e posa di protezioni shelters	n°	1.80	1,186	2,134.08
Messa a dimora di piantine in contenitore o a radice nuda con l'ausilio di una trivella montata su trattrice da 75 Hp e apertura di buche profonde mediamente di 40-50 cm e larghe 30-50 cm escluso l'acquisto delle piante.	n°	2.18	1,186	2,584.61
TOTALE				8,664.10

5.5.4 *Inerbimenti*

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Livellamento del terreno eseguito con trattrice da 75 a 100 Hp.	ha	334.14	0.90	300.73
Aratura leggera eseguita con trattrice da 75 a 100 HP.	ha	246.00	0.90	221.40
Fresatura incrociata eseguita con trattrice da 100 - 120 Hp per la preparazione superficiale del terreno	ha	218.75	0.90	196.88
Reperimento del miscuglio di sementi e semina a spaglio	ha 30 gr/mq	7,700.00	0.90	6,930.00
Rullatura del terreno eseguito con trattrice da 75 a 100 Hp.	ha	334.14	0.90	300.73
TOTALE				7,949.73

5.5.5 *Altri interventi*

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Creazione delle isole e loro collocazione (8 elementi)	n°	4,000.00	3	12,000.00
Creazione di canneti	ha	2,500.00	0.53	1,325.00
Creazione di lamineti	ha	2,500.00	0.30	750.00
TOTALE				14,075.00

5.5.6 *Fossi e canali*

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Fosso perimetrale	m	0.50	1008	504.00
TOTALE				504.00

5.5.7 *Manutenzioni (anno impianto)*

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Bagnatura a pioggia	ha	300.00	15.48	4,644.00
Fresatura, trinciatura o sfalcio	ha	490.00	11.61	5,688.90
TOTALE				10,332.90

5.5.8 *Manutenzioni (primo anno)*

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Sostituzione delle fallanze (boschi)	\	5.98	240.24	1,436.64
Sostituzione delle fallanze (arbusteti)	cad	5.98	118.56	708.99
Bagnatura a pioggia	ha	300.00	15.48	4,644.00
Fresatura o sfalcio	ha	490.00	11.61	5,688.90
TOTALE				12,478.52

5.5.9 *Manutenzioni (secondo anno)*

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Sostituzione delle fallanze (boschi)	\	5.98	240.24	1,436.64
Sostituzione delle fallanze (arbusteti)	cad	5.98	118.56	708.99
Bagnatura a pioggia	ha	300.00	15.48	4,644.00
Fresatura o sfalcio	ha	490.00	11.61	5,688.90
TOTALE				12,478.52

**5.5.10 Manutenzioni (terzo anno)**

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Bagnatura a pioggia	ha	300.00	15.48	4,644.00
Fresatura o sfalcio	ha	490.00	11.61	5,688.90
TOTALE				10,332.90

5.5.11 Manutenzioni (quarto anno)

Descrizione voci	Unità di misura	Prezzo unitario (Euro)	Quantità	Importo Euro
Bagnatura a pioggia	ha	300.00	15.48	4,644.00
Fresatura o sfalcio	ha	490.00	11.61	5,688.90
TOTALE				10,332.90

5.5.12 Riepilogo dei costi per il riassetto ambientale

Descrizione attività	Importo Euro
movimenti terra	30,130.65
formazione superfici boschive	18,136.18
formazione arbusteti	8,664.10
inerbimenti	7,949.73
altri interventi	14,075.00
sistemazione della rete irrigua	504.00
manutenzioni (anno impianto)	10,332.90
manutenzioni (primo anno)	12,478.52
manutenzioni (secondo anno)	12,478.52
manutenzioni (terzo anno)	10,332.90
manutenzioni (quarto anno)	10,332.90
TOTALE	135,415.41



5.6 Calcolo della garanzia fideiussoria

Il calcolo della garanzia è stato effettuato secondo quanto indicato nella D.G.R. VII/7857 del 25/1/02:

$$G = 3 \frac{V}{D} T + R$$

dove:

G = ammontare della garanzia fideiussoria, espressa in euro;

V = volume complessivo autorizzato espresso in metri cubi;

D = durata della autorizzazione in anni

T = tariffa, stabilita ai sensi dell'Art. 25 della L.R. 14/98, espressa in euro (D.C.R. IX/279 del 8 novembre 2011)

R = ammontare delle spese previste per il riassetto ambientale espresso in euro;

da cui si calcola:

$$G = 3 \frac{1.649.532mc}{3anni} 0,70Euro + 135.415,41 Euro = 1.290.087,81 Euro$$

6 ANALISI PRELIMINARE DEI PRINCIPALI PROBLEMI CONNESSI ALLA SICUREZZA DEL LAVORO

Lo scopo di questa sezione è quello di effettuare una analisi preliminare dei principali problemi di sicurezza del lavoro connessi con l'esecuzione del progetto di coltivazione e di identificare le soluzioni progettuali adottate per ridurre la minimo tali pericoli .

Le normative di riferimento per la presente sezione sono le seguenti:

- D.P.R. 09.04.1959, n° 128 Norme di polizia delle miniere e delle cave
- D.LGS. 25.11.1996, n° 624 Attuazione delle direttive 92/91 CEE e 92/104 CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori nelle industrie estrattive
- 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.

Il presente documento non sostituisce in alcun modo il documento di sicurezza e salute (DSS) che, a tutti gli effetti, costituisce la valutazione dei rischi specifica per il settore estrattivo.

La normativa richiede la valutazione degli elementi sottoelencati, specificando anche l'eventuale assenza di rischio.

ELEMENTO DI RISCHIO	APPLICABILITA' AL PRESENTE PROGETTO
a) protezione contro gli incendi, le esplosioni e le atmosfere esplosive o nocive;	NO
b) mezzi di evacuazione e salvataggio;	SI
c) sistemi di comunicazione, di avvertimento e di allarme;	SI
d) sorveglianza sanitaria;	SI
e) programma per l'ispezione sistematica, la manutenzione e la prova di attrezzature, della strumentazione e degli impianti meccanici, elettrici ed elettromeccanici;	SI
f) manutenzione del materiale di sicurezza;	SI
g) utilizzazione e manutenzione dei recipienti a pressione;	NO
h) uso e manutenzione dei mezzi di trasporto;	SI
i) esercitazioni di sicurezza;	SI



l) aree di deposito;	SI
m) stabilità dei fronti;	SI
n) armature di sostegno;	NO
o) modalità della ventilazione;	NO
p) zone a rischio di sprigionamenti istantanei di gas, di colpi di massiccio e di irruzioni di acqua;	NO
q) evacuazione del personale;	NO
r) organizzazione del servizio di salvataggio;	NO
s) impiego di adeguate attrezzature di sicurezza per prevenire rischi di eruzione dei pozzi, misure di controllo del fango di perforazione e misure di emergenza in caso di eruzioni;	NO
t) dispositivi di sicurezza e cautele operative in perforazioni con fluidi diversi dal fango;	NO
u) impiego dell'uso di esplosivo;	NO
v) eventuale programma di attività simultanee;	NO
z) criteri per l'addestramento in caso di emergenza;	NO
aa) misure specifiche per impianti modulari;	NO
ab) comandi a distanza in caso di emergenza;	NO
ac) indicazione dei punti sicuri di raduno;	NO
ad) disponibilità della camera iperbarica;	NO
ae) protezione degli alloggi dai rischi di incendio ed esplosione.	NO

B) - Mezzi di evacuazione e salvataggio

In relazione all'utilizzo di una draga galleggiante, in cava dovrà essere presente un mezzo nautico adatto al recupero di un eventuale operatore della draga. Tale mezzo dovrà essere dotato anche dei dispositivi per il recupero di un uomo in acqua (galleggiante di sicurezza, gancio di recupero).

C) Sistemi di comunicazione, di avvertimento e di allarme;

La cava sarà dotata di sistemi di telefonia mobile per le segnalazioni in caso di emergenza. I mezzi operativi, conformemente con le norme in vigore, saranno dotati di dispositivo acustici di segnalazione (avvio nastri trasportatori, retromarcia, ecc.)

D) Sorveglianza sanitaria

L'art. 648 del D.P.R. 128/59 stabilisce che *"I lavoratori delle miniere e delle cave devono essere sottoposti a visita medica:*

a) prima della loro assunzione in servizio per accertare che abbiano i requisiti di idoneità al lavoro cui sono destinati;

b) successivamente, a visite annuali per accertare la persistenza delle predette condizioni di idoneità."

I rischi di malattia professionale tipici del lavoro di cava sono il rumore, le vibrazioni agli arti superiori, le polveri con o senza silice, la movimentazione manuale dei carichi, le vibrazioni e gli scuotimenti a tutto il corpo.

E) Programma per l'ispezione sistematica, la manutenzione e la prova delle attrezzature, della strumentazione e degli impianti meccanici, elettrici ed elettromeccanici

- Nel corso dell'attività estrattiva verranno utilizzati i seguenti mezzi meccanici:
- Mezzi destinati al funzionamento della cava
 - n° 1 ruspa - adibita alla movimentazione del suolo agrario
 - n° 2 escavatori – adibiti all'asportazione della ghiaia dei livelli più superficiali
 - n° 1 draga idraulica per le escavazioni sotto falda



- n° 1 pala per il caricamento sui camion del materiale scavato

Tutti i mezzi saranno soggetti alle ordinarie attività di manutenzione ordinaria e straordinaria. Sarà compito del DSS definire il programma adottato per il mantenimento in efficienza e la manutenzione di attrezzature, strumentazioni e impianti.

F) Manutenzione del materiale di sicurezza

Alle luce delle attività svolte in cava il materiale di sicurezza sarà costituito esclusivamente da estintori e dispositivi di protezione individuale (casco, guanti, calzature antitfortunistiche)

H) Uso e manutenzione dei mezzi di trasporto

I mezzi in transito all'interno della cava utilizzeranno piste di cantiere. La distanza tra la pista e il ciglio delle scarpate di scavo sarà di almeno 5 metri onde evitare che le vibrazioni trasmesse al terreno dagli automezzi in transito possano pregiudicare la stabilità dei fronti di cava e, conseguentemente, l'incolumità degli addetti ai lavori.

Tutti gli automezzi pesanti per loro stessa natura comportano difficoltà di manovra e forniscono all'operatore quasi sempre una scarsa visibilità talvolta dovuta anche al tipo di lavoro in esecuzione (polvere, ecc.). Per questo motivo, durante lavori particolarmente rischiosi (manovre in prossimità degli scavi), le operazioni devono essere dirette da personale a terra.

Tutti i mezzi saranno soggetti alle ordinarie attività di manutenzione ordinaria e straordinaria. Sarà compito del DSS definire il programma adottato per il mantenimento in efficienza e la manutenzione di attrezzature, strumentazioni e impianti

I) Esercitazioni di sicurezza

Il DSS regolamenterà

- il programma e le modalità di addestramento periodico del personale;
- le procedure e la dotazione di mezzi idonei per le emergenze.

L) Aree di deposito

L'unico materiale accumulato nell'area di cava, in fase temporanea, sarà il suolo agrario necessario per la rinaturazione delle sponde. Le dimensioni massime dei cumuli sono stabilite dalle Norme Tecniche del Piano Cave della Provincia di Bergamo (cfr. § 4.3). I cumuli verranno tenuti ad una distanza di almeno 5 m da ciglio di scavo.

M) Stabilità dei fronti

Le scarpate di scavo, tutte in terreni granulari ben addensati, sono state previste d'inclinazione massima pari a 15° (1/4), nella parte superiore, e più acclivi (27°, ovvero 1/2), a partire da quota 110.2 m s.l.m., ove è stata prevista una banca larga 2,0 m. Tale quota è stata determinata in modo da conservare un franco di 1,0 m sopra il minimo livello noto raggiunto dalla falda freatica (cfr. paragrafo 2.7).

Nelle verifiche di cui al paragrafo 5.3, è dimostrato che le inclinazioni delle scarpate sopradescritte garantiscono sicurezza nei confronti della stabilità.

L'escavazione avverrà mediante escavatori idraulici a braccio rovescio in tutta la porzione sopra falda e fino alla posa della draga.

L'escavazione sotto falda avverrà mediante sonda idraulica a benna mordente o a turbina con motori elettrici.

Il fronte andrà monitorato costantemente da parte di tutti gli operatori e del sorvegliante, in quanto occorre considerare che i fronti di coltivazione non sono delle opere fisse e permanenti ma al contrario rappresentano situazioni puntuali "istantanee" e soggette a continue modifiche nello sviluppo delle coltivazioni del giacimento.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due

Consorzio ENI per l'Alta Velocità



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
A202

Lotto
11

Codifica Documento
DE2ROSA0000001

Rev.
A

Foglio
78 di 78

Il sorvegliante e le maestranze devono essere opportunamente informate sia sui possibili fenomeni causa di potenziali instabilità quali le, piogge intense, sia sui segnali precursori di dissesti, quali modifiche del profilo di scavo e/o rigonfiamenti.