



STUDIO TECNICO ASSOCIATO

Corso Trapani, 39 - 10139 TORINO

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

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

**Cava di sabbia e ghiaia
sita in località “Premes”
del Comune di Antignano (AT).
Relazione tecnico - illustrativa.
- ex L.R. 69/78 e D.Lgs. 42/2004 -**

Proponente:

ASTI CAVE S.r.l.

fraz. Perosini

14010 ANTIGNANO (AT)

INDICE

1. PREMESSA	4
1.1. OGGETTO DELL'ISTANZA EX L.R. 69/78	4
1.2. OGGETTO DELL'ISTANZA EX D.LGS. 42/2004.....	6
1.3. ITER AMMINISTRATIVO	7
2. INQUADRAMENTO GENERALE AMBIENTALE, PAESISTICO E TERRITORIALE	8
2.1. UBICAZIONE E LOCALIZZAZIONE TOPOGRAFICA.....	8
2.2. TERRENI OGGETTO DELL'ISTANZA	12
2.3. VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI	13
2.3.1. <i>Vincoli derivanti dalla pianificazione sovracomunale</i>	13
2.3.2. <i>Vincoli derivanti dalla presenza di infrastrutture</i>	17
2.4. STRUMENTI URBANISTICI	20
3. RELAZIONE GEOLOGICA	26
4. STUDIO IDRAULICO E DELLA DINAMICA FLUVIALE.....	27
4.1. DEFINIZIONE DELLE PROBLEMATICHE E FINALITÀ DELLO STUDIO	27
4.2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PIANO FASCE.....	28
4.2.1. <i>Ubicazione dell'area</i>	28
4.2.2. <i>Assetto planoaltimetrico e ubicazione dell'area rispetto alle fasce fluviali del f. Tanaro</i>	32
4.3. ASSETTO GEOMETRICO E GEOMORFOLOGICO DELL'ALVEO DEL TANARO	37
4.3.1. <i>Assetto morfologico del corso d'acqua</i>	37
4.3.2. <i>Inquadramento generale del bacino di influenza dell'intervento estrattivo</i>	41
4.3.3. <i>Evoluzione e stabilità del modellamento fluviale</i>	42
4.3.3.1. <i>Analisi della tendenza evolutiva naturale del corso d'acqua</i>	42
4.3.3.2. <i>Stabilità complessiva del tratto fluviale in esame</i>	49
4.3.3.3. <i>Inquadramento del grado di rischio nei riguardi dello stato della difesa idraulica</i>	50
4.3.3.4. <i>Possibilità di riattivazione di meandri ed alvei abbandonati</i>	51
4.4. ANALISI DELLA GRANULOMETRIA DEL MATERIALE D'ALVEO DEL TANARO	53
4.5. ANALISI IDRAULICA	58
4.5.1. <i>Idrografia della zona</i>	58
4.5.2. <i>Regime idrologico</i>	59
4.5.3. <i>Regime delle portate</i>	62
4.5.4. <i>Caratterizzazione idraulica del f. Tanaro</i>	64
4.5.5. <i>Analisi dell'evento alluvionale del novembre 1994</i>	67
5. PROGETTO DI COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO.....	71

5.1. STATO ATTUALE DEI TERRENI	71
5.2. SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE MINERARIA.....	72
5.3. CUBATURE ESTRAIBILI.....	75
5.4. EVOLUZIONE TEMPORALE E TOPOGRAFICA DELLA COLTIVAZIONE.....	77
5.5. METODI E MEZZI DI COLTIVAZIONE.....	79
5.6. IDONEITÀ DELLA RETE VIARIA INTERNA ED ESTERNA	80
5.7. REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE	81
6. RELAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DEL GIACIMENTO.....	82
6.1. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO	82
6.1.1. Condizioni stratigrafiche.....	82
6.1.2. Indagini geognostiche	84
6.1.3. Interpretazione dei risultati delle indagini geognostiche.....	86
6.1.3.1. Inquadramento ad ampia scala.....	86
6.1.3.2. Interpretazione dei dati rilevati in sito.....	92
6.1.4. Determinazione dei parametri geotecnici	96
6.2. ANALISI SISMICA.....	99
6.2.1. Inquadramento normativo.....	99
6.2.2. Azione sismica propria dei terreni in esame secondo le NTC.....	100
6.2.2.1. Finalità e principi della zonazione sismica.....	100
6.2.2.2. Stati limite di riferimento.....	101
6.2.2.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica	102
6.2.3. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.....	105
6.2.4. Azione sismica locale	107
6.3. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO	110
6.3.1. Problematiche generali.....	110
6.3.2. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato.....	111
6.3.2.1. Verifica analitica mediante programma di calcolo.....	111
6.3.2.2. Metodo dei conci	112
6.3.2.3. Metodo di Morgenstern e Price.....	113
6.3.3. Risultati dell'analisi di stabilità.....	114
7. RELAZIONE DI VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEL GIACIMENTO.....	115
7.1. COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO.....	115
7.2. AREA DI MERCATO DI UTILIZZO DEL MATERIALE	116
7.3. QUANTITÀ DI UTILE E DI SCARTO	117
7.4. LAVORAZIONE ED UTILIZZO DEL MATERIALE ESTRATTO	118
7.5. CICLO DI LAVORAZIONE INERTI.....	119
7.6. METODO DI SCAVO E DI COLTIVAZIONE	120

7.7. MACCHINARI UTILIZZABILI PER LE OPERAZIONI DI SCAVO	121
7.8. CAPACITÀ TECNICHE ED OPERATIVE	122
8. DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE	123
9. ANALISI DEGLI EFFETTI INDOTTI SULLE PRINCIPALI COMPONENTI AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE	124
10. PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE.....	125
10.1. FINALITÀ DEGLI INTERVENTI DI RECUPERO E LORO MODELLI DI RIFERIMENTO	125
10.2. SPECIFICHE TECNICHE ED ESECUTIVE.....	126
10.2.1. <i>Conservazione e riporto del terreno di scotico</i>	126
10.2.2. <i>Modalità di riporto del terreno</i>	128
10.2.3. <i>Impianto del prato</i>	129
10.2.4. <i>Inerbimenti tecnici delle scarpate</i>	131
10.3. TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE OPERE DI RECUPERO AMBIENTALE	132

1. PREMESSA

1.1. Oggetto dell'istanza ex L.R. 69/78

In ottemperanza alle disposizioni della L.R. 22.11.1978, n. 69 *"Coltivazione di cave e torbiere"* e s.m.i., della L.R. 26 aprile 2000, n. 44 *"Disposizioni normative per l'attuazione del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del Capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59"* e s.m.i., e della Circolare del Presidente della Giunta Regionale del Piemonte, 18 settembre 1995, n. 21/LAP. *"Circolare esplicativa sugli adempimenti per l'attività estrattiva di cava"*, è stata redatta la presente relazione tecnica illustrativa per conto della ASTI CAVE S.r.l., con sede legale e domicilio fiscale in fraz. Perosini, 14010 ANTIGNANO (AT), P.I. 00094900057, e per essa il Legale Rappresentante Sig. Giovanni Dente, nato a Costigliole d'Asti (AT) il 02.04.1940, e residente in c.so Alba, 276/F, 14100 - Asti.

Il progetto, costituito dalla presente relazione tecnica e dagli elaborati grafici allegati, oltre a fare il punto sull'attuale stato del sito, consente una precisa definizione del tipo e delle modalità di intervento previsto, sino alla completa sistemazione del fondo.

Gli allegati annessi a questa relazione, ai sensi e per gli effetti delle disposizioni previste dagli artt. 1, 3, 5 e 7 della Legge Regionale sopra menzionata, costituiscono parte integrante a corredo dell'Istanza di autorizzazione per l'avvio dei lavori di coltivazione mineraria nella cava di sabbia e ghiaia sita in località "Premes" nel territorio del Comune di Antignano (AT).

Si deve ricordare, a tale proposito, che la cava in oggetto costituisce il naturale proseguimento, in continuità fisica e morfologica, dei precedenti interventi estrattivi condotti dalla Asti Cave S.r.l. in questa porzione del territorio comunale, svolti sulla base delle autorizzazioni rilasciate ai sensi della L.R. 69/78 e della Legge n. 431/85 (poi sostituita dal D.Lgs. 490/99, a sua volta sostituito dal vigente D.Lgs. 42/2004).

Il progetto qui proposto, per il quale viene richiesta un'autorizzazione quinquennale (5 anni), onde garantire il ripristino e recupero dell'area coltivata, tiene preventivamente conto delle indicazioni tecniche generali fornite dagli Uffici Competenti nell'ambito delle precedenti autorizzazioni per l'attività estrattiva.

Si fa infine presente che la Società Istante si assume ogni responsabilità per qualsiasi danno venga arrecato a terzi durante le fasi di coltivazione, di trasporto del materiale scavato e di ripristino ambientale.

L'attività mineraria verrà esclusivamente condotta in virtù dell'autorizzazione stessa, da concedersi ai sensi della L.R. 69/78, e nel rispetto delle norme di legge vigenti (D.P.R. 9 aprile 1959, n. 128, sulle Norme di Polizia delle Miniere e delle Cave; D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547, e 19 marzo 1956, n. 302, sulle Norme di Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro e di Igiene e Sicurezza del Lavoro; D.Lgs. 19.09.1994 n. 626, riguardante il miglioramento della sicurezza e della salute

dei lavoratori sul luogo di lavoro, ed il successivo D.Lgs. 25.11.1996, n. 624 “*Attuazione della direttiva 92/91/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive per trivellazione e della direttiva 92/104/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive a cielo aperto o sotterranee*”, come pure il recente 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*”).

1.2. Oggetto dell'Istanza ex D.Lgs. 42/2004

In ottemperanza ed ai sensi del D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42 “*Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*” (Gazzetta Ufficiale n. 45 del 24 febbraio 2004 - Supplemento Ordinario n. 28), è stata redatta la presente relazione geologico-tecnica, per conto della ASTI CAVE S.r.l., con sede legale e domicilio fiscale in fraz. Perosini, 14010 ANTIGNANO (AT), P.I. 00094900057, e per essa il Legale Rappresentante Sig. Giovanni Dente, nato a Costigliole d'Asti (AT) il 02.04.1940, e residente in c.so Alba, 276/F, 14100 - Asti, a corredo del progetto per la coltivazione mineraria ed il recupero ambientale della cava di ghiaia e sabbia sita in località “Premes” del Comune di Revigliasco (AT).

La Asti Cave S.n.c., infatti, rivolge rispettosa Istanza al Sindaco del Comune di Antignano onde ottenere l'autorizzazione relativa ad interventi connessi con l'avvio della coltivazione mineraria e del recupero ambientale della cava suddetta.

Tale autorizzazione è prevista dal D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42 “*Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*”, che ha abrogato il precedente D.Lgs. n. 490/99, che a sua volta aveva sostituito la precedente L. 431/85 (“legge Galasso”): i terreni di cava sono stati assoggettati a tutela ambientale dalla norma di cui al D.Lgs. in parola in quanto si trovano compresi entro la perimetrazione della “*Oasi del Tanaro*”, individuata dal D.M. 01.08.1985 (i cosiddetti “*Galassini*”).

Ai sensi dell'art. 3 della L.R. 1 dicembre 2008, n. 32, avente per oggetto “*Provvedimenti urgenti di adeguamento al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137)*” (Cfr.: Bollettino Ufficiale n. 49 - Supplemento ordinario n. 2 del 4 dicembre 2008), entrata in vigore alla data della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte, nei casi quali quello in oggetto il rilascio dell'autorizzazione paesaggistica risulta ora delegato ai Comuni.

Gli allegati annessi a questa relazione, ed in particolare l'allegata “*Relazione paesaggistica*”, redatta ai sensi del D.P.C.M. 12.12.2005, costituiscono quindi parte integrante a corredo della domanda di autorizzazione all'intervento sul territorio sottoposto a vincolo paesaggistico; come già anticipato, si deve osservare e sottolineare, a tale riguardo, che la cava in oggetto non costituisce una nuova attività estrattiva, bensì il semplice e naturale proseguimento, in continuità fisica e morfologica, dei precedenti interventi estrattivi condotti dalla Asti Cave S.r.l. in questa porzione del territorio comunale.

Nel presentare la presente Istanza di autorizzazione, la Asti Cave S.r.l. si impegna sin d'ora ad una sistemazione paesistica, al termine dei lavori, come da progetto ed in armonia con quanto esistente nell'ambiente, fatte salve le prescrizioni delle Amministrazioni Competenti, ai sensi della normativa vigente in materia di cave e torbiere.

1.3. Iter amministrativo

La Asti Cave S.r.l. opera in questo settore del fondovalle alluvionale del f. Tanaro, nel tratto a monte di Asti, esercendo da alcuni decenni l'attività estrattiva di inerti alluvionali; l'attività veniva condotta già antecedentemente all'entrata in vigore della stessa L.R. 69/78, ed è poi proseguita nel corso degli anni.

Già nei decenni trascorsi, la Asti Cave S.r.l. aveva infatti esercito l'attività estrattiva sui terreni limitrofi a quelli oggetto della presente istanza, e posti al margine orientale del territorio del Comune di Antignano, in prossimità del confine con quello limitrofo di Revigliasco d'Asti (AT).

A conferma, si può citare il fatto che la presenza di scavi estrattivi in quest'area è già riportata sulla base cartografica CTR (Carta Tecnica Regionale), edita dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte ed aggiornata al 1990 circa.

Al momento attuale, nelle aree suddette le operazioni di coltivazione mineraria sono terminate, e sono state ultimate anche le operazioni connesse al recupero ambientale.

L'acquisizione della disponibilità di nuovi limitrofi lotti di terreno, adiacenti ed in continuità fisica con quelli per i quali era stata rilasciata a suo tempo l'autorizzazione ex L.R. 69/78, ha consentito di predisporre il presente progetto di prosecuzione degli scavi estrattivi in questa porzione del territorio, che consentirà di garantire l'approvvigionamento di materiale inerte, indispensabile per il proseguimento dell'attività dell'azienda.

La possibilità per la Società Istante di poter continuare l'attività estrattiva in questo settore del territorio, in diretta prossimità dei propri impianti di lavorazione, risulta infatti indispensabile per l'attività della Ditta stessa, operante nel campo della estrazione, lavorazione e vendita di ghiaia, sabbia e materiali inerti; anche da un punto di vista ambientale, la ridottissima distanza tra l'area estrattiva e gli impianti di lavorazione della Ditta, posti ad appena 200 metri di distanza, consente di minimizzare tutti i possibili impatti conseguenti all'intervento estrattivo, relativi al trasporto del materiale estratto.

2. INQUADRAMENTO GENERALE AMBIENTALE, PAESISTICO E TERRITORIALE

2.1. Ubicazione e localizzazione topografica

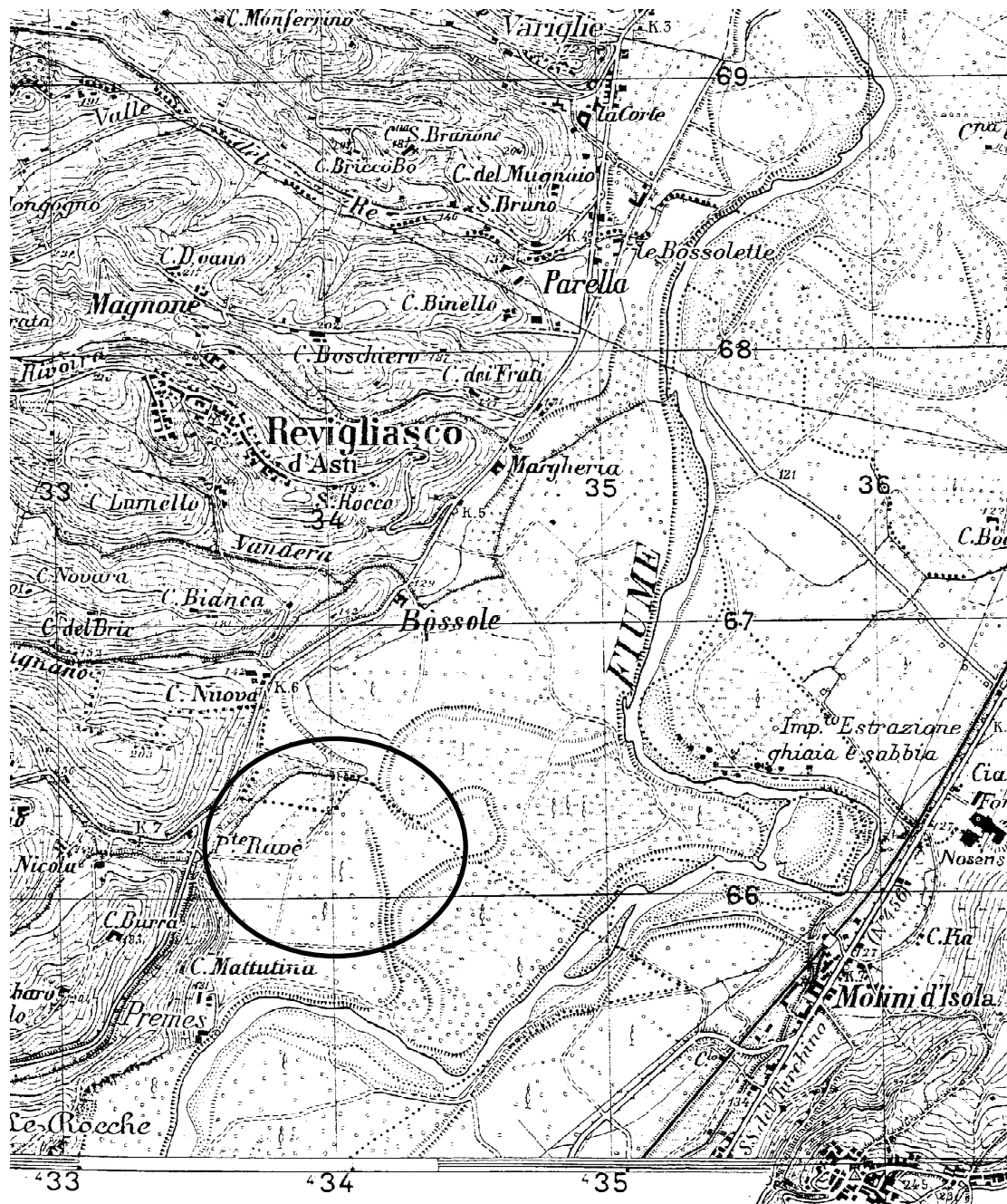
Il proseguimento dell'attività estrattiva, oggetto della presente Istanza, interesserà un'area sita nella pianura alluvionale del fiume Tanaro e posta in sponda idrografica sinistra, in territorio del Comune di Antignano (AT), in prossimità del confine con il limitrofo Comune di Revigliasco d'Asti (AT).

La località sede dell'escavazione è individuabile nella Tavoletta IV S.E. "Asti" del Foglio 69 "Asti" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare (Cfr.: Allegato estratto della tavoletta I.G.M. IV S.E. "Asti" del F° 69 "Asti").

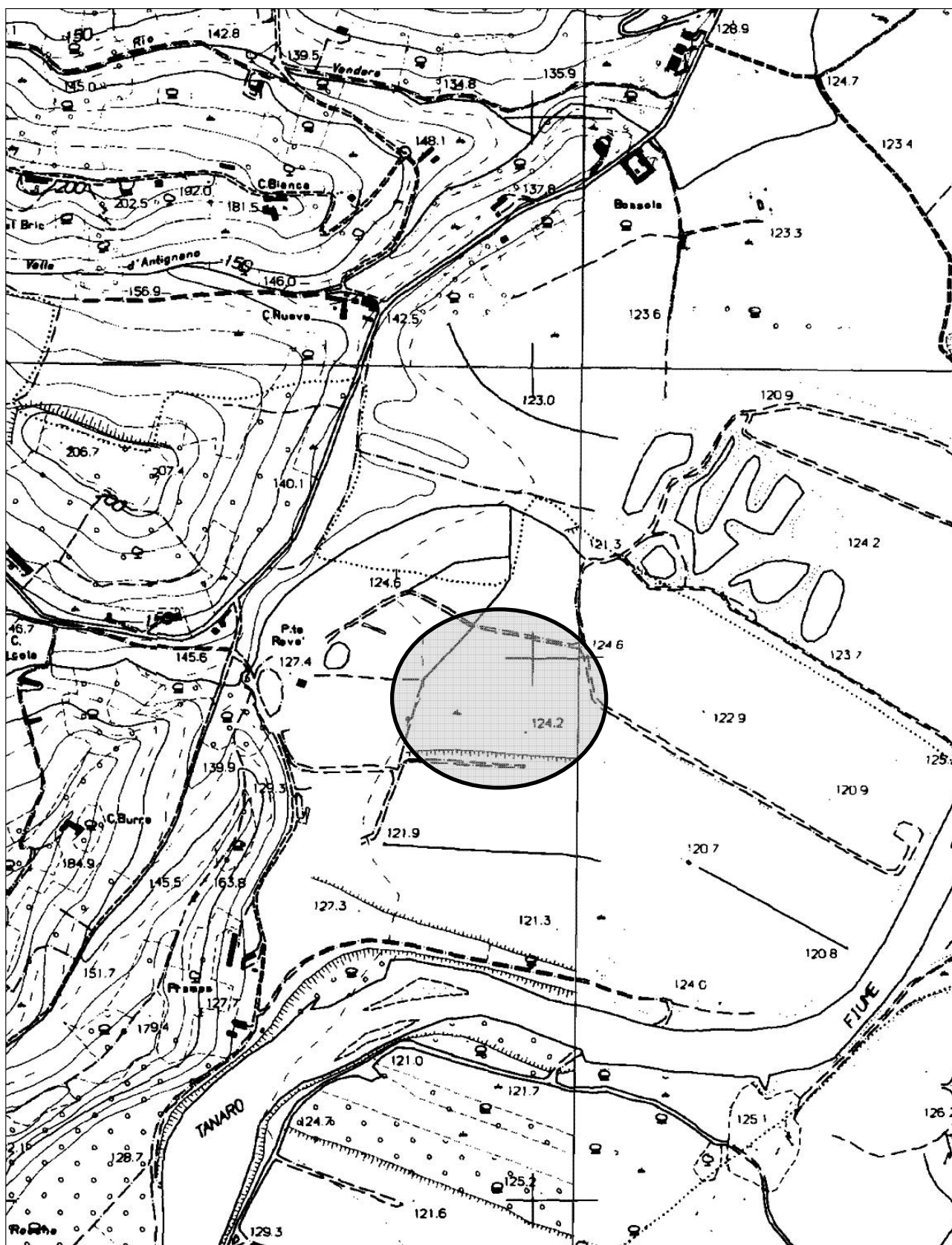
Per un inquadramento topografico più dettagliato si può fare riferimento invece alle Sezioni n. 175.110 e 175.150 della Carta Tecnica Regionale, edite dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte in scala 1:10.000 (Cfr.: Allegato estratto Carta Tecnica Regionale, Sezz. n. 175.110 e 175.150).

La quota assoluta del terreno interessato dagli scavi è, indicativamente, di circa 123 - 124 m s.l.m. (riferimento: altimetria della CTR); i terreni di cava appartengono ad un territorio che ha un andamento pressoché pianeggiante, movimentato da irregolarità topografiche locali, dovute a terrazzamenti fluviali o a precedenti attività estrattive.

La zona che si intende scavare è alquanto discosta dalle abitazioni vicine, trovandosi in un'area decisamente marginale rispetto al centro abitato di Antignano, posto circa 2 km a ovest, sulle colline.



Individuazione dell'area in esame su estratto della Tav. I.G.M. IV S.E. "Asti", F° 69 "Asti". Scala 1:25.000.



Individuazione dell'area in esame su estratto della Carta Tecnica Regionale.
Scala 1:10.000.



Individuazione dell'area in esame (contorno rosso) su estratto di fotografia satellitare (Fonte: Google EarthTM, immagine del 10.08.2013). Scala 1:10.000 circa.

2.2. Terreni oggetto dell'Istanza

L'autorizzazione per l'attività estrattiva è richiesta su terreni censiti in territorio del Comune di Antignano (AT), nel settore orientale del territorio comunale, in prossimità del confine con il limitrofo Comune di Revigliasco d'Asti (AT).

Più in particolare, come riportato nell'allegata planimetria catastale (Cfr.: Tav. 1 - Estratto di mappa catastale), i terreni oggetto di istanza autorizzativa corrispondono alle particelle catastali di seguito elencate: mappali n. 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 234, 235, 236, 237, 254, 255, 285, 289, 304, 314 e 315 del F° X “Antignano”, ai quali si aggiungono i mappali n. 137, 142 e 143 del medesimo F° X, già oggetto di precedenti interventi estrattivi e che vengono inseriti nell'istanza al fine di consentire la necessaria continuità territoriale con le aree già interessate da scavi minerari, il tutto per una superficie catastale pari a circa 69.900 m².

I terreni oggetto dell'Istanza sono in disponibilità alla Asti Cave S.r.l..

2.3. Vincoli ambientali e territoriali

2.3.1. Vincoli derivanti dalla pianificazione sovracomunale

Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, si può dire che l'area oggetto della previsione di intervento estrattivo non risulta sottoposta a vincolo per fini idrogeologici, ai sensi della L.R. n. 45/89 *"Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici"*.

Per contro, i terreni in parola sono invece assoggettati a tutela ambientale dalla norma di cui al D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42 *"Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137"*, che ha abrogato il precedente D.Lgs. n. 490/99, che a sua volta aveva sostituito la precedente L. 431/85 (*"legge Galasso"*), in quanto si trovano compresi entro la perimetrazione della *"Oasi del Tanaro"*, individuata dal D.M. 01.08.1985 (i cosiddetti *"Galassini"*).

A livello di pianificazione sovracomunale, l'area oggetto di studio è soggetta alle disposizioni conseguenti agli studi condotti dall'Autorità di Bacino del F. Po, con sede a Parma, nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.), aggiornati ed implementati con il successivo Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è stato redatto, ai sensi dell'art. 17, c.6/ter, della L. 18 maggio 1989, n. 183, dall'Autorità di Bacino del f. Po, con sede a Parma, ed approvato con D.P.C.M. del 24.07.1998 (G.U. n. 262 del 9/11/1998); esso è lo strumento per la delimitazione della regione fluviale, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (a fini insediativi, agricoli e industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali e ambientali.

L'ambito territoriale di riferimento del piano stralcio è costituito dal sistema idrografico dell'asta del Po e dei suoi affluenti; la classificazione delle Fasce Fluviali, evidenziata da apposito segno grafico nelle tavole grafiche appartenenti al piano stralcio stesso, è la seguente:

- Fascia di deflusso della piena (*"Fascia A"*), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento (per la quale viene assunto un tempo di ritorno $Tr = 200$ anni), ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (*"Fascia B"*), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento; 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 ($Tr = 200$ anni) ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento); con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo;

➤ Area di inondazione per piena catastrofica (“*Fascia C*”), 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; con riferimento ai corsi d'acqua per cui sono state delimitate le fasce, la piena di riferimento per la *Fascia C* è stata assunta come segue:

- asta del Tanaro, evento di piena del novembre 1994,
- restante parte dei corsi d'acqua principali nel sottobacino sotteso alla confluenza con il Tanaro: piena teorica con tempo di ritorno 500 anni.

Relativamente al f. Po ed ai suoi affluenti, tra i quali il Tanaro, le fasce fluviali sono state delimitate dall’Autorità di Bacino in funzione degli elementi conoscitivi (caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali, ambientali, culturali e i vincoli amministrativi) che caratterizzano la regione fluviale di ciascun corso d'acqua.

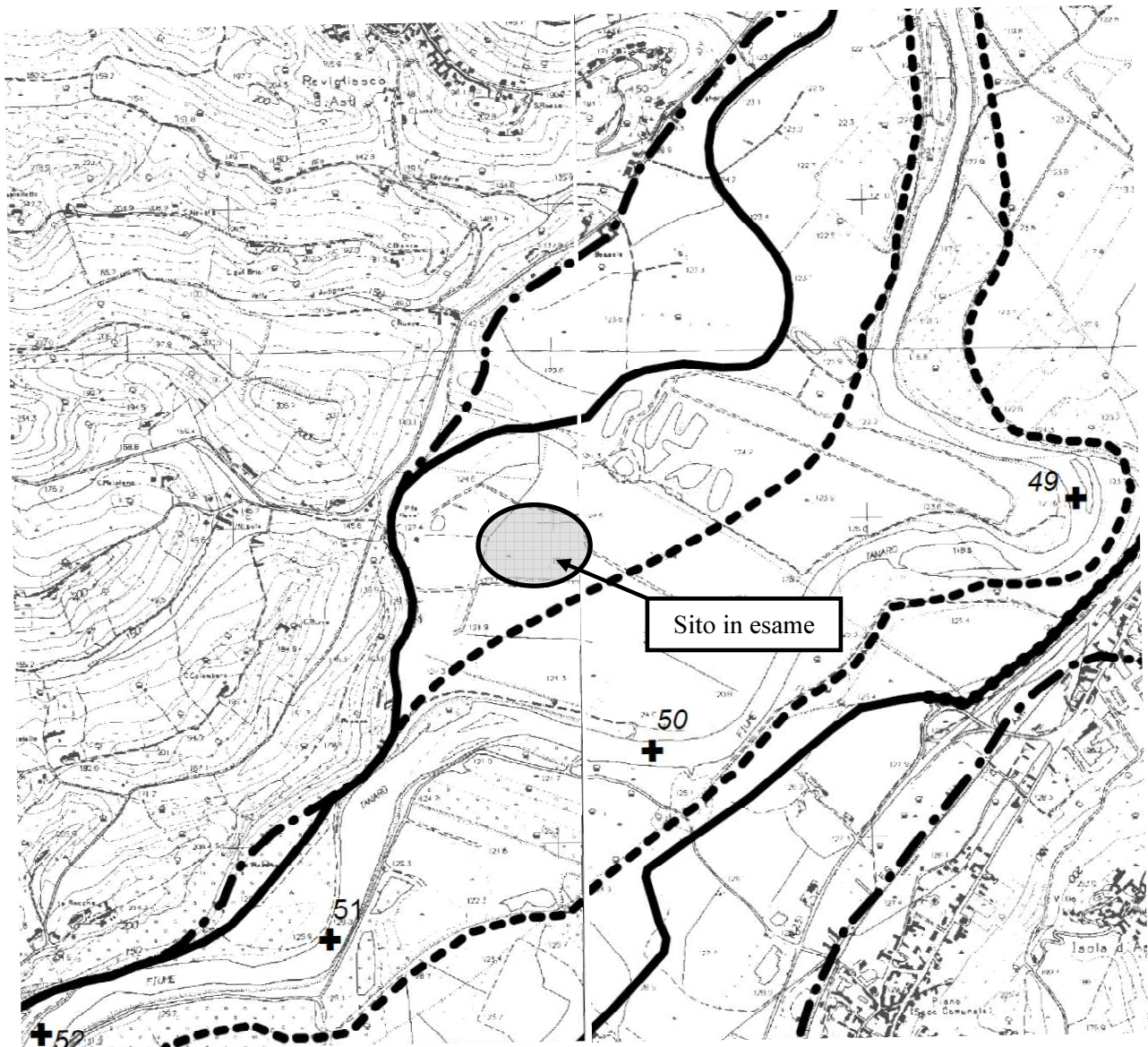
In particolare, per la delimitazione delle fasce fluviali del f. Tanaro è risultata determinante la perimetrazione delle aree esondate in occasione dell’evento alluvionale del novembre 1994 che, come si è visto, è stata assunta come riferimento per la definizione della “*Fascia C*”, ossia della “Area di inondazione per piena catastrofica”.

Relativamente al sito in esame, la perimetrazione delle fasce fluviali del f. Tanaro, riportata negli elaborati del P.S.F.F., adottati da parte dell’Autorità di Bacino del F. Po, nella loro prima stesura, nel febbraio 1996, è stata poi riveduta ed aggiornata da parte della stessa Autorità di Bacino del F. Po nell’ambito del successivo P.A.I., adottato nel maggio 1999, a sua volta soggetto ad ulteriori approfondimenti ed aggiornamenti.

Come visibile sull’allegato estratto cartografico, tratto dal sito *web* dell’Autorità di Bacino del F. Po, l’area oggetto di studio risulta compresa nella perimetrazione della *Fascia B*, che in questo tratto del f. Tanaro si estende per alcune centinaia di metri in sponda sinistra del corso d’acqua.





Si deve osservare, a tale proposito, che l’attuale perimetrazione delle fasce fluviali, nell’ambito di studio, deriva da una variante alle Tavole 175 II e 175 III del PAI (“ *Variante 8 bis*”) per le quali l’elaborato n. 9 del PAI “*Secondo piano stralcio delle Fasce Fluviali – Relazione generale*” indica una “*modifica del limite della Fascia B in sinistra Tanaro all’altezza dell’abitato di Isola d’Asti in corrispondenza del terrazzo morfologico, nel rispetto della morfologia dei luoghi. Comuni interessati: Revigliasco d’Asti e Antignano*”.

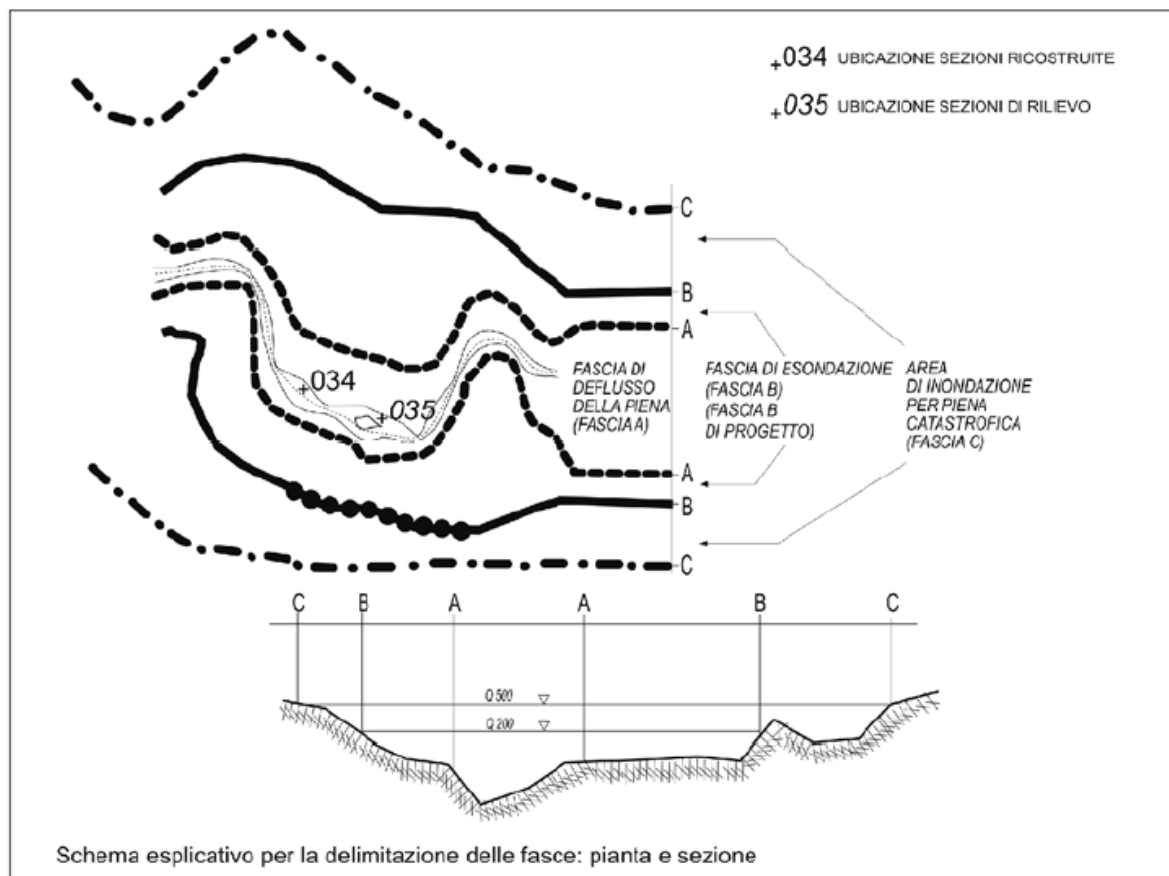
Nello specifico, per effetto di tale aggiornamento è stata ampliata l’estensione delle fasce fluviali in sponda sinistra: la *Fascia B* risulta quindi più ampia rispetto alla perimetrazione riportata nelle prime stesure del P.S.F.F., ripresa e trasposta negli elaborati del P.R.G. di Antignano (sui quali, non ancora aggiornati, l’estensione della *Fascia B* risulta quindi minore rispetto alla attuale vigente perimetrazione).



Individuazione del sito in esame su estratto da:
Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)
Tavole di delimitazione delle fasce fluviali
Foglio 175, Sezz. II e III; scala 1:25.000 circa.
Fonte: sito *web* dell'Autorità di Bacino del F. Po (<http://www.adbpo.it>)

LEGENDA

	limite (*) tra la Fascia A e la Fascia B
	limite (*) tra la Fascia B e la Fascia C
	limite (*) esterno della Fascia C
	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C



2.3.2. Vincoli derivanti dalla presenza di infrastrutture

L'area oggetto dell'intervento estrattivo è situata nella pianura alluvionale del fiume Tanaro, in sponda orografica sinistra. La zona che si intende scavare è alquanto discosta dalle abitazioni vicine, trovandosi in un'area decisamente marginale rispetto all'abitato di Antignano, posto circa 2 km a ovest, sulle colline.

Le principali infrastrutture presenti in questa zona sono riferibili essenzialmente alla rete viaria: al margine del fondovalle, in sponda sinistra, è presente la S.P. n. 8 Asti – Govone che, proveniente dal capoluogo provinciale, giunta in località Ponte Ravè risale il rilievo collinare per raggiungere l'abitato di Antignano, posto sulla sommità del medesimo.

In sponda destra, sul lato opposto del fondovalle del Tanaro, corre invece la S.S. n. 456 del Turchino, il cui tracciato è parallelo a quello della linea ferroviaria Asti – Castagnole; sempre in sponda destra, negli anni trascorsi è stato realizzato il tracciato dell'Autostrada Asti – Cuneo.

Per quanto riguarda la viabilità locale, si possono notare poi alcune strade vicinali e campestri, non asfaltate: si tratta, in genere, di semplici piste sterrate, utilizzate dai mezzi agricoli per raggiungere i campi ed i poderi della zona. La maggior parte di queste strade sterrate, legate al semplice passaggio dei mezzi agricoli sul bordo dei campi, non è nemmeno riportata sulle mappe catastali: la loro esistenza, infatti, è piuttosto "effimera", in quanto spesso, da una stagione all'altra, vengono cancellate durante le lavorazioni del terreno (aratura, etc...).

La zona considerata è caratterizzata da un utilizzo essenzialmente agricolo; sono altresì presenti alcuni specchi d'acqua, in territorio del limitrofo Comune di Revigliasco, derivanti da pregressi scavi estrattivi (condotti prima del 1990, essendo gli stessi già riportati sulla cartografia CTR): negli anni trascorsi, gli stessi sono stati unificati ed accorpati, dando origine ad un bacino di maggiori dimensioni, adibito ad attività sportive e ricreative.

Per quanto riguarda gli insediamenti abitativi, nell'area in esame gli stessi si limitano, in sponda sinistra del Tanaro, ad una serie di cascinali concentrati al piede dei rilievi collinari, lungo la S.P. Asti - Govone, mentre gli insediamenti hanno sempre evitato, storicamente, il vero e proprio fondovalle del Tanaro.

Relativamente al corpo di terreni oggetto del previsto intervento estrattivo, il P.R.G. del Comune di Antignano, anticipando quanto verrà illustrato nel seguito, riporta la presenza, nella piana di fondovalle del Tanaro a est della fraz. Perosini, di *“pozzi sorgivi dismessi”*.

Rispetto a quanto riportato negli elaborati redatti a corredo del P.R.G., le verifiche svolte in sito hanno fatto riscontrare la presenza, al momento attuale, di un unico pozzo, presente sul margine occidentale del corpo di terreni in parola, esternamente ai medesimi, e ubicato catastalmente in corrispondenza al mappale n. 318 del F° X.

Secondo le informazioni disponibili, si tratta di un pozzo attualmente dismesso, adibito in passato all'alimentazione della rete acquedottistica comunale, che attingeva alla falda acquifera superficiale, ospitata nel materasso alluvionale del f. Tanaro.

La dismissione e disattivazione del pozzo è avvalorata dal fatto che al momento attuale, nell'ambito del Comune di Antignano il Servizio Idrico Integrato (S.I.I.) è gestito dall'Acquedotto della Piana S.p.A., con sede in Villanova d'Asti, che gestisce tale servizio in un gruppo di Comuni posti nel settore orientale della Provincia di Asti, alimentandone la rete acquedottistica mediante pozzi in falda profonda ubicati esternamente alla valle del Tanaro.

Il pozzo in parola ha quindi perso la sua funzione, non solo per la disponibilità di nuove risorse idriche, ma anche perché la falda acquifera cui esso attingeva, trattandosi di falda superficiale, non presenta caratteristiche idonee ai fini dell'approvvigionamento idropotabile.

La vulnerabilità della falda acquifera presente nel materasso alluvionale che riveste il fondovalle del Tanaro è connessa infatti sia alla ridotta profondità alla quale la stessa si imposta, sia ai rapporti di interscambio con la rete idrografica superficiale (il f. Tanaro), sia per le intrinseche caratteristiche geologiche dell'area, come segnalato in studi condotti dall'Università di Torino sulla qualità delle acque sotterranee nella zona in esame ⁽¹⁾.

Come evidenziato dagli studi in parola, in tutta la fascia perifluviale, infatti, compresa tra il piede dei rilievi collinari e l'alveo del Tanaro, si hanno valori medi di soggiacenza molto bassi, dell'ordine di circa 5 - 6 metri o anche meno, così che la percolazione in falda di eventuali sostanze inquinanti può essere un processo estremamente rapido.

A ciò si aggiunge la diffusa presenza di un'agricoltura di tipo intensivo, con utilizzo di presidi chimici e con considerevoli apporti irrigui, legati all'elevata permeabilità dei depositi fluviali costituenti i livelli superficiali del materasso alluvionale: si tratta, infatti, di prevalenti ghiaie e sabbie con ciottoli, ossia di materiali prevalentemente grossolani che non sono in grado di filtrare efficacemente gli apporti inquinanti.

I possibili impatti antropici, connessi in genere all'attività agricola, vanno ad inserirsi su un contesto "naturale" preesistente già caratterizzato da rilevanti problematiche di origine strettamente geologica: gli studi in parola hanno evidenziato che lungo il fondovalle del Tanaro, nel tratto astigiano, *"la qualità delle acque destinate all'irrigazione, salvo rare eccezioni, non è ottimale e, in alcuni casi, risulta teoricamente inutilizzabile per tale scopo"*, tanto che *"l'utilizzo ad uso irriguo di tali acque comporta un alto pericolo di accumulo salino nel suolo e, a causa della presenza di alte concentrazioni di cloruro e sodio, si possono avere effetti tossici sulle coltivazioni"* ⁽²⁾.

Il quadro idrogeochimico naturale delle acque sotterranee della zona in esame è caratterizzato infatti dalla presenza di elevati tenori di ioni cloruro e solfato, riconducibile alla presenza, nei litotipi di origine marina che costituiscono il substrato pre-Quaternario, di acque marine "fossili", ricche in cloruro di sodio; così pure, le formazioni gessose del "Messiniano" affioranti lungo l'asse vallivo del Tanaro e nei rilievi collinari circostanti, sono oggetto di

⁽¹⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., "Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro", Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

⁽²⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., "Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro", Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

dilavamento da parte delle acque meteoriche di infiltrazione efficace, che ne dilavano quindi i sali solubili veicolandoli verso la falda che si imposta lungo il fondovalle del Tanaro.

Come si è discusso in precedenza, secondo le informazioni disponibili il pozzo in parola risulta attualmente dismesso e non più operante, quantomeno in funzione idropotabile: vengono quindi a decadere eventuali vincoli conseguenti alla presenza del pozzo stesso.

2.4. Strumenti urbanistici

Il vigente strumento urbanistico del Comune di Antignano è costituito dal Piano Regolatore Generale Comunale, sotto forma della Variante generale con adeguamento alla L.R. 19/99 ed al PAI, approvato dalla Regione Piemonte con la D.G.R. n. 12 - 5794 del 27 aprile 2007.

Il piano in parola è stato poi oggetto di successive Varianti parziali e di adeguamento; una prima Variante di adeguamento ai sensi della L.R. 28/99 (Variante parziale ex art. 17, comma 7, della L.R. 56/77) è stata approvata con Del. C.C. n. 29 del 27.10.2008, mentre una successiva modificazione ai sensi del comma 8 dell'art. 17 della L.R. 56/77, relativa alla correzione di errori materiali nelle Schede normative, è stata approvata con Del. C.C. n. 41 del 27.11.2009.

E' stata predisposta, infine, una Variante parziale (sempre ex art. 17, comma 7, della L.R. 56/77) finalizzata alla modifica dell'art. 10 delle N.T.A..

Con riferimento al P.R.G.C. vigente (Cfr.: Tav. 4.1 – *“Planimetria generale – Classificazione ambiti edificati, interventi ammessi”*), reperita e consultata mediante il sito web dell'Amministrazione Comunale e di cui si riporta in allegato un estratto) si osserva che l'area di indagine risulta classificata alla voce *“Aree e manufatti di pregio architettonico ed ambientale”*, e più precisamente come *“Oasi del Tanaro (D.M. 01.08.85)”*, rimandando all'art. 12 delle Norme di Attuazione; ciò in quanto l'area risulta compresa, come già segnalato, nella perimetrazione di cui al D.M. 01.08.85 (c.d. *“Galassini”*).

Il P.R.G.C. vigente, per ciò che concerne la tutela di tale area, rimanda, con il citato art. 12 delle N.T.A., ai disposti di cui al D.Lgs. n. 42/2004 *“Codice dei beni culturali e del paesaggio”*.

Inoltre, dal punto di vista della pericolosità geomorfologica ed idrogeologica e della conseguente idoneità all'utilizzazione urbanistica l'area ricade nell'ambito dei *“Settori inedificati”* della Classe III, che corrisponde a *“Settori caratterizzati da elevata pericolosità geologica legata alla presenza di frane recenti o antiche, quiescenti o attive, o da condizioni geomorfologiche predisponenti l'insorgere di processi gravitativi”*.

A tale riguardo, si deve peraltro ricordare che la classificazione prevista dalla Circolare P.G.R. 7/LAP è finalizzata esclusivamente alle tematiche relative alla *“utilizzazione urbanistica”* del territorio comunale, in termini di idoneità di una determinata area alla sua potenziale urbanizzazione ed alla realizzazione, in particolare, di nuove unità ed insediamenti abitativi.

Tale classificazione non ha invece attinenza specifica con l'idoneità o meno di un'area allo svolgimento di attività estrattive, la cui individuazione e programmazione è demandata invece, come rimarcato dai più recenti provvedimenti normativi (Cfr.: Legge Regionale n. 23 del 29.10.2015 *“Riordino delle funzioni amministrative conferite alle Province in attuazione della legge 7 aprile 2014, n. 56 - Disposizioni sulle città metropolitane, sulle province, sulle unioni e fusioni di comuni”*) agli strumenti di pianificazione territoriale di livello sovracomunale.

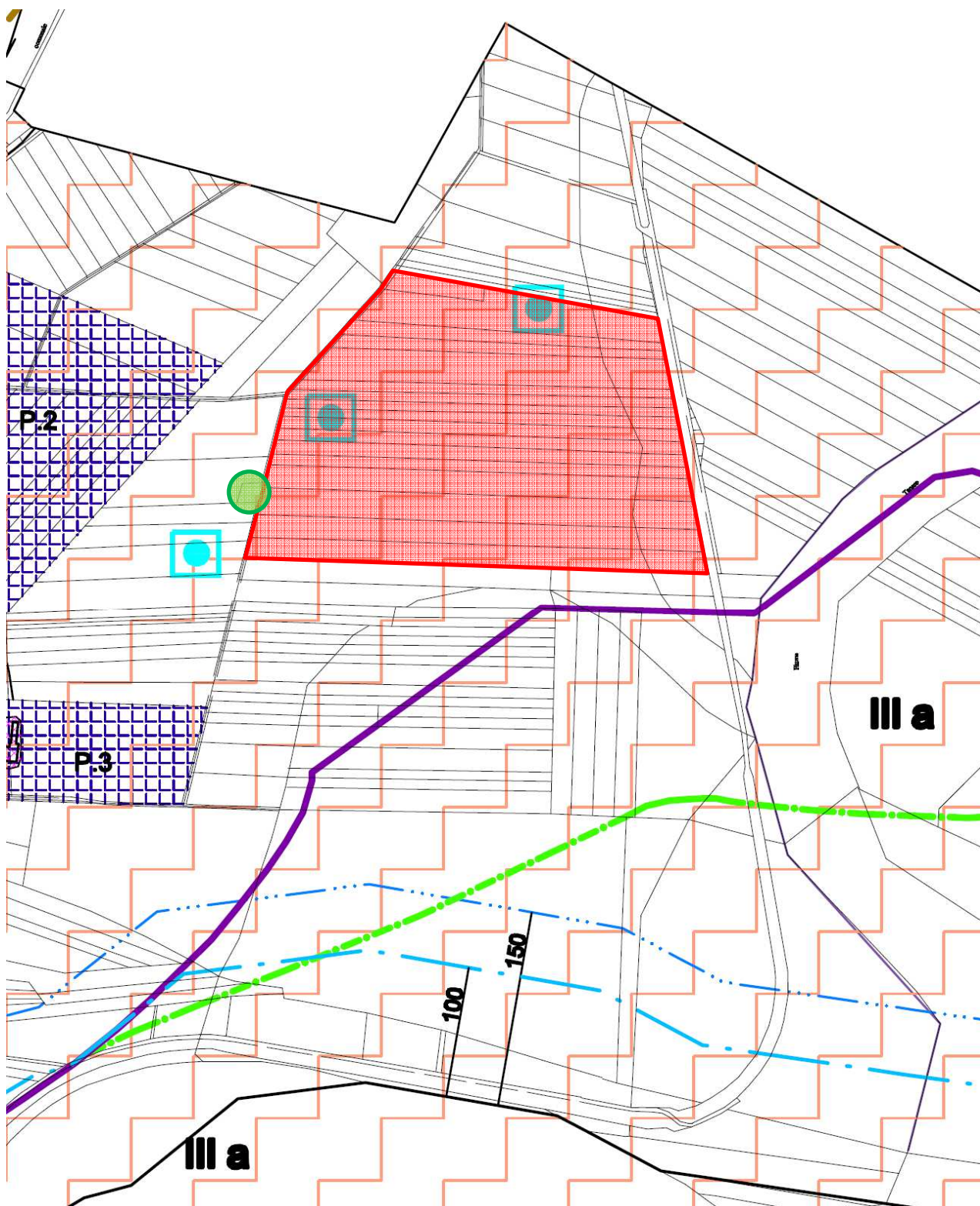
Ciò è confermato dalle disposizioni specifiche delle N.T.A. in materia di attività estrattive, riportate all'art. 18, in base alle quali *“tutte le richieste per la coltivazione di cave o per movimenti*

di terra in estensione delle attività estrattive esistenti, dovranno adeguarsi ai limiti ed alle prescrizioni previste dalla vigente legislazione regionale e nazionale ed al rispetto delle Direttive del Piano Attività Estrattive (D.P.A.E.) approvato con D.G.R. n. 27-1247 del 6711/2000”.

Gli elaborati del P.R.G. di Antignano riportano ancora una delimitazione delle fasce fluviali del Tanaro, in particolare per quanto riguarda la Fascia B, di minore estensione rispetto alla corrente perimetrazione riportata nelle cartografie predisposte dall’Autorità di Bacino del f. Po, conseguente ai più recenti aggiornamenti del P.S.F.F. e del P.A.I..












Nello specifico, per effetto di tali aggiornamenti ed approfondimenti è stata ampliata l’estensione delle fasce fluviali in sponda sinistra rispetto alla perimetrazione riportata nelle prime stesure del P.S.F.F., così che l’area oggetto di studio, che in base alle perimetrazioni del P.R.G. ricadrebbe esternamente alla Fascia B, vi è stata invece inclusa.

Individuazione dell'area in esame (contorno rosso) su estratto del P.R.G.C. del Comune di Antignano (Tav. 4.1 – Planimetria generale – Classificazione ambiti edificati, interventi ammessi). E' indicata (cerchio verde) la posizione del pozzo idropotabile dismesso presente sul margine occidentale, in corrispondenza al mappale n. 318 del F° X. Scala 1:5.000. Legenda alla pagina seguente.






LEGENDA






AREE PER ATTREZZATURE E SERVIZI PUBBLICI

	AREE A VERDE ATTREZZATO (art.19 N.T.A.)
	AREE PER PARCHEGGI PUBBLICI (art.19 N.T.A.)
	AREE PER ATTREZZATURE D'INTERESSE COMUNE (art.19 N.T.A.)
	AREE PER L'ISTRUZIONE (art.19 N.T.A.)
	AREA CIMITERIALE
	AREE PER SERVIZI PUBBLICI RELATIVE ALLE VARIAZIONI D'USO DI CARATTERE TERZIARIO, AMMESSE
	AREE PER DEPURATORI IN PROGETTO
	AREE PER DEPURATORI ESISTENTI
	SERVIZI PUBBLICI ESISTENTI
	SERVIZI PUBBLICI IN PROGETTO
	POZZI SORGIVI DISMESSI

AREE E MANUFATTI DI PREGIO ARCHITETTONICO E AMBIENTALE

	AREE AGRICOLE A PROTEZIONE DEI CENTRI ABITATI (art.28 N.T.A.)
	AREA DI TUTELA PAESAGGISTICA (art.17 N.T.A.)
	OASI DEL TANARO (D.M. 1/8/85) (art.12 N.T.A.)

AREE VINCOLATE E FASCE DI RISPETTO

	LIMITE VINCOLO D. lgs 29/10/99 n. (ex L. 431/85) (art.12 N.T.A.)
	LIMITE ATTUALE DEL CORSO FIUME TANARO
	FASCIA DI RISPETTO art.29 L.R. n.56/77 a s.m.i. (art.12 N.T.A.)
	FASCIA DI RISPETTO CIMITERIALE, DEL DEPURATORE, STRADALE ED ELETTRDOTTO (art.16 N.T.A.)
	PERIMETRO VINCOLO IDROGEOLOGICO (art.15 N.T.A.)

AREE NORMATIVE ED INTERVENTI AMMESSI



CENTRO STORICO (art.21 N.T.A.)



AREE EDIFICATE DI RISTRUTTURAZIONE (art.22 N.T.A.)



AMBITO DI TRASFORMAZIONE EDILIZIA (art.22 N.T.A.)



AMBITI DI CONSERVAZIONE DI TIPO "A" IN AREA DI RISTRUTTURAZIONE (art.22 N.T.A.)



ANNUCLEAMENTI RESIDENZIALI PERIFERICI (art.23 N.T.A.)



LOTTE LIBERI IN ANNUCLEAMENTI RESIDENZIALI PERIFERICI (art.23 N.T.A.)



AREE DI COMPLETAMENTO (art.24 N.T.A.)



LOTTE LIBERI IN AREE DI COMPLETAMENTO (art.24 N.T.A.)



AREE DI CONSOLIDAMENTO EDILIZIO (art.24 N.T.A.)



AREE PRODUTTIVE DI RIORDINO E COMPLETAMENTO (art.30 N.T.A.)



LOTTO LIBERO IN AREA PRODUTTIVA DI RIORDINO E COMPLETAMENTO (art.27 N.T.A.)



AREE DI NUOVO IMPIANTO (art.25 N.T.A.)



AREE AGRICOLE (art.28 N.T.A.)



AREE AGRICOLE (aree non edificandi c.19 art.25, L.R.n.56 / 77) (art.28 N.T.A.)



AMBITI DI CONSERVAZIONE DI TIPO "A" IN AREA AGRICOLA (art.22 N.T.A.)












AMBITO DI RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE (art.22 N.T.A.)



AMPLIAMENTO VIABILITA' ESISTENTE E NUOVI TRACCIATI STRADALI



AREA CANTINA SOCIALE (art.28 N.T.A.)

	PERICOLOSITA' GEOLOGICA	PRESCRIZIONI PER L'USO URBANISTICO-EDILIZIO
CLASSE II	<p>SETTORI CARATTERIZZATI DA MODERATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA LEGATA A CONDIZIONI DI DRENAGGIO SUPERFICIALE ANOMALO, DI ACCLIVITA' MEDIA ED A CARATTERISTICHE GEOTECNICHE MEDIOCR</p>  	<p>Gli interventi sia pubblici sia privati sono consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88 n° 47</p> <p>II - 1 - Oltre ad ottemperare a quanto prescritto dalle norme vigenti in ambito geologico, le nuove realizzazioni dovranno individuare con progetto esecutivo le soluzioni tecniche di mitigazione</p> <p>II - 2 - Oltre a quanto esposto al punto precedente gli interventi di mitigazione dovranno essere indirizzati alla regolamentazione delle acque superficiali. Non è inoltre consentita la realizzazione di terrazzamenti e riporti che modifichino in modo significativo l'andamento topografico locale</p>
CLASSE III	<p>SETTORI CARATTERIZZATI DA ELEVATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA LEGATA ALLA PRESENZA DI FRANE RECENTI O ANTICHE, QUIESCENTI O ATTIVE, O DA CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE PREDISPOSTE ALL'INNESCO DI PROCESSI GRAVITATIVI</p>  	<p>IIIa - SETTORI INEDIFICATI</p> <p>Tali settori non sono idonei ad ospitare nuovi insediamenti. Per gli edifici isolati eventualmente presenti si potranno prevedere interventi di manutenzione, di risanamento e di ampliamento funzionale senza aumento del carico abitativo. Nuove edificazioni saranno autorizzate esclusivamente nell'ambito delle aziende agricole e zootecniche esistenti, se strettamente connesse all'attività medesima.</p> <p>IIIb - SETTORI EDIFICATI</p> <p>III - b2 - Sarà possibile procedere a nuove edificazioni, cambi di destinazione d'uso, ampliamenti o completamenti solo in seguito alla realizzazione di opere di sistemazione idrogeologica.</p> <p>III - b3 - A seguito della realizzazione delle opere di sistemazione idrogeologica saranno possibili esclusivamente interventi di manutenzione, risanamento ed ampliamento, con modesto incremento del carico abitativo. Per le nuove edificazioni vale quanto esposto per la classe IIIa</p>
	<p>AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO - PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI ADOTTATO CON DELIBERAZIONE N. 28/97, APPROVATO CON D.P.C.M. DEL 24/07/1998</p>	<p>Fascia A </p> <p>Fascia B </p> <p>Fascia C </p>
FRANE	 <p>Frane attive - FAn</p>  <p>Frane quiescenti - FQn</p>	

3. RELAZIONE GEOLOGICA

Per quanto riguarda la descrizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area interessata dall'intervento estrattivo, si rimanda a quanto discusso nell'ambito dell'allegato Studio di Impatto Ambientale, e più precisamente nel Quadro Ambientale.

4. STUDIO IDRAULICO E DELLA DINAMICA FLUVIALE

4.1. Definizione delle problematiche e finalità dello studio

L'area oggetto di richiesta autorizzativa è posta nei pressi del f. Tanaro, in sponda sinistra idrografica, nella piana di fondovalle in cui affiorano i depositi alluvionali del corso d'acqua.

L'intervento estrattivo in progetto non contempla, comunque, escavazioni in alveo: le planimetrie allegate alla presente relazione progettuale documentano anzi chiaramente le distanze di rispetto dal fiume che verranno osservate durante la coltivazione della cava.

Il corso d'acqua è stato peraltro interessato, nel corso degli anni trascorsi, da diffusi interventi di disalveo (“ricalibratura”) e di sistemazione spondale, effettuati da parte del Magistrato per il Po (ora A.I.P.O.) e degli altri Uffici Competenti, che localmente ne hanno modificato, anche in modo significativo, la morfologia e la conformazione spondale.

Per definire più esattamente le caratteristiche dell'area richiesta in autorizzazione, al fine di consentire una esatta valutazione delle possibili interazioni dell'attività estrattiva con l'adiacente corso d'acqua, si è provveduto ad esaminare la tendenza evolutiva naturale e la dinamica fluviale del Tanaro in questo tratto, secondo quanto previsto dal D.P.A.E., al fine di evidenziare le eventuali situazioni di criticità e di rischio relativamente al presente progetto estrattivo.

Più precisamente, sulla base di quanto richiesto dalla normativa vigente, sono stati condotti alcuni studi di dettaglio, al fine di verificare la compatibilità del progetto di attività estrattiva con i criteri di pianificazione a scala di bacino e difesa del suolo attualmente vigenti.

4.2. Inquadramento territoriale e piano fasce

4.2.1. Ubicazione dell'area

L'area in oggetto è ubicata in sponda sinistra del f. Tanaro, nel tratto compreso tra Alba ed Asti, pochi Km a monte di quest'ultima località.

L'area in parola è racchiusa tra il piede dei rilievi collinari e un'ampia ansa del Tanaro, rispetto al cui tracciato i confini amministrativi risultano oggi non concordanti; in particolare, come evidenziato dall'allegato estratto di cartografia BDTRE, il corso d'acqua, dopo essersi portato, tra le località Perosini e Rocche, a sud dell'abitato di Antignano, a lambire il piede delle colline, a sud del sito in esame descrive un'ampia ansa verso est, portandosi progressivamente verso il settore centrale del fondovalle, per modellare poi uno spiccato meandro verso est, sino a portarsi, dopo circa 2,5 Km, in località "Molini d'Isola", in prossimità del tracciato della S.S. 456 in Comune di Isola d'Asti, e della limitrofa Autostrada Asti – Cuneo.

Il settore di fondovalle posto in sinistra idrografica è poi suddiviso dalla presenza di un vecchio argine, diretto verso NNW e riportato sulle cartografie IGM, che separava la porzione più elevata del fondovalle, compresa tra l'argine stesso ed il piede dei rilievi collinari e sulla quale sorge il sito in esame, dalla porzione geologicamente più recente, interessata dalla presenza di tracce di modellamento fluviale, sotto forma di un'ampia ansa meandriforme, testimonianza di un ramo fluviale abbandonato dal f. Tanaro.

Come indicato dalle quote altimetriche riportate sull'allegato elaborato cartografico (Cfr. Tav. 2 – Planimetria stato attuale), i terreni posti a est dell'argine, nella fascia compresa tra quest'ultimo ed il corso d'acqua, sono stati oggetto di coltivazione mineraria negli anni trascorsi, sia in territorio del Comune di Antignano (settore meridionale) che in quello di Revigliasco d'Asti, così che quasi tutta la porzione orientale dell'area racchiusa nell'ansa fluviale, in sponda sinistra del Tanaro, risulta ora altimetricamente ribassata.

I terreni sul fondovalle mostrano infatti un andamento sub-pianeggiante, con una quota topografica media di circa 123 - 124 m s.l.m., come risulta dalle sezioni e dalle planimetrie allegate (Cfr.: Tav. 2 - Planimetria stato attuale e Tav. 5 - Sezioni stato attuale, massimo scavo e finale).

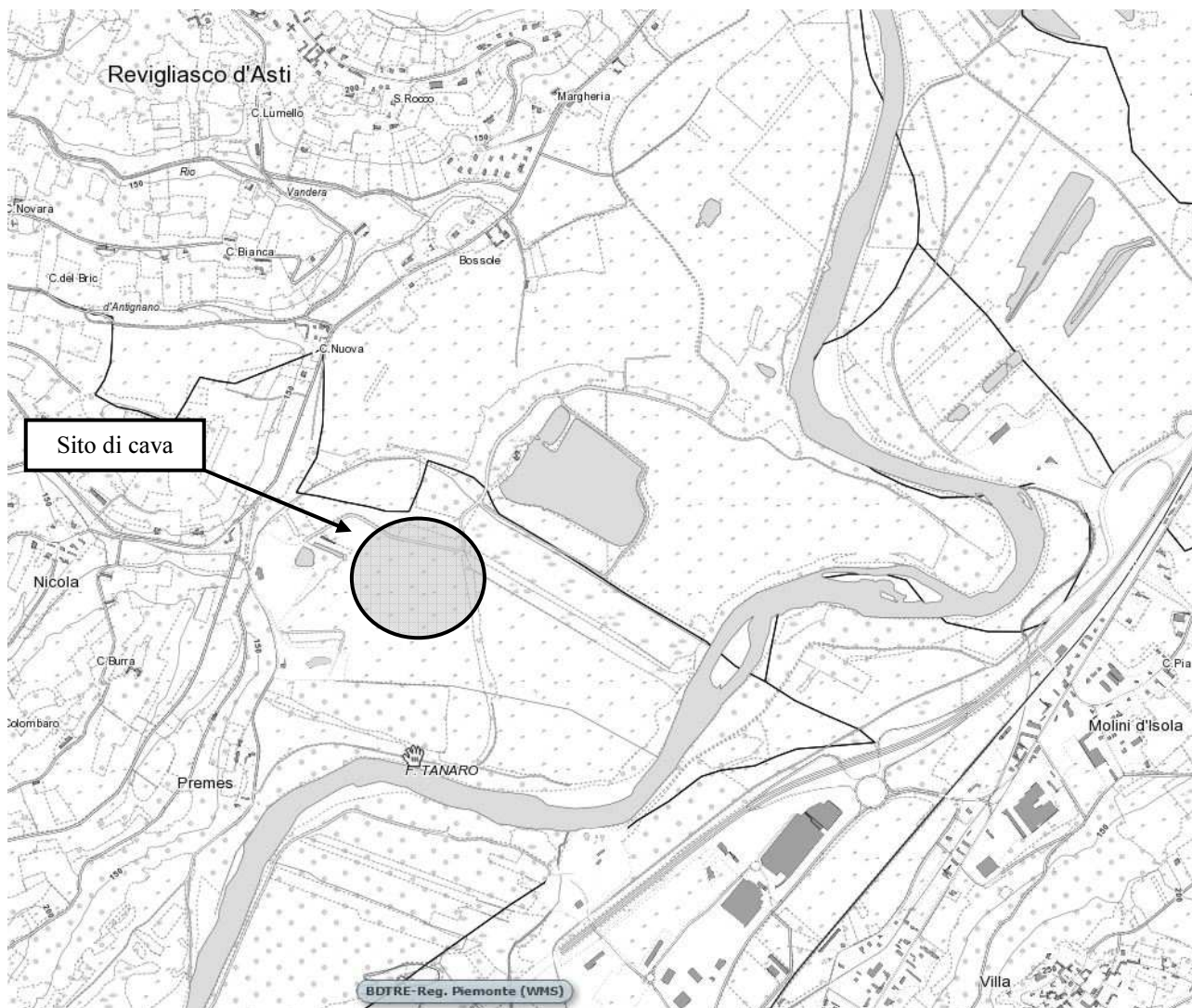
Il corso d'acqua, in corrispondenza dei terreni interessati dall'attività estrattiva, si imposta ad una quota del pelo libero che scende dai circa 117 metri s.l.m. dell'estremità di monte ai circa 116 m s.l.m. di quella di valle; esso risulta delimitato da sponde alte sino a 5÷6 metri, anche se localmente, soprattutto in sinistra idrografica, il dislivello risulta ripartito tra diverse scarpate di altezza minore, con fasce di terreno a diversa altezza.

La quota dei terreni interessati dal progetto di cava, pari a circa 124 m s.l.m., è quindi sopraelevata mediamente di almeno 5÷6 m rispetto al pelo libero del fiume Tanaro; fra l'area di cava ed il corso d'acqua si nota altresì la presenza, come segnalato, di estese aree già ribassate negli anni trascorsi per effetto di precedenti interventi estrattivi, dalle quali i terreni stessi sono separati mediante scarpate di altezza da metrica a plurimetrica, in particolare sul lato sud: di conseguenza,

l'intervento estrattivo in progetto è stato impostato così da pervenire al raccordo e livellamento morfologico del sito di cava con le adiacenti aree già ribassate in precedenza.

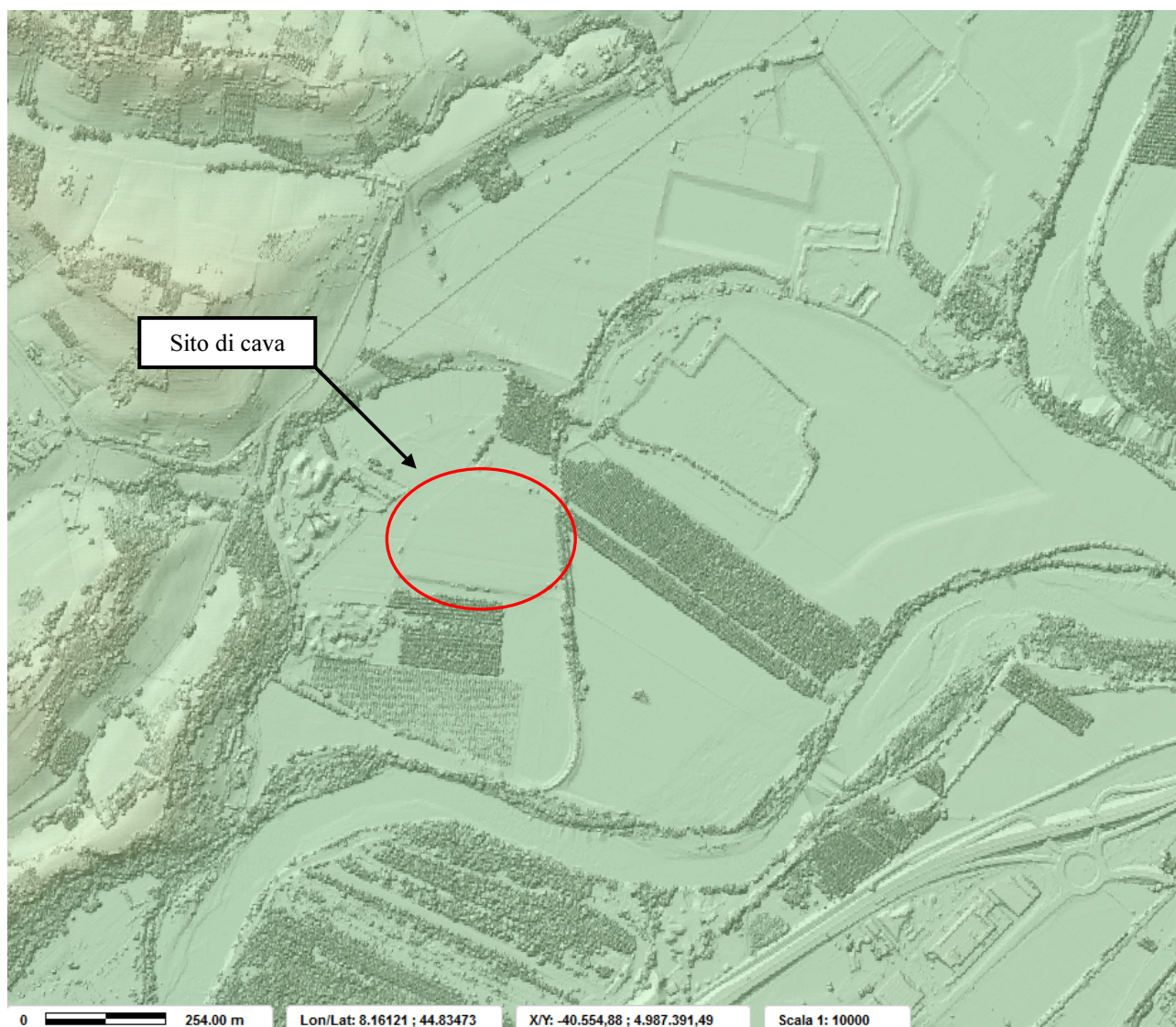
A tale proposito, mediante l'apposito servizio di visualizzazione consultabile sul Portale Cartografico Nazionale (ora "Geoportale Nazionale") del Ministero dell'Ambiente (<http://www.pcn.minambiente.it/GN/>), è possibile individuare l'area in esame sulle restituzioni grafiche dei rilievi LIDAR (Regione Piemonte, volo 2008), che, con apposite ombreggiature, evidenziano le singolarità morfologiche presenti nella piana alluvionale del fiume Tanaro.

Come visibile nell'allegato estratto, sono riconoscibili le scarpate che delimitano non solo l'alveo fluviale ed i terrazzamenti naturali, ma anche quelle di origine artificiale che racchiudono le aree ribassate negli anni trascorsi in quanto oggetto di attività estrattiva: a fronte dell'assetto curvilineo dei terrazzamenti di origine naturale, che riprendono il tracciato di antichi percorsi fluviali, queste ultime sono infatti caratterizzate da una spiccata regolarità geometrica.



Individuazione del sito estrattivo in esame su estratto di cartografia B.D.T.R.E. ⁽³⁾. Scala 1:20.000 circa,

⁽³⁾ Cfr.: <http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/GeoViewerArpa/index.html>.



Individuazione dell'area oggetto dell'intervento estrattivo su estratto di restituzione LIDAR (Regione Piemonte, volo 2008)

4.2.2. Assetto planoaltimetrico e ubicazione dell'area rispetto alle fasce fluviali del f. Tanaro

L'andamento plano-altimetrico dell'area in esame è stato ricostruito su supporto informatico in formato vettoriale in base al rilievo condotto per restituzione fotogrammetrica da un volo aereo del dicembre 2006, ampliato ed aggiornato, relativamente al sito in esame, con aggiornamento a terra nel marzo 2015.

Si ritiene che le differenze temporali tra i diversi rilievi ed aggiornamenti, non influenzino i risultati delle presenti analisi in quanto, nel periodo intercorso, non sono intervenuti, nel tratto di Tanaro in oggetto, eventi di piena significativi che possano aver alterato lo stato dei luoghi in modo apprezzabile.

L'area oggetto di autorizzazione ricade nelle fasce fluviali del fiume Tanaro definite e perimetrate dall'Autorità di Bacino del fiume Po.

Come noto, gli studi preliminari redatti dall'Autorità di Bacino nell'ambito della stesura del P.S.F.F. e del successivo PAI, avevano portato a quantificare le portate di piena, per eventi con specifico tempo di ritorno, utilizzate poi per la perimetrazione delle fasce fluviali del f. Tanaro nell'ambito del P.S.F.F.: nell'implementazione di quest'ultimo, infatti, le portate stesse, riferite a specifiche sezioni di deflusso, avevano consentito di ricostruire il profilo di piena del corso d'acqua oggetto di perimetrazione, ricavando per ciascuna specifica sezione di deflusso l'altezza idrometrica associata alla portata idrica di riferimento.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è stato redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po. La classificazione delle Fasce Fluviali, evidenziata da apposito segno grafico nelle tavole grafiche appartenenti al piano stralcio stesso, e riproposta nelle figure allegate, è la seguente:

- Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento (per la quale viene assunto un tempo di ritorno $T_r = 200$ anni), ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento; 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); con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo;
- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), 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; con riferimento ai corsi d'acqua per cui sono state delimitate le fasce, la piena di riferimento per la Fascia C è stata assunta come segue:
 - asta del Tanaro, evento di piena del novembre 1994;

- restante parte dei corsi d'acqua principali nel sottobacino sotteso alla confluenza con il Tanaro: piena teorica con tempo di ritorno 500 anni.

In relazione alla rappresentazione grafica adottata sulla cartografia allegata al P.S.F.F., redatta in scala 1:25.000, nei casi in cui le linee di delimitazione delle fasce A e B coincidono, viene rappresentato convenzionalmente solamente il limite della Fascia B.

Così pure, nei casi in cui, in ragione dell'andamento topografico del terreno il limite esterno della Fascia C coincide con quello della B, viene rappresentato convenzionalmente solamente il limite della Fascia B.

Relativamente al sito in esame, la perimetrazione delle fasce fluviali del f. Tanaro, riportata negli elaborati del P.S.F.F., adottati da parte dell'Autorità di Bacino del F. Po, nella loro prima stesura, nel febbraio 1996, è stata poi riveduta ed aggiornata da parte della stessa Autorità di Bacino del F. Po nell'ambito del successivo P.A.I., adottato nel maggio 1999, a sua volta soggetto ad ulteriori approfondimenti ed aggiornamenti.

In relazione al tracciamento delle fasce fluviali in corrispondenza del tratto di Tanaro in esame, nella relazione illustrativa ed esplicativa allegata al Piano Stralcio delle Fasce fluviali del fiume Po, si legge quanto segue:

“8.2.2.2. Fiume Tanaro

La delimitazione delle fasce fluviali è stata eseguita con riferimento a un assetto di progetto del corso d'acqua prevalentemente definito sulla base di esigenze di carattere idraulico, legate alla messa in sicurezza degli abitati e delle infrastrutture principali, nei confronti dei rischi di inondazione e di difesa dai fenomeni erosivi. Scarsamente rilevanti sono i fenomeni di divagazione dell'alveo, in quanto tipicamente monocursale, con modesta tendenza a modificazioni morfologiche. I criteri di delimitazione della Fascia B hanno comportato l'inglobamento delle aree di pregio naturalistico legate all'ambiente fluviale, in quanto tutte comprese all'interno delle aree interessate da inondazione. La Fascia C coincide con il limite delle aree inondate nel corso della piena del novembre 1994.

La delimitazione delle tre fasce ha utilizzato, a livello di verifica e di adeguamento dei tracciati, la rilevazione dettagliata, eseguita dalla Regione Piemonte, attraverso i diversi Servizi, e dal CNR - I.R.P.I., della piena del novembre 1994, con riferimento soprattutto al limite dell'area esondata, per la delimitazione della Fascia C, e al limite dell'area interessata dal deflusso in piena e dai fenomeni di erosione connessi (per la Fascia A).

Tratto Alba - Asti. La Fascia B coincide per la prima parte con l'area inondabile per la piena di riferimento; in destra, dal ponte di Canove sino ad Asti il limite della fascia si attesta su un rilevato arginale da realizzare; in sinistra permane non vincolata artificialmente fino alla zona sud di Asti, dove si innesta il sistema difensivo della città. Nel tratto urbano di Asti il limite della Fascia B coincide con quello dell'arginatura da realizzare a difesa dell'abitato”.

Come visibile sull'allegato estratto cartografico, tratto dal sito web dell'Autorità di Bacino del F. Po, l'area oggetto di studio risulta compresa nella perimetrazione della Fascia B, che in

questo tratto del f. Tanaro si estende per alcune centinaia di metri in sponda sinistra del corso d'acqua.

Si deve osservare, a tale proposito, che l'attuale perimetrazione delle fasce fluviali, nell'ambito di studio, deriva da una variante alle Tavole 175 II e 175 III del PAI ("Variante 8 bis") per le quali l'elaborato n. 9 del PAI "Secondo piano stralcio delle Fasce Fluviali – Relazione generale" indica una *"modifica del limite della Fascia B in sinistra Tanaro all'altezza dell'abitato di Isola d'Asti in corrispondenza del terrazzo morfologico, nel rispetto della morfologia dei luoghi. Comuni interessati: Revigliasco d'Asti e Antignano"*.

Nello specifico, per effetto di tale aggiornamento è stata ampliata l'estensione delle fasce fluviali in sponda sinistra: la Fascia B risulta quindi più ampia rispetto alla perimetrazione riportata nelle prime stesure del P.S.F.F..

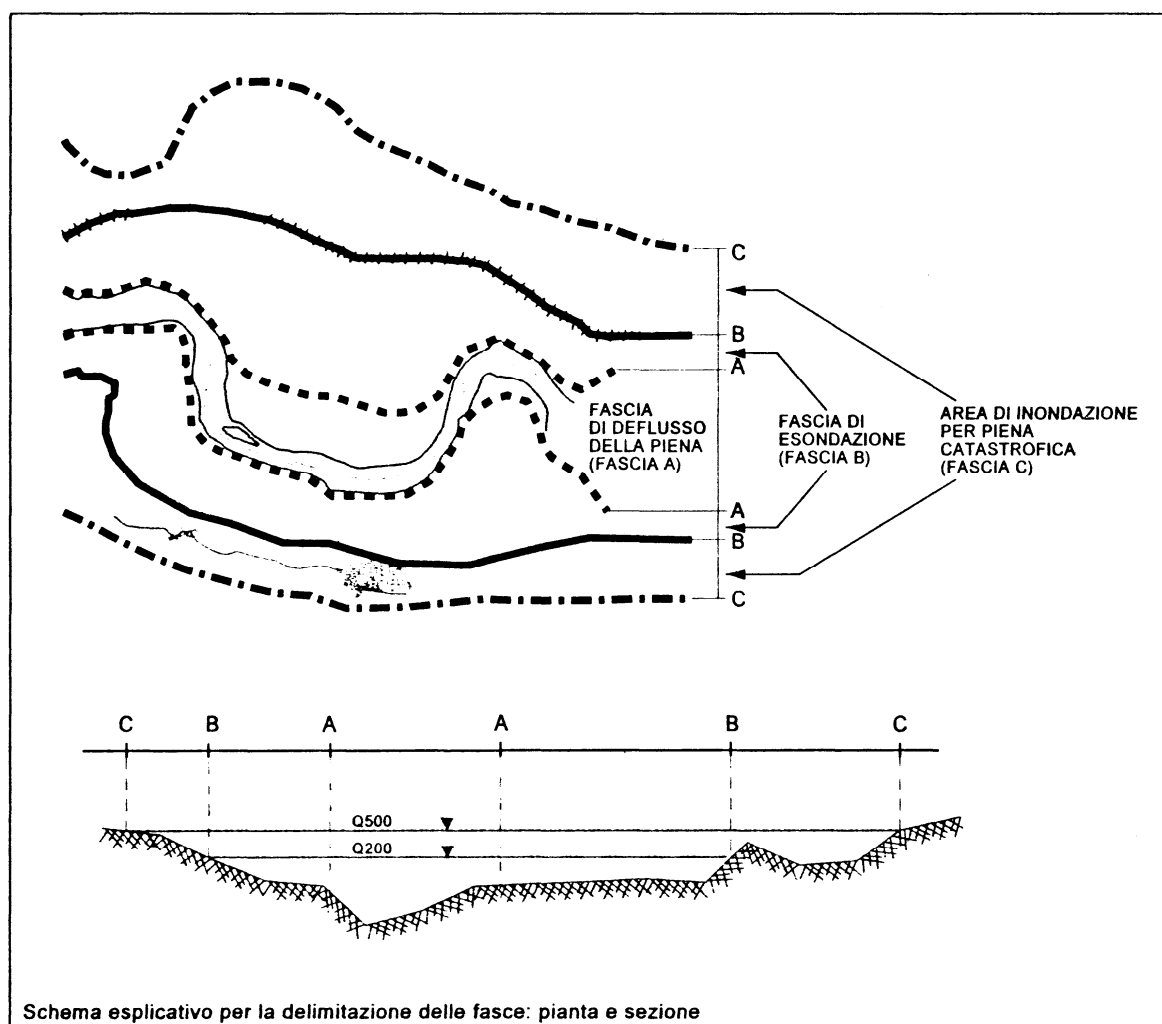
Come discusso in precedenza, la perimetrazione delle fasce fluviali A e B del f. Tanaro, nell'ambito del P.S.F.F., è stata svolta partendo dalle portate di piena associate ad eventi con specifico tempo di ritorno ($Tr = 200$ anni); le portate stesse, riferite a specifiche sezioni di deflusso, hanno consentito di ricostruire il profilo di piena del corso d'acqua, ricavando per ciascuna specifica sezione di deflusso l'altezza idrometrica associata alla portata idrica di riferimento.

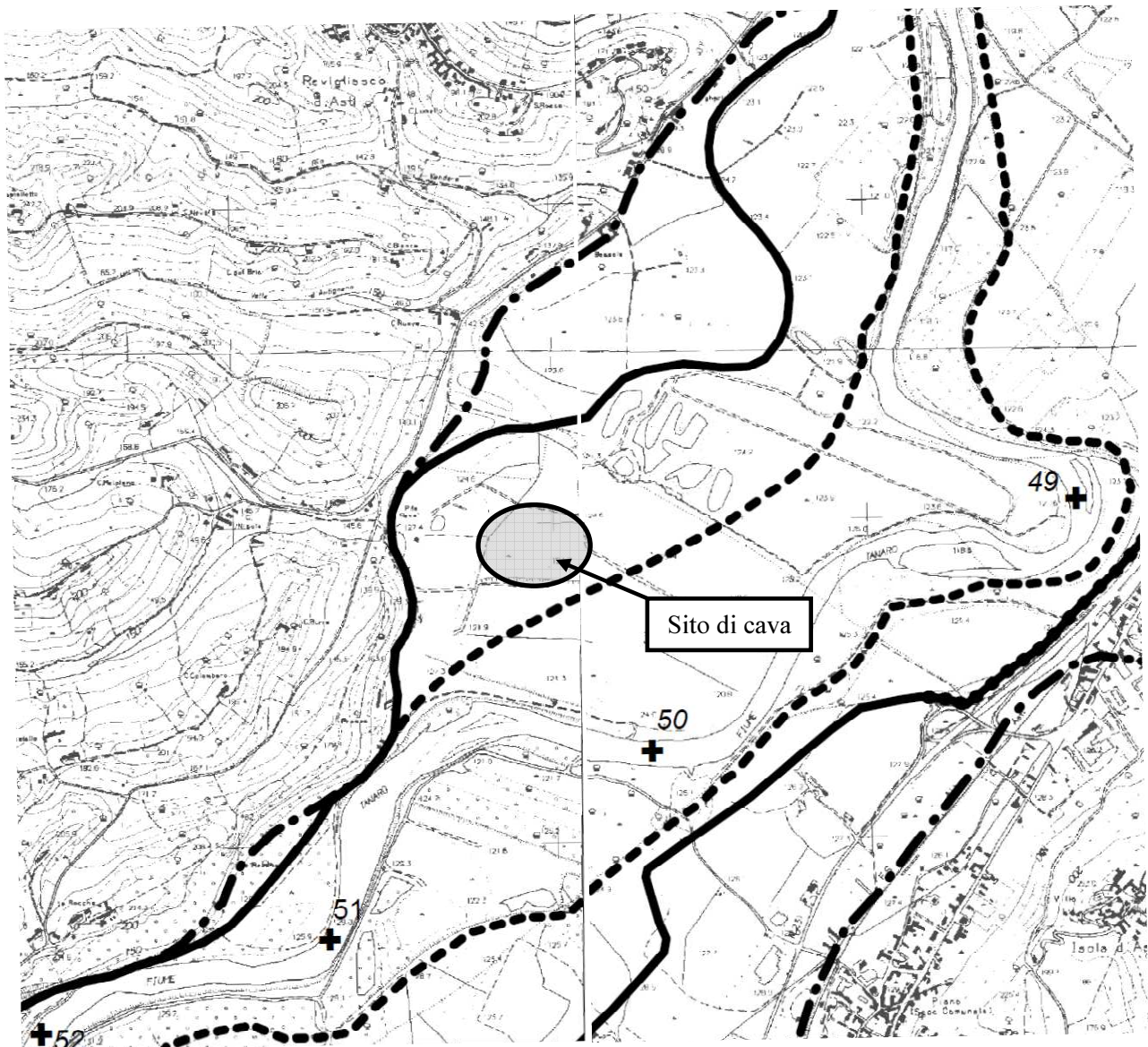
Nello specifico, le sezioni 050 e 051 del PAI si trovano rispettivamente a valle e a monte del tratto di fiume indagato.

Per la delimitazione delle fasce fluviali del f. Tanaro è risultata altresì determinante la perimetrazione delle aree esondate in occasione dell'evento alluvionale del novembre 1994 che, come si è visto, è stata assunta come riferimento per la definizione della "Fascia C", ossia della "Area di inondazione per piena catastrofica".

Legenda e schema esplicativo per la delimitazione delle fasce fluviali

- | | |
|---------------------|---|
| | limite(*) tra la fascia A e la fascia B |
| ———— | limite(*) tra la fascia B e la fascia C |
| - . - . - . - . - . | limite(*) esterno della fascia C |
| ●●●●●●●●●● | limite(*) di progetto tra la fascia B e la fascia C |





Individuazione del sito in esame su estratto da:
Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)
Tavole di delimitazione delle fasce fluviali
Foglio 175, Sezz. II e III; scala 1:25.000 circa.

Fonte: sito *web* dell'Autorità di Bacino del F. Po (<http://www.adbpo.it>)

4.3. Assetto geometrico e geomorfologico dell'alveo del Tanaro

4.3.1. Assetto morfologico del corso d'acqua

Il corso del fiume Tanaro, nel tratto che attraversa il territorio astigiano è caratterizzato da un andamento generalmente sinuoso.

Nei pressi del sito in esame il corso d'acqua, dopo essersi portato, tra le località Perosini e Rocche, a sud dell'abitato di Antignano, a lambire il piede delle colline, a sud del sito in esame descrive un'ampia ansa verso est, portandosi progressivamente verso il settore centrale del fondovalle, per modellare poi uno spiccato meandro verso est, sino a portarsi, dopo circa 2,5 Km, in località "Molini d'Isola", a lambire il margine destro della piana di fondovalle.

Attualmente, nel tratto in esame, l'assetto morfologico del Tanaro presenta caratteristiche di monocursalità tipiche dei corsi d'acqua di fondovalle; in particolare si distinguono aspetti propri dei fiumi di vallata per la presenza di un alveo di piena inciso e ben definito, che scorre con andamento sinuoso entro un solco vallivo dominante.

Dalla cartografia IGM (di cui si riporta in allegato un estratto) si evince che tale andamento sinuoso era in passato decisamente più marcato, con la presenza, nel tratto in prossimità del meandro citato, di alcune lanche in sinistra idrografica, chiaro segno di forme di meandrizazione, anche accentuate, sviluppatesi in passato, ed obliterate per fenomeni di taglio di meandro occorsi in occasione di piene eccezionali.

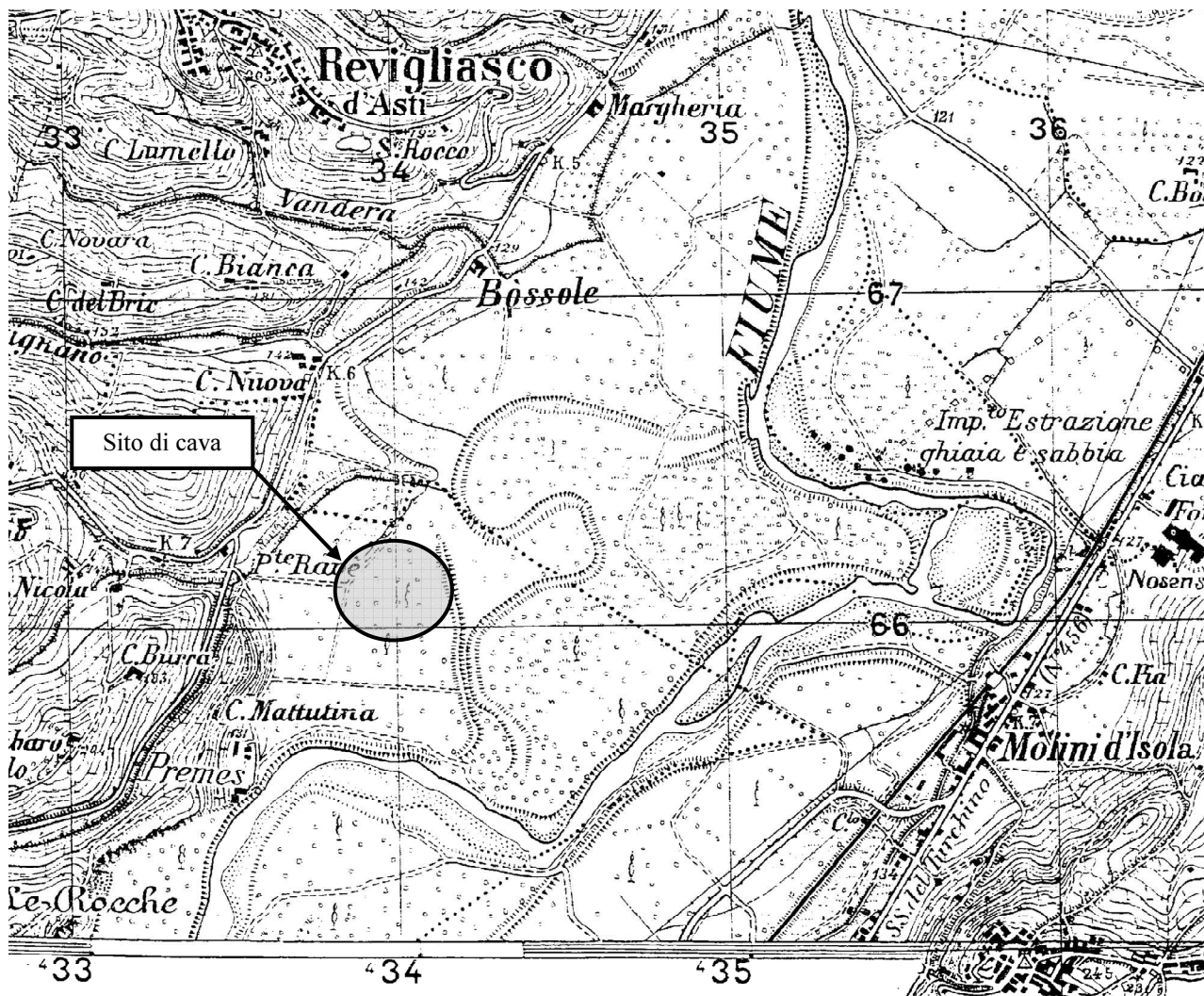
Da notare è comunque la stabilità del tratto in questione, dove è documentata, già sulla cartografia IGM (aggiornata al 1963), la presenza del rilevato arginale citato in precedenza, che, in sinistra idrografica, separa la porzione più elevata del fondovalle, compresa tra l'argine stesso ed il piede dei rilievi collinari e sulla quale sorge il sito in esame, dalla porzione geologicamente più recente, interessata dalla presenza delle suddette tracce di modellamento fluviale, sotto forma di un'ampia ansa meandriforme, testimonianza di un ramo fluviale abbandonato dal f. Tanaro, già riportata come non attiva alla data dell'aggiornamento (1963) della cartografia I.G.M..

A tale proposito, è significativo il raffronto con quanto riportato nella cartografia storica IGM, sotto forma dell'edizione aggiornata al 1880, di cui si riporta in allegato un estratto: si può notare come, alla fine del XIX secolo, fosse già visibile l'attuale ansa meandriforme presente a est del sito di escavazione; si può invece riconoscere come le tracce di modellamento fluviale ad elevata sinuosità, visibili in sponda sinistra in prossimità del medesimo, all'epoca corrispondessero ad un ramo fluviale secondario del Tanaro, successivamente abbandonato (presumibilmente nei primi decenni del XX secolo).

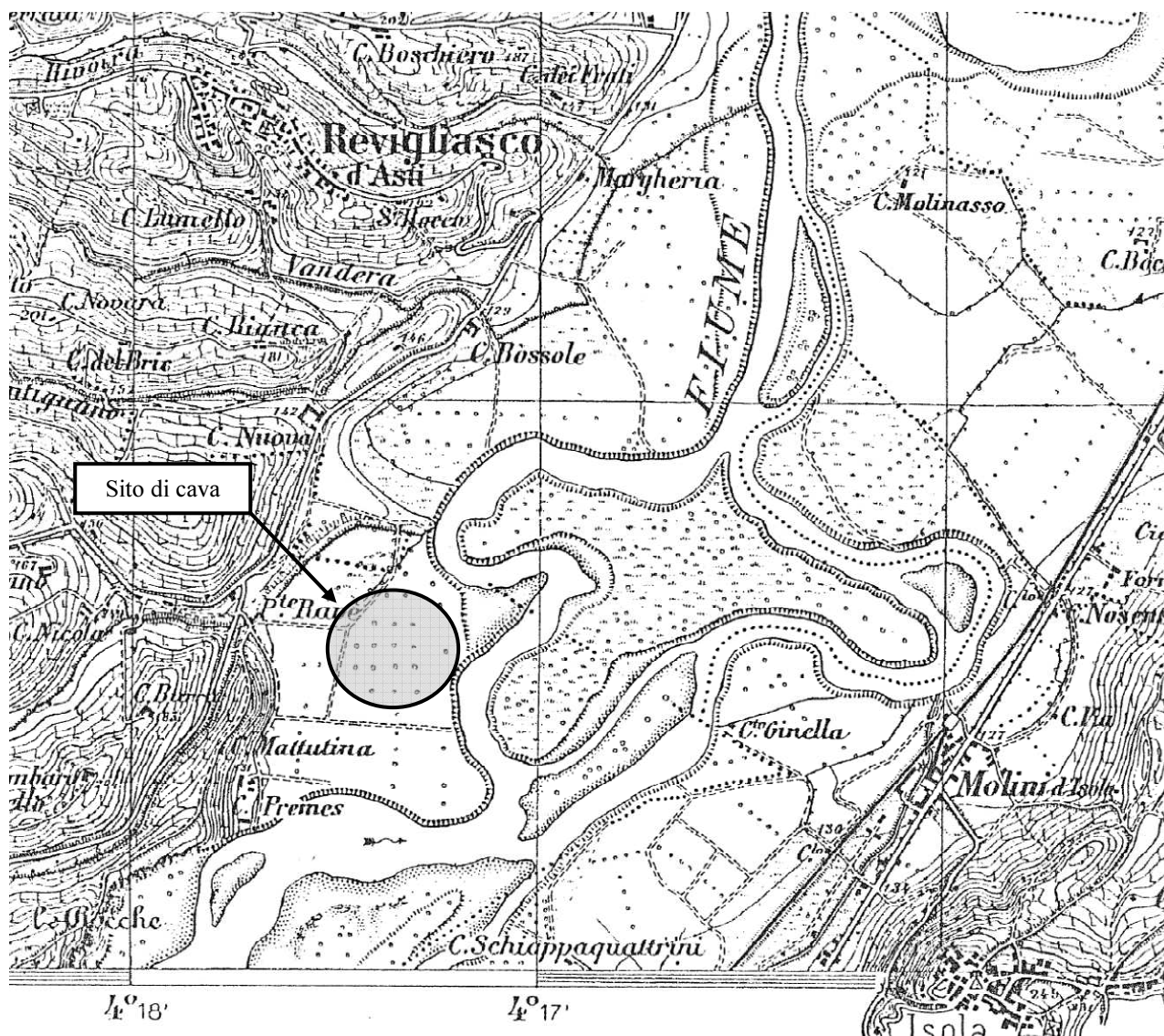
L'attuale configurazione planimetrica del Tanaro in corrispondenza dell'ansa meandriforme residua ancora esistente, che si spinge verso la località Molini d'Isola, indica che la sinuosità attuale, illustrata dagli estratti di cartografia CTR e/o BDTRE riportati in precedenza, è meno accentuata rispetto a quanto documentato dalla cartografia IGM, tracciata in originale in scala 1:25.000.

Essa risulta peraltro fortemente influenzata dalla presenza, in destra idrografica, del rilevato stradale “storico” della S.S. 456, e del limitrofo tracciato della ferrovia Asti – Castagnole, cui si aggiunge quello, di più recente realizzazione, dell’Autostrada Asti – Cuneo, ossia di opere antropiche che rappresentano oggi elementi morfologici-antropici considerevoli nei riguardi dell'idrodinamica e della definizione delle aree di esondazione delle portate di piena.

La tendenza al *widening*, alla formazione di barre longitudinali e conseguentemente all'instabilità dei meandri è attualmente inibita da queste opere antropiche al contorno, oltre che, soprattutto, dall'assenza di un significativo trasporto solido da monte in grado di “alimentare” la formazione e la crescita di barre longitudinali ma soprattutto laterali che, accrescendosi verso l'interno dell'alveo (in particolare nel caso delle *point-bar*), potrebbero determinare una deviazione della corrente verso la sponda opposta, innescando in tal modo i processi di divagazione fluviale.



Particolare, tratto dalla cartografia IGM (aggiornamento 1963), dell'ansa meandriforme presente a est del sito di escavazione e delle tracce di modellamento fluviale ad elevata sinuosità visibili in sponda sinistra in prossimità del medesimo.



Particolare, tratto dalla cartografia storica IGM (edizione aggiornata al 1880), dell'ansa meandriforme presente a est del sito di escavazione e delle tracce di modellamento fluviale ad elevata sinuosità visibili in sponda sinistra in prossimità del medesimo, all'epoca corrispondenti ad un ramo fluviale secondario del Tanaro, successivamente abbandonato.

4.3.2. Inquadramento generale del bacino di influenza dell'intervento estrattivo

L'area in oggetto è ubicata in sponda sinistra del f. Tanaro: in questo tratto, pochi Km a monte di Asti, il fiume, dopo essersi portato, tra le località Perosini e Rocche, a sud dell'abitato di Antignano, a lambire il piede delle colline, a sud del sito in esame descrive un'ampia ansa verso est, portandosi progressivamente verso il settore centrale del fondovalle, per modellare poi uno spiccato meandro verso est, sino a portarsi, dopo circa 2,5 Km, in località "Molini d'Isola", in prossimità del tracciato della S.S. 456 in Comune di Isola d'Asti, e della limitrofa Autostrada Asti – Cuneo.

Volendo analizzare più quantitativamente il bacino idrografico di pertinenza del tratto fluviale in esame, si può fare riferimento ai dati morfometrici desumibili dalla "*Carta ittica relativa al territorio della regione piemontese*", edita nel 1992 dall'Assessorato Caccia e Pesca della Regione Piemonte.

Sulla base di questi dati, che peraltro si mostrano talvolta non omogenei rispetto a quelli riportati in altri studi editi dalla stessa Regione Piemonte, come pure a quelli desumibili dagli Annali Idrologici, editi in passato a cura del Servizio Idrografico Nazionale, si può dire che il Tanaro, all'altezza di Asti, pochi Km a valle del sito in esame, presenta una superficie del bacino imbrifero sotteso pari a circa 3.788 km², misurati subito prima della confluenza del Borbore.

Il dato è in sostanziale accordo con quello, pari a circa 3.543 Km² (4), quantificato in passato per l'estensione del bacino sotteso all'altezza della stazione idrografica esistente in passato presso il ponte di S. Martino Alfieri, pochi km a monte del sito in esame, per il quale, vista l'assenza di immissioni di affluenti significativi nel tratto in oggetto, si può quindi considerare una estensione del bacino sotteso dell'ordine di circa 3.550 Km².

L'altitudine massima del bacino sotteso è pari a 3.297 m s.l.m., mentre quella media è di circa 1.085 m e quella minima (ad Asti) di 115 m s.l.m..

Dal momento che, nel caso in oggetto, l'estrazione di materiale alluvionale avverrà nel contesto delle aree di fondovalle adiacenti il corso d'acqua, e non nell'alveo di quest'ultimo, è opportuno considerare la dinamica fluviale non soltanto nell'accezione idraulica di "dinamica dei deflussi", ma anche esaminando l'evoluzione del modellamento fluviale nell'ambito del fondovalle, al fine di ricostruire, per quanto possibile, la tendenza evolutiva naturale del corso d'acqua.

(4) Dato riferito alla stazione idrometrica di S. Martino Alfieri e riportato negli Annali Idrologici e nel "*Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese*", edito nel 1980 dalla Regione Piemonte.

4.3.3. Evoluzione e stabilità del modellamento fluviale

4.3.3.1. Analisi della tendenza evolutiva naturale del corso d'acqua

Da un punto di vista geologico e geomorfologico, la stabilità dell'area in oggetto è legata all'evoluzione del modellamento fluviale, considerando le ripetute divagazioni del f. Tanaro nell'ambito del fondovalle alluvionale, con episodi di erosione e deposizione.

Le divagazioni di un corso d'acqua non devono però essere intese, secondo una fuorviante concezione disneyana della natura, come un *ludus naturae* per cui un fiume o un torrente, in un determinato tratto del suo alveo, viene a modificare il suo percorso o la sua conformazione per una sorta di “capriccio”

Esse rappresentano invece la risposta del corso d'acqua, inteso come sistema idromorfodinamico, alle sollecitazioni che lo interessano (con complessi fenomeni di *feedback*) a scala dell'intero bacino idrografico sotteso (evoluzione tettonica in corso e pregressa, condizioni meteorologiche e loro ricadute in termini di copertura ed uso del suolo e, conseguentemente, di portate liquide e solide e della loro distribuzione statistica nel tempo, ecc...), rispetto alle quali esso cerca di raggiungere e mantenere una condizione di equilibrio dinamico.

Dal punto di vista geomorfologico, l'evoluzione del modellamento fluviale è testimoniata dalla presenza di elementi morfologici, quali scarpate di terrazzo o alvei abbandonati ("paleoalvei"), legati appunto alle divagazioni del Tanaro. Queste tracce di modellamento ad opera del corso d'acqua possono essere riconosciute nella stessa tessitura agraria e nell'andamento della rete idrografica minore, o addirittura in alcuni toponimi rurali: spesso, esse sono riferibili a episodi più "storici" che "geologici" dell'evoluzione del corso d'acqua.

Un valido strumento, per ricostruire queste fasi evolutive, quantomeno nell'arco degli ultimi 150 – 200 anni, è costituito dalle cartografie e basi topografiche apparse in quest'intervallo di tempo: si hanno, in tal modo, delle immagini "datate" del corso d'acqua in diversi momenti della sua evoluzione, così da consentirne una ricostruzione per tappe successive.

In particolare, per il periodo che va dal 1800 ai giorni nostri, le modificazioni geometriche intervenute nell'alveo inciso dei principali corsi d'acqua piemontesi possono essere ricostruite mediante un esame della documentazione cartografica apparsa in questi ultimi due secoli, periodo in cui le tecniche di rilevamento topografico hanno raggiunto un grado di precisione tale da consentire una rappresentazione sufficientemente dettagliata dell'assetto morfologico fluviale.

I primi documenti in grado di consentire una certa ricostruzione dei tracciati fluviali sono costituiti dalla “*Carta degli Stati Sardi di Terraferma*”, edita dallo Stato Maggiore dell'Esercito Sabaudo, alla scala di 1:50.000, in due diverse edizioni (1819 e 1852).

La “*Gran Carta degli Stati Sardi in Terraferma*” venne infatti redatta dal “Corpo Reale dello Stato Maggiore” sotto la direzione del suo comandante, il Maggior Generale de Monthoux, tra il 1816 e il 1830, con una successiva nuova edizione nel 1852; anche se questa base cartografica è la prima ad essere stata realizzata con una chiara motivazione "tecnica", ossia per fornire all'Esercito Sabaudo una rappresentazione del territorio con la massima precisione possibile, nei limiti dei

mezzi tecnici dell'epoca, è solo dopo l'Unità d'Italia che compaiono carte topografiche con un dettaglio sufficiente a consentire una rappresentazione realistica del territorio, al punto da poter effettuare un'analisi quantitativa dei parametri morfometrici dei corsi d'acqua.

A partire dal 1880, infatti, l'I.G.M. (Istituto Geografico Militare) pubblica la cartografia topografica ufficiale, nella forma delle "Tavolette" in scala 1:25.000.

Le informazioni cartografiche e storiche così ottenute devono poi essere completate verificando sul terreno l'evidenza morfologica delle trasformazioni fluviali riconosciute, e viceversa cercando una documentazione cartografica, quando possibile, delle tracce di modellamento viste sul terreno, così da operare una sorta di controllo incrociato.

In merito agli indizi morfologici, è utile comunque ricordare che la continuità morfologica della superficie della piana alluvionale non implica necessariamente la contemporaneità dei processi fluviali di accumulo che sono all'origine della piana stessa.

Nel caso del f. Tanaro, si può procedere ad una analisi comparata del percorso fluviale, come riportato soprattutto nelle diverse edizioni delle carte topografiche ufficiali dell'I.G.M., (Istituto Geografico Militare), edite, in scala 1:25.000, a partire dalla fine dell'800: ciò ha consentito di riconoscere delle sensibili variazioni del tracciato del corso d'acqua, non sempre ricostruibili sulla base dei soli dati di terreno o dell'esame delle fotografie aeree.

Se ne ha un esempio dal raffronto tra gli estratti di cartografia riportati in allegato nel seguito, relativi all'edizione del 1880, reperita presso la Biblioteca Nazionale di Torino, come pure alla corrente edizione, reperibile anche *on line* sul "Portale Cartografico Nazionale" del Ministero dell'Ambiente, aggiornata al 1963 ma sostanzialmente riferibile, per il tracciato planimetrico della rete idrografica, al volo aerofotogrammetrico AMS – GAI del 1954-55 (per rappresentare un tratto sufficientemente esteso di alveo fluviale, gli elaborati sono stati ridotti alla scala di 1:35.000 circa).

Nell'arco di tempo considerato, a partire dalla seconda metà del secolo scorso, è stato così possibile riconoscere una prima fase dell'evoluzione del modellamento fluviale, caratterizzata da un progressivo allungamento di percorso che si è materializzato con una spiccata accentuazione della sinuosità. Per quanto riguarda l'area in esame, che ricade nel tratto di f. Tanaro tra Alba ed Asti, la sinuosità dell'alveo fluviale, quantificata tramite l'indice I_s ⁽⁵⁾, è cresciuta in qualche decina d'anni da un valore $I_s = 1,15$ nel 1852 ⁽⁶⁾ per arrivare, nel 1954, ad $I_s = 1,42$ ⁽⁷⁾.

A seguito dei processi di metamorfosi nell'alveo-tipo del Tanaro intercorsi a partire dalla fine degli anni '40, si è riscontrata però una serie di "salti" o "tagli" di meandro, con una riduzione significativa della sinuosità ⁽⁸⁾; nel tratto compreso tra Alba ed Asti, questo parametro oggi giorno

⁽⁵⁾ La sinuosità di un tratto di corso d'acqua può essere definita quantitativamente mediante il cosiddetto "indice di sinuosità" I_s : si tratta del rapporto tra la lunghezza dell'alveo fluviale, nel tratto considerato, e la distanza in linea d'aria che separa le due estremità del tratto stesso. Si ha quindi che, nel caso di un tratto d'alveo perfettamente rettilineo, l'indice di sinuosità sarà pari ad $I_s = 1$.

⁽⁶⁾ Cfr.: "Carta degli Stati di Terraferma del Regno di Sardegna", scala 1:50.000, Torino, 1852.

⁽⁷⁾ Cfr.: Cartografia I.G.M. corretta in base al volo aerofotogrammetrico A.M.S.-G.A.I. del 1954-55.

⁽⁸⁾ A rigore, nella geomorfologia classica (es. Schumm) per "meandro" si intendeva un'ansa con una sinuosità pari o superiore ad $I_s = 1,5$.

assume infatti un valore $I_s = 1,28$: ciò è in accordo con il comportamento del fiume in questa zona, dato che il Tanaro presenta, attualmente, un andamento caratterizzato da tratti sub-rettilinei, separati da anse anche piuttosto brusche.

Successivamente a questa mutazione planimetrica del tracciato fluviale, è poi subentrata una spiccata tendenza erosiva, che ha portato il corso d'acqua ad incidere il fondo del proprio alveo. Ne è derivato un abbassamento del letto fluviale per sovraincisione, quantificabile in circa 2 metri, che ha portato all'abbandono dei rami laterali, ormai “pensili” e marcatamente sospesi rispetto a quello principale, presso le cui sponde oggi si possono spesso diffusamente osservare, in affioramento, le marne e argille del substrato terziario, nelle quali è modellata la superficie erosiva di appoggio delle ghiaie alluvionali che ricoprono il fondovalle.

Rispetto alla precedente tendenza all'aumento della sinuosità dell'alveo, è stata infatti riscontrata una inversione di tendenza a partire dalla fine degli anni '40, quando l'evoluzione del tracciato planimetrico dell'alveo verso un percorso fluviale più lungo risulta arrestarsi: il Tanaro passa, da questo momento, ad un comportamento praticamente opposto, iniziando ad accorciare il proprio alveo sino a ridurne la lunghezza, in poco più di trent'anni, di circa il 15%.

Questo fenomeno sembra essere avvenuto tramite una sostanziale rettificazione di tratti in precedenza più sinuosi, con locali salti di meandro, ed è poi stato seguito da un forte processo erosivo; ciò ha determinato una rapida incisione dell'alveo del Tanaro abbassandone il fondo, tanto che in molti punti l'approfondimento del letto fluviale ha portato ad affiorare il substrato marnoso terziario, sottostante ai depositi alluvionali.

Attualmente, in tutto il tratto tra Alba ed Asti, l'assetto morfologico del Tanaro presenta caratteristiche di monocursalità tipiche dei corsi d'acqua di fondovalle; in particolare, si distinguono aspetti propri dei fiumi di vallata per la presenza di un alveo di piena inciso e ben definito, che scorre con andamento sinuoso entro un solco vallivo dominante.

A livello di evoluzione morfologica, questa riduzione della sinuosità del corso d'acqua potrebbe testimoniare il passaggio ad una nuova forma d'alveo, verso una condizione d'equilibrio che meglio soddisfi l'interazione tra regime delle portate (sia liquide che solide), granulometria dei sedimenti e pendenza del profilo longitudinale.

Un'evoluzione del modellamento fluviale sostanzialmente simile a questa del f. Tanaro è stata riconosciuta anche nel caso del f. Po e di diversi suoi affluenti, ed è stata attribuita ad una diminuzione dell'apporto di sedimenti, probabilmente per effetto di cambiamenti idrologici verso un diverso rapporto tra portata liquida e solida dei corsi d'acqua.

I dati disponibili indicano che, pur rimanendo sostanzialmente invariata la portata liquida del corso d'acqua, anche se con alcuni indizi di una sua diversa distribuzione temporale ⁽⁹⁾, la metamorfosi fluviale sarebbe da imputare ad una diminuzione degli apporti solidi o, più precisamente, a cambiamenti idrologici verso portate minori, in cui la riduzione della portata solida,

⁽⁹⁾ Cfr.: FAULE D., “*Studio geologico-applicativo per un collegamento autostradale lungo la bassa Valle Tanaro*”; Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Torino, 1990.

e quindi del ripascimento in sedimenti, sarebbe maggiore rispetto alla riduzione della portata liquida ⁽¹⁰⁾.

A scala più ampia, questi fenomeni possono essere inquadrati, infatti, nell'ambito dei processi di evoluzione geomorfologico-idrologica connessi al miglioramento climatico in atto dalla prima metà del XIX secolo, con il passaggio dalle fasi terminali della “*piccola era glaciale*” al contesto bioclimatico attuale.

In Piemonte, la cosiddetta “*piccola era glaciale*” (PEG, o LIA, da “*Little Ice Age*”, negli studi anglosassoni) è durata all'incirca dagli ultimi decenni del XVI secolo ai primi decenni del XIX secolo ⁽¹¹⁾, con una recrudescenza nei primi anni del 1700, periodo che climaticamente viene associato al fenomeno astrofisico del “*minimo di Maunder*” (1645 – 1715), ossia al momento che rappresenta storicamente il culmine della PEG ⁽¹²⁾; essa appare caratterizzata, oltre che da una diminuzione delle temperature medie (rispetto al precedente periodo rinascimentale) stimabile dell'ordine di circa 1,5 °C (soprattutto nel periodo estivo), da una marcata accentuazione della piovosità (fino a +20%) e, conseguentemente, delle portate dei corsi d'acqua, non solo in termini di portate liquide ma anche e soprattutto per l'abbondanza di sedimento a disposizione dei corsi d'acqua, che lo prendevano in carico nei bacini montani per effetto di generalizzati processi di dissesto idrogeologico.

La fase di accentuata divagazione dei corsi d'acqua, di sovralluvionamento e di “disordine” idraulico ed idrogeologico, che in altre zone dell'Italia settentrionale viene associata soprattutto al periodo post-romano ⁽¹³⁾, nel contesto del Piemonte centro - meridionale si (ri)propone drammaticamente durante la PEG, con forme anche parossistiche ed impulsive di dissesto idrogeologico (frane, smottamenti ecc...) nelle zone montane, con produzione di un elevato apporto di carico solido, e di sedimentazione e di divagazione fluviale nelle zone di bassa valle e di pianura, spesso chiaramente riconosciute e percepite dalle popolazioni locali coinvolte.

Durante la PEG questi processi di intenso trasporto solido si spingono verso valle, sino a raggiungere il tratto di f. Tanaro tra Alba ed Asti, in cui ricade la zona in esame, per il quale si hanno infatti testimonianze ⁽¹⁴⁾ di processi di marcata divagazione ed avulsione fluviale, ad esempio nel tratto a monte del sito in esame, all'altezza di Guarene e Barbaresco.

La metamorfosi fluviale riscontrata grosso modo a partire dalla metà del XX secolo, interpretabile come processo (sostanzialmente naturale) di evoluzione geomorfologico-idrologica

⁽¹⁰⁾ Cfr.: MARAGA F. – “*Aspetti idrografici della pianura cuneese in relazione alla geomorfologia ed alla dinamica fluviale*”, Atti del Convegno “Canali in provincia di Cuneo”, Bra, 20-21 maggio 1989, Biblioteca della S.S.S.A.A. Cuneo, n. 29, 1991.

⁽¹¹⁾ Cfr.: SERENO P., “*Annus fructificat, non tellus*”- Considerazioni preliminari sulla “*piccola età glaciale*” nelle campagne del Basso Piemonte”, Bollettino della Società di Studi Storici, Archeologici ed Artistici della Provincia di Cuneo, n. 85, pagg. 155-187, Cuneo, 1981.

⁽¹²⁾ Cfr.: E. LE ROY LADURIE, “*Canicules et glaciers – Histoire humaine et comparée du climat*”; Fayard, Parigi, 2005, con bibliografia.

⁽¹³⁾ Cfr.: BIGLIARDI G., “*Sistema informativo territoriale archeologico e carta della potenzialità archeologica del Comune di Parma*”, Archeologia e Calcolatori, 20, 2009.

⁽¹⁴⁾ Cfr.: SERENO, 1981, op. cit..

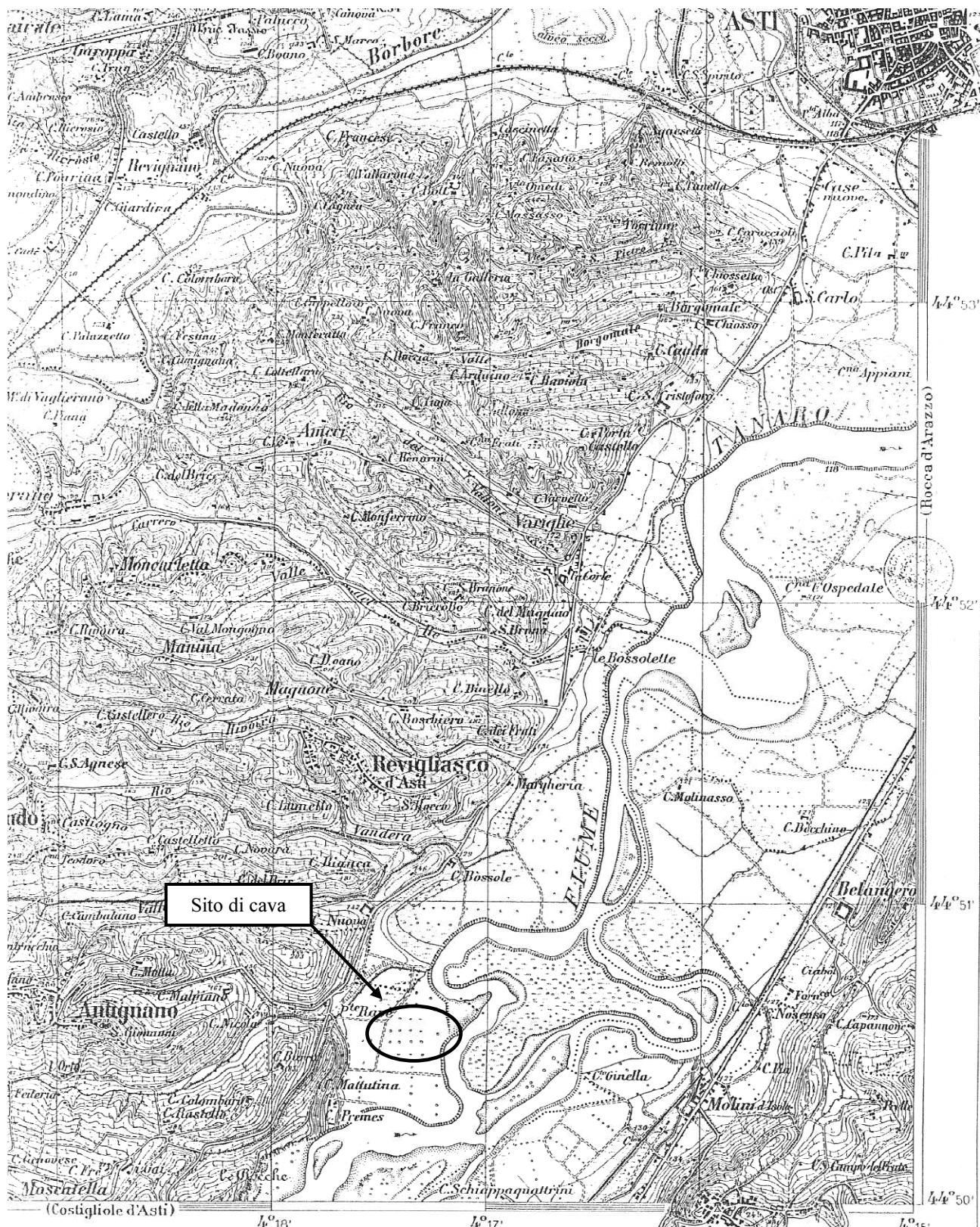
conseguente al miglioramento climatico in atto dalla prima metà del XIX secolo, con il parziale (ed attualmente ancora incompleto, ma probabilmente abortito) recupero delle condizioni bioclimatiche antecedenti la “piccola era glaciale” (c.d. “*optimum climatico medievale*”, caratterizzato da temperature superiori di almeno 1° C a quelle attuali), è quindi riconducibile ai cambiamenti idrologici intercorsi, che hanno determinato una riduzione della portata solida, e quindi del ripascimento in sedimenti, prevalente in termini di effetti geomorfologici rispetto alla riduzione della portata liquida, in quanto le portate liquide di deflusso anziché depositare sedimento lo asportano dall'alveo fluviale, incidendolo ed approfondendolo.

Occorre poi considerare che, a partire dal dopoguerra, all'evoluzione naturale così definita si è sovrapposto un più intenso intervento antropico nelle aree prossime al corso d'acqua, con la costruzione di argini, briglie e scogliere, volte al recupero dei terreni alluvionali o per difesa da inondazioni ed erosioni. Si è quindi sostanzialmente ridotta quella "fascia di divagazione" che un tempo caratterizzava il corso d'acqua, già ristrettasi naturalmente per effetto dell'evoluzione del modellamento fluviale.

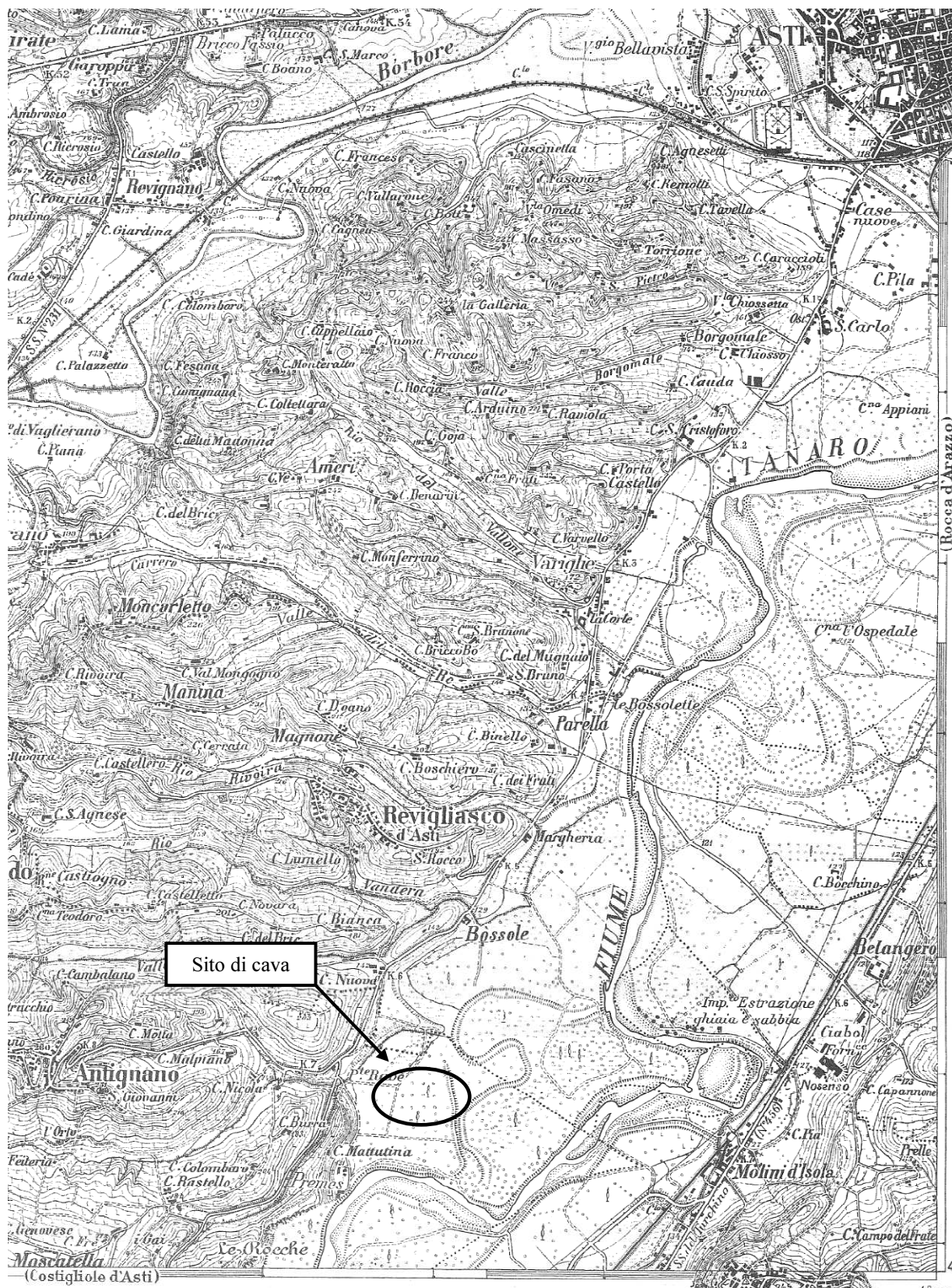
L'esame degli effetti dell'evento alluvionale del novembre 1994, alla luce dei dati sinora disponibili, sembra confermare l'evoluzione verso un tracciato fluviale con un minore sviluppo dell'alveo: si è assistito, infatti, a fenomeni diffusi e rilevanti di taglio delle anse fluviali, che non risultano aver prodotto, tuttavia, effetti morfologici irreversibili, in quanto al calare della piena le acque sono rientrate nel precedente canale di deflusso senza aver dato origine ad avulsioni o deviazioni a carattere permanente.

Nel caso del f. Tanaro, seppure in presenza, nei pressi del corso d'acqua, di tracce morfologiche di antichi meandri abbandonati, durante la piena del novembre 1994, nonostante la stessa sia stata di entità tale da essere definita come "catastrofica" da parte della stessa Autorità di Bacino del F. Po, non si sono avuti però processi di avulsione irreversibile del corso d'acqua, che al termine della piena è rientrato invece nel suo letto ordinario.

I fenomeni erosivi prodotti dalle acque di piena, infatti, non sono riusciti, per quanto intensi, a riattivare vecchi canali di deflusso o a scavare dei "nuovi alvei" con una profondità tale da richiamare e catturare in modo definitivo il filone principale della corrente.



Estratto Tavoleta IV S.E. "*Asti*" del Foglio 69 "*Asti*" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare – Edizione del 1880. Riproduzione in scala 1:35.000 circa.



Estratto Tavoleta IV S.E. "Asti" del Foglio 69 "Asti" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare – Edizione del 1963. Riproduzione in scala 1:35.000 circa.

4.3.3.2. Stabilità complessiva del tratto fluviale in esame

Come si è visto in precedenza, l'evoluzione del tracciato in pianta, riconosciuta lungo il f. Tanaro negli ultimi decenni, si è manifestata con una marcata tendenza del corso d'acqua ad evolvere il suo alveo - tipo verso forme a percorso più breve, ossia con diminuzione della sinuosità: una metamorfosi di questo genere induce un aumento della pendenza del profilo longitudinale, innescando processi di erosione al fondo che stabilizzano i deflussi entro l'alveo attivo. Questo tipo di evoluzione assume, talvolta, gli aspetti di un cosiddetto "taglio di meandro", ossia con rettificazioni repentine del tracciato fluviale.

Dal punto di vista dei caratteri evolutivi e della stabilità complessiva del tratto fluviale in esame, si può quindi constatare la stabilità del tracciato dell'alveo di piena, non riscontrandosi singolarità di sorta che possano indurre a modificazioni morfologiche a breve-medio termine.

Per la descrizione planoaltimetrica dello stato attuale del sito e dell'area in esame, con indicazione topografica del limite di escavazione, si rimanda all'apposita tavola grafica descrittiva allegata agli elaborati progettuali (Cfr.: Tav. 2 – Planimetria stato attuale); come si evince dalla planimetria in parola, come pure dagli estratti di cartografia IGM e CTR allegati in precedenza, l'idrografia principale della zona è costituita unicamente dal f. Tanaro, mentre quella secondaria, nel tratto in esame, si limita a rari cavi irrigui e di scolo o a piccoli corsi d'acqua provenienti dai rilievi collinari (es. Rio Ravè), di dimensioni ridotte e di importanza esclusivamente locale, tali da non interferire in modo apprezzabile con la dinamica dei deflussi di piena del f. Tanaro.

4.3.3.3. Inquadramento del grado di rischio nei riguardi dello stato della difesa idraulica

Il fondovalle del f. Tanaro, come si è detto in precedenza, è stato interessato, nel passato geologico recente, dalle divagazioni del corso d'acqua; ci si può quindi chiedere se l'area interessata dall'intervento estrattivo in oggetto potrà essere coinvolta, nel prossimo futuro, da fenomeni di modellamento fluviale connessi alla dinamica evolutiva del Tanaro.

Per quanto è stato possibile ricostruire, l'evoluzione del Tanaro, nella zona considerata e, più in generale, in tutto il tratto a valle della confluenza della Stura di Demonte presso Cherasco, è stata caratterizzata, negli ultimi decenni, da una spiccata tendenza a modificare il tracciato in pianta dell'alveo, riducendone la lunghezza complessiva: questa riduzione si è manifestata con l'abbandono delle anse più esterne e con un processo più generale di sostanziale rettificazione delle stesse, per produrre un tracciato planimetrico molto meno sinuoso.

Volendo quantificare questa evoluzione del modellamento fluviale, si può dire che, nel tratto compreso tra Cherasco e Alba, si è avuta una riduzione di circa il 10% nello sviluppo planimetrico dell'alveo, valore che nel tratto più a valle, compreso tra Alba ed Asti, ha raggiunto punte del 15%.

L'evoluzione del corso d'acqua si è poi manifestata con una forte tendenza erosiva, che si è esplicata soprattutto verticalmente, con un notevole e repentino abbassamento del fondo del corso d'acqua per sovraincisione: l'approfondimento del letto fluviale, sulla base di indizi di terreno circa l'interazione con manufatti di vario genere (pile di ponti, opere di presa ecc...), può essere stimato in circa 2 metri.

C'è da osservare che un approfondimento iniziale del letto fluviale, anche se modesto, può innescare dei processi di feed-back, in quanto si passa ad un alveo che presenta un più basso rapporto tra larghezza e profondità della sezione: in termini idraulici, ciò corrisponde ad un incremento del "raggio idraulico", definito proprio dal rapporto tra sezione di deflusso e perimetro bagnato, mentre diminuisce la resistenza al moto data dalla scabrezza delle pareti dell'alveo.

Si ha, pertanto, un aumento della velocità di deflusso nell'alveo, con un relativo incremento della capacità di trasporto della corrente, che può mobilitare i sedimenti in cui l'alveo è inciso: possono innescarsi quindi ulteriori processi di erosione sul fondo dell'alveo, approfondendo ulteriormente la sezione di deflusso e "canalizzando" sempre più l'alveo.

L'effetto congiunto di questi processi è quello di concentrare sempre più i deflussi entro l'alveo attivo, che assume una maggiore efficienza idraulica per il convogliamento della portata fluida; per quanto riguarda la pianura alluvionale, le conseguenze di questa progressiva concentrazione dei deflussi possono risultare benefiche, in quanto ne risulta una riduzione del rischio di esondazione in caso di piena.

Nel caso dell'evento alluvionale del novembre 1994, se l'alveo del Tanaro non fosse stato "sovrainciso" per effetto della precedente fase erosiva, la sezione di deflusso sarebbe risultata inferiore, accrescendo ulteriormente i danni della piena, in quanto si sarebbe riversata sul fondovalle una portata ancora più elevata.

L'approfondimento dell'alveo ha avuto quindi un effetto almeno in parte benefico, in quanto ha ingrandito la sezione di deflusso disponibile per lo smaltimento delle portate.

Gli interventi effettuati dal Magistrato per il Po e dagli altri Uffici Competenti in questo tratto del f. Tanaro, negli ultimi anni, sulla base delle indicazioni formulate dall'Autorità di Bacino del F. Po, si sono sviluppati seguendo un obiettivo analogo: accanto alla realizzazione di arginature e difese spondali, a protezione delle infrastrutture e dei principali insediamenti abitati presenti nella piana di fondovalle del Tanaro, sono stati eseguiti degli interventi di ricalibratura d'alveo che ne hanno migliorato la capacità idraulica di deflusso.

4.3.3.4. Possibilità di riattivazione di meandri ed alvei abbandonati

Come si è visto in precedenza, l'evoluzione del tracciato in pianta riconosciuta lungo il f. Tanaro negli ultimi decenni si è manifestata con una marcata tendenza del corso d'acqua ad evolvere il suo alveo - tipo verso forme a percorso più breve, ossia con diminuzione della sinuosità: una metamorfosi di questo genere induce un aumento della pendenza del profilo longitudinale, innescando processi di erosione al fondo che stabilizzano i deflussi entro l'alveo attivo.

Questo tipo di evoluzione assume, talvolta, gli aspetti di un cosiddetto "taglio di meandro", ossia con rettificazioni repentine del tracciato fluviale.

Il verificarsi di questi fenomeni, nell'ambito dell'evoluzione di un corso d'acqua quale il Tanaro, può essere riscontrato mediante l'esame delle fotografie aeree ed il confronto con le cartografie storiche, che consentono di riconoscere talvolta le caratteristiche tracce curvilinee di vecchi canali di deflusso, spesso marcatamente sinuose, identificabili come relitti di antiche anse di meandro, abbandonate nei decenni trascorsi per effetto dell'evoluzione del modellamento fluviale.

Nel caso del f. Tanaro, seppure in presenza, nei pressi del corso d'acqua, di tracce morfologiche di antichi meandri abbandonati, durante la piena del novembre 1994, nonostante la stessa sia stata di entità tale da essere definita come "catastrofica" da parte della stessa Autorità di Bacino del F. Po, non si sono avuti però processi di avulsione irreversibile del corso d'acqua, che al termine della piena è rientrato invece nel suo letto ordinario.

I fenomeni erosivi prodotti dalle acque di piena, infatti, non sono riusciti, per quanto intensi, a riattivare vecchi canali di deflusso o a scavare dei "nuovi alvei" con una profondità tale da richiamare e catturare in modo definitivo il filone principale della corrente: nel caso ciò fosse avvenuto, oggi ne avremmo traccia sotto forma di manifesti cambiamenti del tracciato fluviale.

Bisogna ricordare, infatti, che la possibilità di riattivazione di meandri o alvei abbandonati diminuisce con la tendenza del corso d'acqua ad evolvere il suo alveo - tipo verso forme a percorso più breve, ossia con diminuzione della sinuosità ⁽¹⁵⁾.

⁽¹⁵⁾ Cfr.: Maraga F. & Mortara G.: *"Le cave per inerti lungo i corsi d'acqua: rapporti con la dinamica fluviale"*; Boll. Ass. Min. Subalp., n. 3-4, 1981.

Lungo il f. Tanaro, negli ultimi decenni, è stata riconosciuta una evoluzione del tracciato in pianta proprio di questo tipo: la riduzione di sinuosità ha indotto un aumento della pendenza del profilo longitudinale, innescando processi di erosione al fondo che, giova ripeterlo, stabilizzano i deflussi entro l'alveo attivo.

Ciò è stato dimostrato dagli effetti dell'evento alluvionale del novembre 1994, nel corso del quale, più che la riattivazione di vecchi meandri, si è avuta piuttosto una tendenza a "tagliare", almeno localmente, quelli ancora esistenti: la presenza di eventuali tracce di modellamento fluviale non deve essere interpretata quindi come indizio di una qualche criticità.

Un semplice esame delle fotografie aeree consente di riconoscere, lungo tutta l'asta fluviale del Tanaro, una serie di forme relitte dal tracciato curvilineo, imputabili al modellamento da parte di un corso d'acqua sinuoso, che tuttavia devono poi essere valutate, di volta in volta, sulla base della situazione oggettiva e della effettiva possibilità di interazione con i fenomeni connessi all'idrosistema fluviale.

4.4. Analisi della granulometria del materiale d'alveo del Tanaro

L'alveo del fiume Tanaro si imposta attualmente sui depositi fluviali di tipo ghiaioso - ciottoloso, originatisi dai fenomeni di trasporto solido in occorrenza delle portate di piena. Risultano evidenti al primo impatto visivo le dimensioni dei ciottoli che costituiscono il letto del fiume.

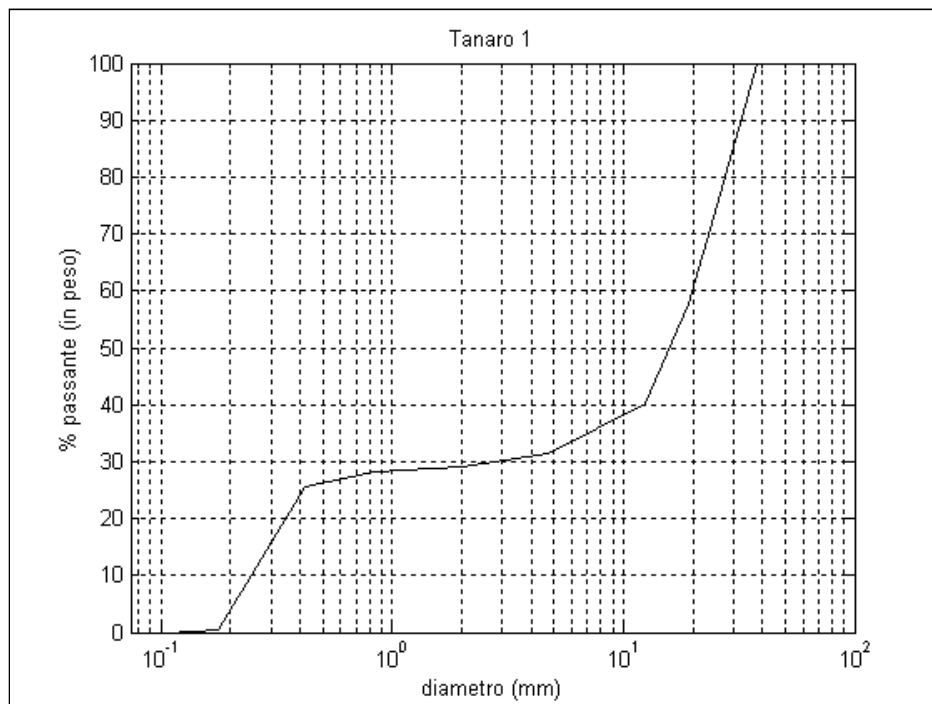
Le zone golenali e la piana adiacente presentano invece uno strato di cotico superficiale costituito da materiale terroso e vegetale di spessore variabile, comunque modesto, al di sotto del quale si ripresenta l'ampio strato di materiale lapideo grossolano presente in alveo.

In occasione di precedenti studi progettuali condotti in questo tratto del fiume Tanaro, tra il confine provinciale ed il capoluogo astigiano, erano stati raccolti dei campioni di materiale d'alveo e di sponda, per la caratterizzazione del sito dal punto di vista granulometrico e per poter quindi improntare uno studio relativo al trasporto solido locale.

L'analisi, in particolare, è stata condotta su tre campioni prelevati in sponda sinistra in prossimità dell'alveo attivo, poche centinaia di metri a valle del sito in esame; si deve peraltro osservare che l'alveo del Tanaro si imposta per lunghi tratti sulle marne del substrato terziario, ormai affioranti per sovraincisione, che presentano generalmente una resistenza all'erosione ben superiore ai sedimenti sciolti della copertura alluvionale, trattandosi di rocce coesive.

Dall'analisi dei campioni di materiale alluvionale, i cui risultati sono riportati nel seguito, si è riscontrata una variabilità della dimensione dei grani significativa, indicando la presenza di materiale misto sabbioso e ghiaioso, con buona percentuale di materiale grossolano in genere.

Il materiale più prossimo all'alveo vivo (campione 3) presenta caratteristiche prevalentemente grossolane, con ciottoli di dimensione mediamente attorno ai 10 cm, mentre spostandosi verso la sommità delle sponde la dimensione dei grani va via via diminuendo per la presenza di cumuli sabbiosi depositatisi durante le piene; tuttavia al di sotto di questo strato superficiale si ritrova la coltre di ciottoli presente nell'alveo inciso.



Distribuzione granulometrica del campione 1.

$$d_{med} = 15.13 \text{ mm}$$

$$d_{90} = 33.02 \text{ mm}$$

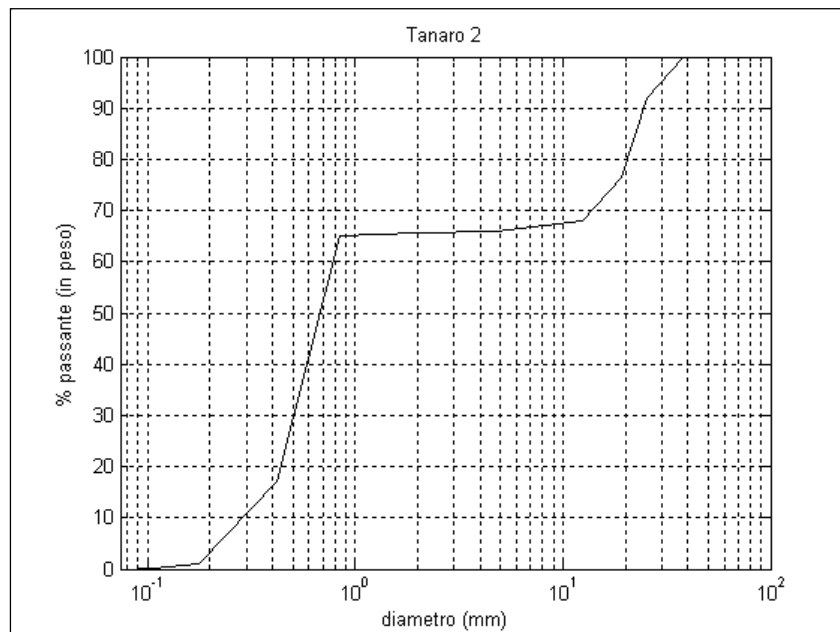
$$d_{84} = 29.98 \text{ mm}$$

$$d_{50} = 16.14 \text{ mm}$$

$$d_{16} = 0.33 \text{ mm}$$

$$G = 0.5 \left(\frac{d_{50}}{d_{84}} + \frac{d_{50}}{d_{16}} \right) = 24.87$$

Ø setaccio (mm)	trattenuto (g)
38.100	0
25.400	520
19.000	357
12.500	369
4.750	182
2.000	44
0.841	22
0.420	55
0.177	521
0.105	9



Distribuzione granulometrica del campione 2.

$d_{med} = 7.71$ mm

$d_{90} = 24.55$ mm

$d_{84} = 22.11$ mm

$d_{50} = 0.71$ mm

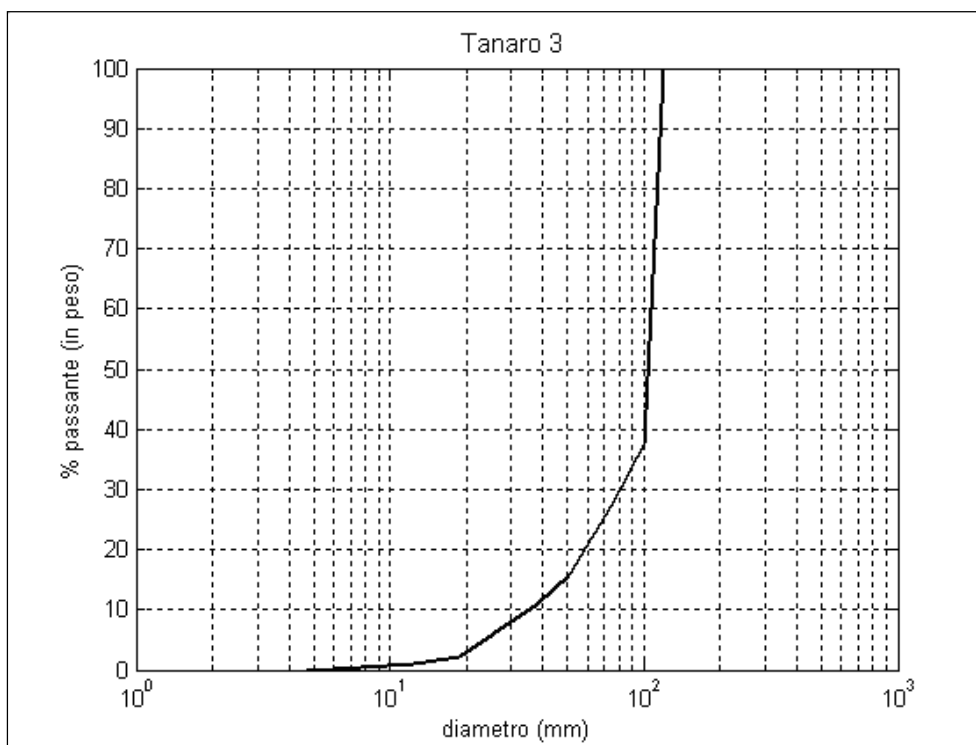
$d_{16} = 0.40$ mm

$$G = 0.5 \left(\frac{d_{50}}{d_{84}} + \frac{d_{50}}{d_{16}} \right) = 0.9$$

deviazione standard distribuzione delle particelle:

$$\sigma_g = (d_{84}/d_{16})^{0.5} = 8.41.$$

Ø setaccio (mm)	trattenuto (g)
38.100	0
25.400	119
19.000	236
12.500	124
4.750	34
2.000	5
0.841	9
0.420	717
0.177	241
0.105	15
0.074	2



Distribuzione granulometrica del campione 3.

Ø setaccio (mm)	trattenuto (g)
120.00	0
100.00	4185
75.00	674
50.80	789
38.10	317
25.40	344
19.00	254
12.50	82
4.75	60

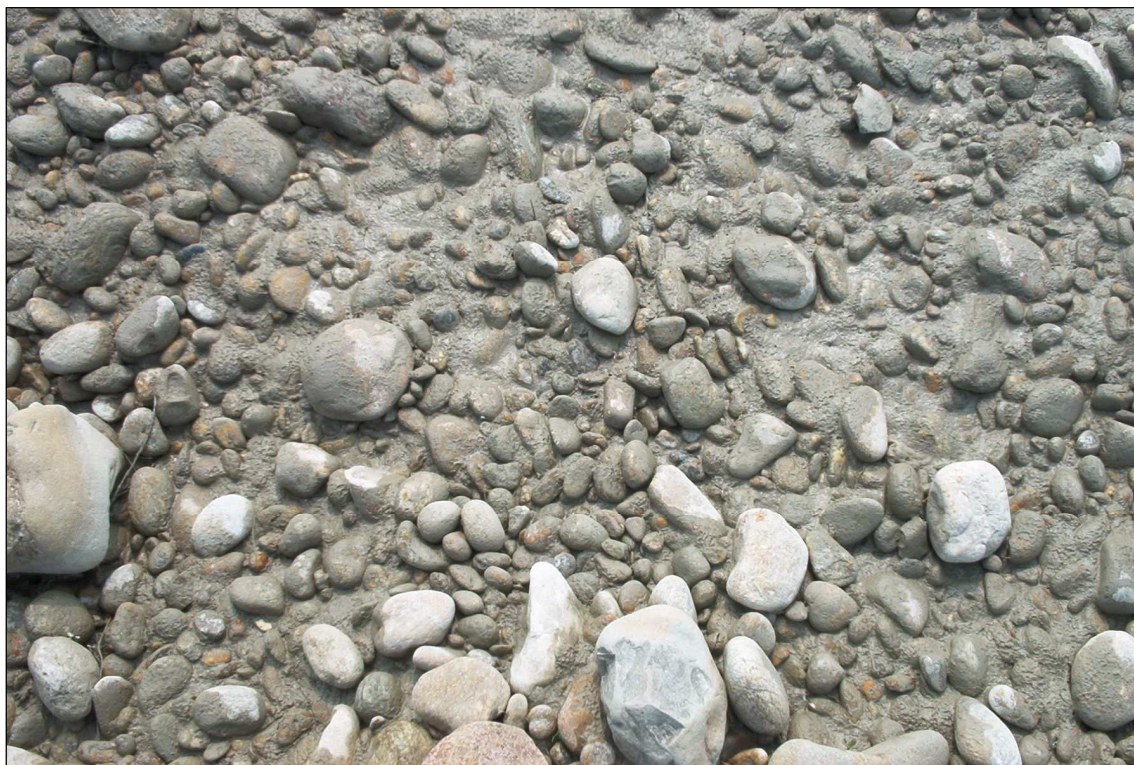


Foto di dettaglio del materiale d'alveo sul tratto del Tanaro nella zona di interesse.

4.5. Analisi idraulica

4.5.1. Idrografia della zona

L'idrografia dell'area esaminata è condizionata essenzialmente dalla presenza del f. Tanaro; considerando il bacino di questo corso d'acqua, con sezione di chiusura presso la stazione idrografica esistente in passato presso il ponte di S. Martino Alfieri, pochi km a monte del sito in esame, si ha che attraverso questa zona defluiscono gli apporti meteorici relativi ad un bacino sotteso con una estensione di circa 3.540 Km² ⁽¹⁶⁾.

L'altitudine massima del bacino sotteso è pari a 3.297 m s.l.m., mentre quella media è di circa 1.085 m e quella minima (ad Asti) di 115 m s.l.m.. Più precisamente, circa il 20% della superficie del bacino sotteso è posto ad una quota superiore ai 1700 m s.l.m., mentre il 38% è compreso tra i 600 ed i 1700 m s.l.m. ed il restante 42% è posto ad una quota inferiore ai 600 m s.l.m..

Le quote assolute scelte per separare queste fasce altimetriche sono state individuate in base a precisi criteri idrologici e climatologici: il limite altitudinale dei 1700 m s.l.m. rappresenta il limite dello zero termico medio del trimestre invernale, mentre quello dei 600 m s.l.m. rappresenta il limite dello zero termico medio del mese di gennaio.

Ne consegue che, da un punto di vista idrologico, i bacini con altitudini superiori al limite dello zero termico invernale (1700 m s.l.m.) saranno caratterizzati da deflussi cospicui in primavera o in tarda primavera ed inizio estate: per tutto il periodo invernale, infatti, le basse temperature impediscono lo scioglimento delle nevi che, viceversa, si accumulano.

I territori al di sopra del limite dello zero termico di gennaio (600 m s.l.m.) sono caratterizzati da deflussi minimi prevalentemente nel mese centrale dell'inverno, in quanto, oltre alla normale scarsità di precipitazioni di gennaio, che risulta quasi sempre il minimo principale dei regimi pluviometrici piemontesi, vi è assenza di scioglimento delle nevi.

Nei territori al di sotto dei 600 m s.l.m. i deflussi rappresentano una “risposta” immediata alle precipitazioni, mancando del tutto o quasi fenomeni di accumulo di neve o di ghiaccio al suolo, così che i regimi idrologici medi tendono ad avere un andamento “parallelo” a quello dei regimi pluviometrici.

⁽¹⁶⁾ Dato riportato negli Annali Idrologici e nel “Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese”, edito nel 1980 dalla Regione Piemonte.

4.5.2. Regime idrologico

Come si è visto in precedenza, l'idrologia dell'area esaminata è condizionata essenzialmente dalla presenza del f. Tanaro.

Sulla base dei dati pubblicati nel "*Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese*" (Regione Piemonte, 1980), si possono esaminare i valori medi delle portate, calcolati per il periodo 1921-70 e riportati nella tabella allegata, rilevati presso le stazioni di misura di Farigliano (CN), Alessandria e Montecastello (AL).

Il bacino imbrifero del Tanaro e dei suoi affluenti è caratterizzato da un regime pluviometrico in cui i massimi apporti meteorici si riscontrano in primavera ed autunno, per effetto soprattutto di ragioni di carattere orografico (influenza della catena alpina sulla circolazione atmosferica in quota), mentre i minimi si hanno in estate ed in inverno.

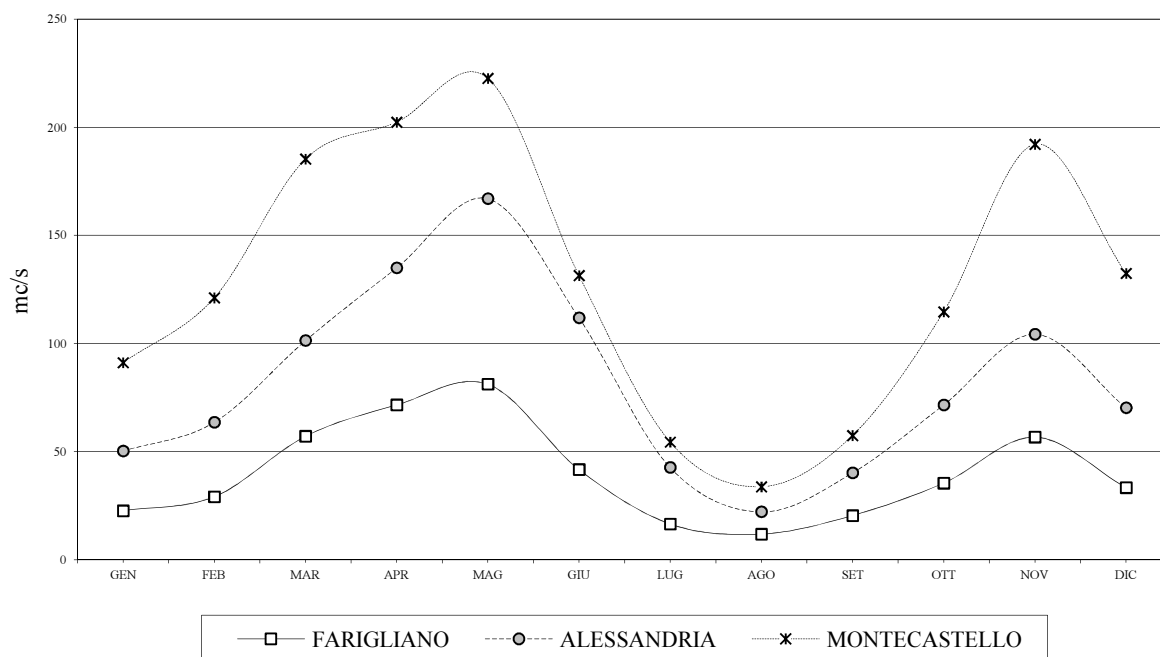
Il regime di deflusso del Tanaro può essere definito come fluvio - nivale di tipo alpino-appenninico, caratterizzato dalla presenza di un massimo primaverile maggiore di quello autunnale: la portata media mensile, infatti, raggiunge il culmine a maggio, in corrispondenza alle piogge primaverili ed allo scioglimento delle nevi sui rilievi montuosi. Vi è poi un massimo secondario in novembre, associato anche in questo caso ad un periodo di maggiori precipitazioni, mentre si hanno due minimi nel periodo invernale ed estivo.

In particolare, è da sottolineare la variazione della portata media annua che si accompagna all'aumento delle dimensioni del bacino: si può notare come la portata media annua praticamente raddoppi passando da Farigliano ad Alessandria, ossia le due stazioni tra le quali è compreso il tratto in esame, mentre l'estensione del bacino sotteso diviene più che tripla. Non vi è, quindi, una esatta linearità tra l'aumento della superficie del bacino idrografico ed il corrispondente incremento delle portate.

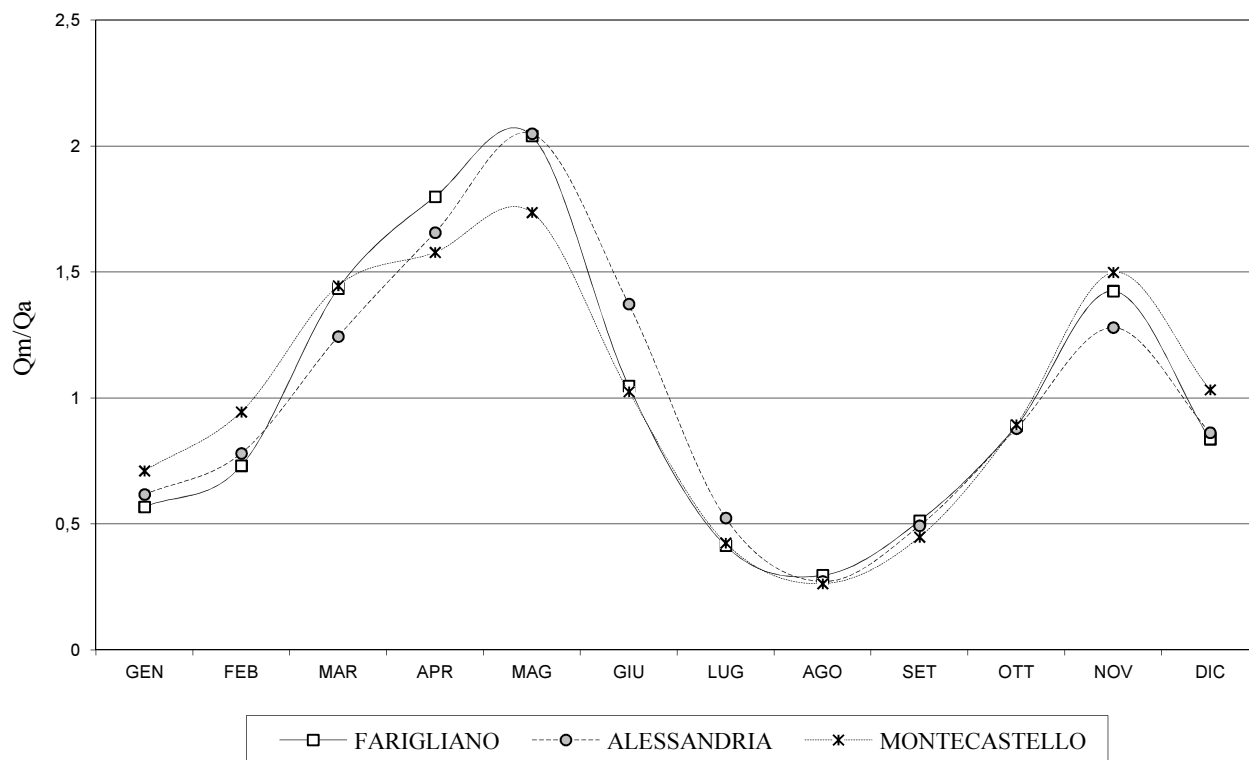
Rapportando la portata media mensile a quella media annua, si vede tuttavia che il regime idrologico, all'aumentare del bacino sotteso, si mantiene sostanzialmente invariato; il rapporto tra la portata e la superficie del bacino imbrifero sotteso definisce invece il "contributo specifico" del bacino stesso: si può vedere come questo parametro risulti più elevato per il bacino del Tanaro con chiusura a Farigliano, ossia nella vera e propria zona "alpina", mentre per le stazioni di Alessandria e Montecastello si vede come all'aumento dell'estensione del bacino sotteso non corrisponda un pari incremento nelle portate.

F. TANAROPortate medie mensili (m³/s) Anno medio 1921-1970

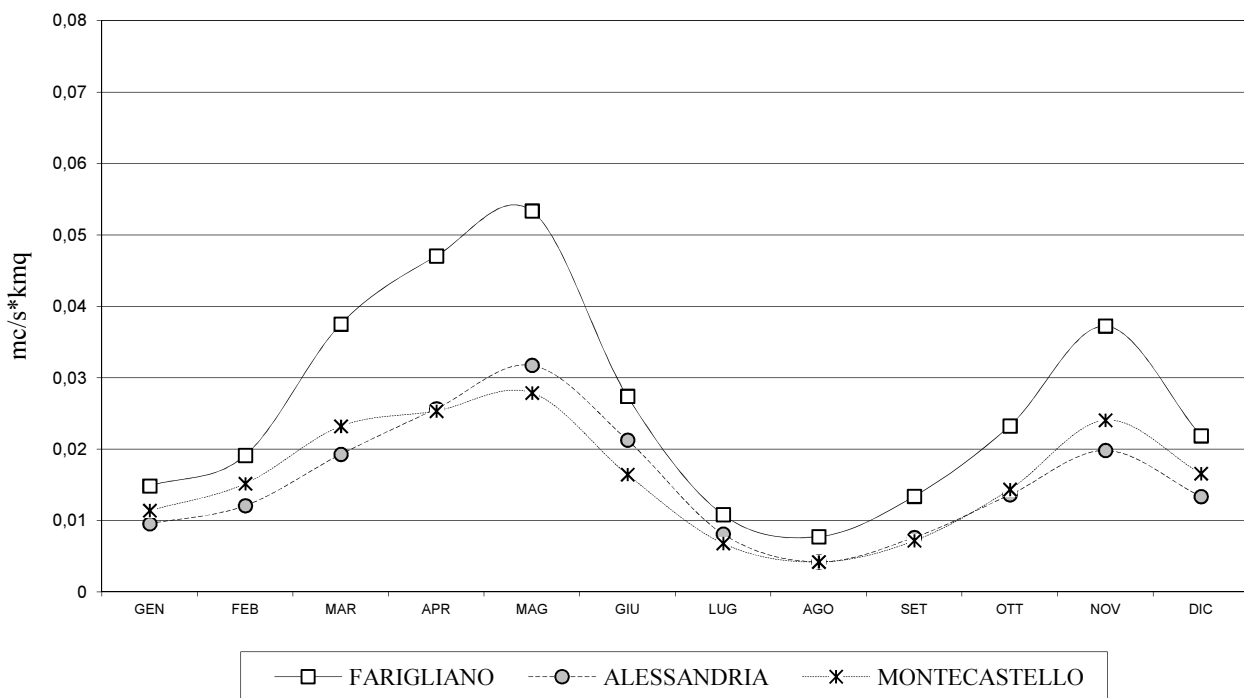
	Stazione di misura		
	Farigliano	Alessandria	Montecastello
Superficie sottesa :	1522 km ²	5260 km ²	7985 km ²
Mese :			
gennaio	22,6	50,3	91,1
febbraio	29,1	63,6	121,1
marzo	57,1	101,4	185,3
aprile	71,6	135,0	202,3
maggio	81,2	167,0	222,6
giugno	41,7	111,9	131,4
luglio	16,5	42,7	54,4
agosto	11,8	22,2	33,7
settembre	20,4	40,2	57,4
ottobre	35,4	71,6	114,6
novembre	56,7	104,3	192,1
dicembre	33,3	70,3	132,4
media annua	39,8	81,5	128,2

F. Tanaro - Portate medie mensili

Rapporto tra portata media mensile (Q_m) e portata media annua (Q_a)



Contributo specifico medio del bacino idrografico



4.5.3. Regime delle portate

Come si è visto in precedenza, il regime delle portate del f. Tanaro è direttamente correlabile con quello pluviometrico del bacino sotteso: per ragioni climatiche ed orografiche, infatti, l'influenza della catena alpina si fa' sentire sull'intero bacino idrografico, con un afflusso maggiore per i sotto-bacini alpini, in cui si nota un più cospicuo apporto meteorico per effetto dell'altitudine media più elevata.

In mancanza di stazioni idrografiche più vicine all'area esaminata, si può fare riferimento a quella di Farigliano, onde ottenere ulteriori informazioni: considerando i dati riportati sugli Annali Idrologici, pubblicati a cura del Ministero dei Lavori Pubblici fino agli anni '70, si è potuto vedere come la portata media citata in precedenza venga superata per circa 90-100 giorni all'anno, mentre nel restante periodo si hanno condizioni di magra più o meno accentuate.

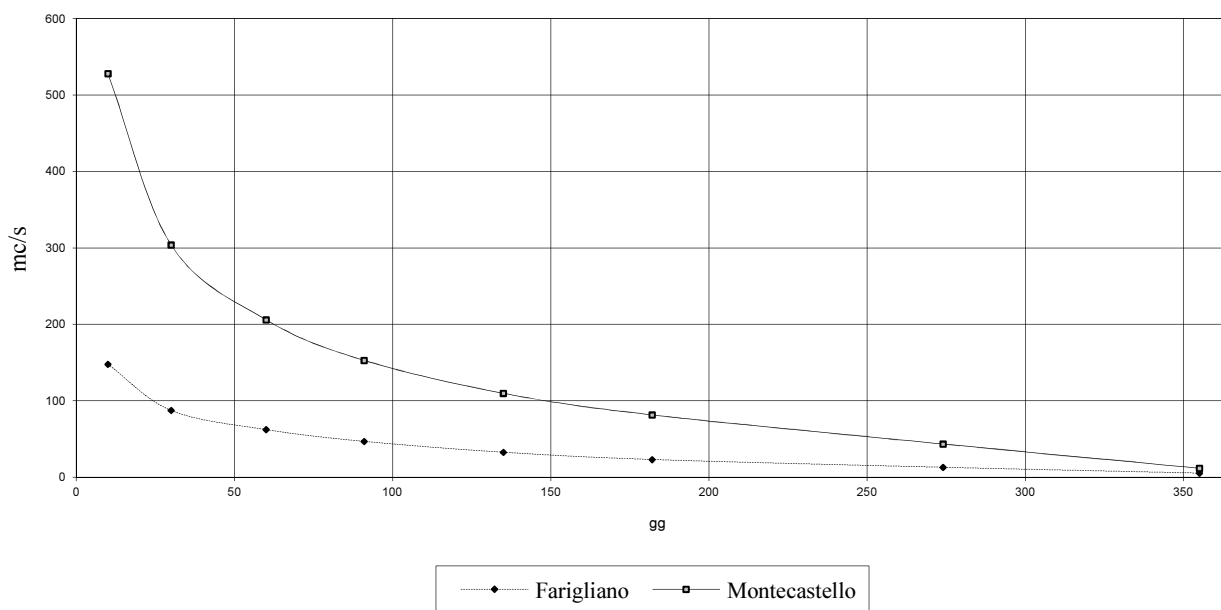
E' stato possibile reperire anche alcuni dati relativi alle curva di durata delle portate del f. Tanaro: questa curva indica per quanti giorni, nell'arco dell'anno, si verifica una portata di valore assegnato; la forma della curva stessa fornisce un'indicazione immediatamente percepibile della regolarità o meno del deflusso: tanto più la curva è "piatta", tanto più il regime idrologico si mantiene su livelli costanti, mentre in presenza di un forte picco per durate minime si può dire che il bacino non dispone, nel corso dell'anno, di una portata di magra rilevante.

Le caratteristiche di regolarità del deflusso sono solitamente in rapporto diretto con le dimensioni del bacino, in quanto quest'ultimo, se di maggiori dimensioni, dovrebbe consentire una migliore laminazione delle piene: ciò è visualizzato da un confronto tra i dati relativi alla stazione idrografica di Farigliano e quelli riferiti invece a Montecastello, come risulta anche dalle tabelle allegate.

Dall'esame delle curve di portata, si nota una spiccata concavità positiva: ciò indica che il deflusso annuo non si stabilizza su di un valore "medio", ma che invece all'aumentare del numero dei giorni la portata tende asintoticamente a ridursi al valore minimo.

F. Tanaro - Curva di durata delle portate

Stazione idrografica	Farigliano (CN)	Montecastello (AI)
Superficie del bacino sotteso	1522 km ²	7985 km ²
Altitudine media del bacino	932 m s.l.m.	663 m s.l.m.
Afflusso meteorico medio annuo (mm pioggia)	1134 mm	1008 mm
Portata media annua (m ³ /s):	0,30	0,50
Contributo specifico medio annuo (l/s/km ²)	23,2	15,4
Durata:	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
10 gg	148,0	528,0
30 gg	87,6	304,0
60 gg	62,5	206,0
91 gg	47,1	153,0
135 gg	32,9	110,0
182 gg	23,4	81,7
274 gg	13,2	43,6
355 gg	5,6	11,9

F. Tanaro - Curva di durata delle portate

4.5.4. Caratterizzazione idraulica del f. Tanaro

Si riportano, nel seguito, le tabelle, redatte dall'Autorità di Bacino nell'ambito della stesura del P.S.F.F. e dei suoi allegati, nelle quali vengono riassunte le portate di piena, per eventi con specifico tempo di ritorno, utilizzate per la perimetrazione delle fasce fluviali del f. Tanaro nell'ambito del P.S.F.F.: nell'implementazione di quest'ultimo, le portate stesse, riferite a specifiche sezioni di deflusso, avevano consentito di ricostruire il profilo di piena dei corsi d'acqua oggetto di perimetrazione, ricavando per ciascuna specifica sezione di deflusso l'altezza idrometrica associata alla portata idrica di riferimento.

Da un punto di vista idrologico, infatti, le portate di riferimento per la delimitazione delle fasce fluviali erano state determinate nel Sottoprogetto 1 del Piano di Bacino del Po, denominato *“Piene e naturalità degli alvei fluviali”*; tale studio aveva analizzato le caratteristiche di piena dei corsi d'acqua principali del bacino del Po, sui quali erano poi state costruite le fasce di riassetto fluviale nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

I risultati dello studio SP.1 erano poi stati riorganizzati ed omogeneizzati nell'ambito della *“Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”* emanata dall'Autorità di Bacino del Po, con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 nell'ambito dell'approvazione del successivo Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, che ha integrato ed implementato il P.S.F.F..

Per la caratterizzazione idraulica del tratto di fiume Tanaro in oggetto si può quindi fare riferimento ai dati ufficiali di portata dell'Autorità di Bacino, riferendosi in particolare alla citata *“Direttiva piena di progetto”*.

Tale studio ha analizzato le caratteristiche di piena dei corsi d'acqua principali del bacino del Po, sui quali sono state costruite le fasce di riassetto fluviale nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

Nelle tabelle di seguito allegate si riporta un estratto della "Direttiva piena di progetto" dal quale si evince il profilo di piena del Tanaro, in termini di livelli idrometrici (riferiti all'altimetria riportata sulla cartografia C.T.R. edita dalla Regione Piemonte) e di portate al colmo, per il tratto del fiume comprensivo della zona di interesse del presente studio.

In particolare, nella allegata *“Tabella 2”* è ricostruito il profilo di piena del f. Tanaro per un evento con $Tr = 200$ anni; relativamente al sito in esame, che ricade tra le sezioni n. 50 e 51 del PAI, si hanno quote idrometriche (riferite all'altimetria della CTR) comprese tra i 127,17 m s.l.m. della sezione 51 ed i 125,36 m s.l.m. della sezione 50.

Sezione			Superficie	Q20	Q100	Q200	Q500	Idrometro
Progr. (km)	Cod.	Denomin.	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	Denominazione
61.078	123	Ceva	470	670	990	1150	1340	
104.442	93	Farigliano	1522	1550	2100	2300	2600	Tanaro a Farigliano
141.852	68	Alba	3374	2050	2750	3050	3400	
177.863	44	Asti	4241	2650	3300	3550	3900	
224.440	19	Alessandria	5258	2850	3550	3800	4200	
236.891	11	Montecastello	7985	3250	4050	4350	4800	Tanaro a Montecastello
249.225	2	Confl. in Po	8020	3250	4050	4350	4800	

Tabella 1 - Portate di piena del fiume Tanaro per diversi tempi di ritorno, dedotte dalla Direttiva "Piena di Progetto" dell'Autorità di bacino del Po.

Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni	
		Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m ³ /s)
068	141.852	169.25	3050
067	143.289	166.96	
066	144.620	164.22	
065	145.630	161.89	
064	147.305	160.11	
063	148.907	157.64	
062	150.279	153.79	
061	152.097	150.15	
060	154.030	146.86	
059	155.313	144.30	
058	156.545	141.20	
057	158.325	140.71	
056	160.405	138.29	
055	162.027	135.76	
054	163.183	134.47	
053	164.839	132.66	
052	166.577	129.58	
051	168.529	127.17	
050	168.989	125.36	
049	170.801	123.69	
048	173.406	120.74	

Tabella 2 - Profilo di piena per il fiume Tanaro per $T_r=200$ anni, dedotto dalla Direttiva "Piena di Progetto" dell'Autorità di bacino del Po. Sono evidenziate le sezioni adiacenti al sito in esame.

4.5.5. Analisi dell'evento alluvionale del novembre 1994

L'area oggetto di istanza è stata interessata dal deflusso della portata di piena dell'evento alluvionale del novembre 1994: si tratta di un evento di piena che, nel bacino del Tanaro, è stato statisticamente gravoso per quanto riguarda le portate di piena e gli effetti ad esse connesse, con portate idriche a cui è associabile un tempo di ritorno pluricentennale.

La durata dell'onda di piena è stata di circa 24-30 ore.

Gli effetti dell'alluvione sulle aree golenali e in alveo sono stati cartografati e resi disponibili dalla Regione Piemonte: da essi è possibile desumere informazioni rilevanti sulla dinamica del fenomeno e sui possibili effetti indotti, per quanto concerne le direzioni di esondazione, le singolarità e criticità idrauliche, gli effetti del trasporto solido.

Nel tratto di Tanaro in esame, l'analisi delle foto aeree successive all'evento del 1994 ha messo in evidenza le seguenti dinamiche:

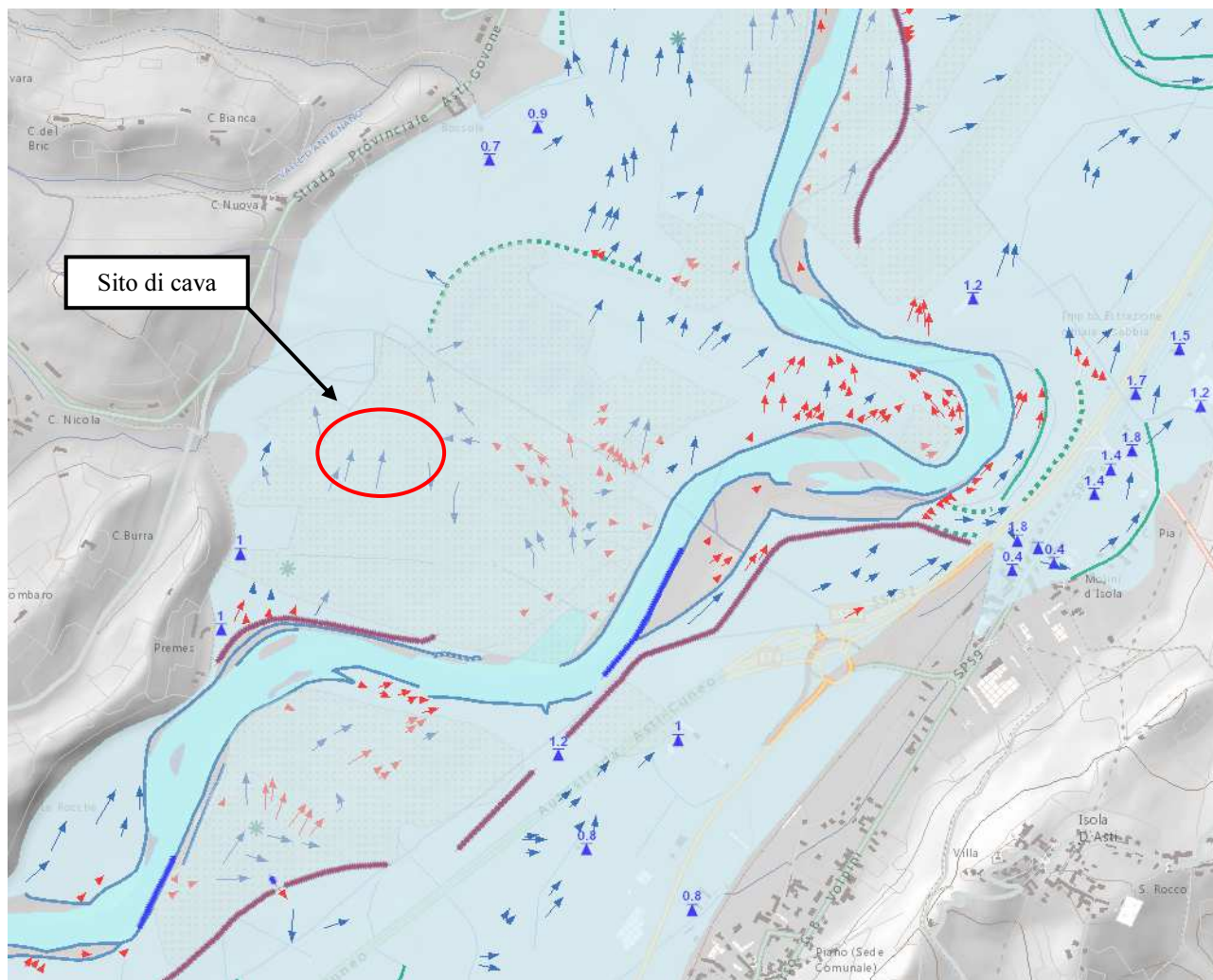
1. tendenza alla formazione di canali di erosione all'intradosso dei meandri;
2. tracimazione e/o aggiramento dei rilevati arginali più antichi, presenti in vari tratti del fondovalle ma senza caratteristiche di continuità e/o altezza tali da confinare effettivamente le acque di esondazione.

Come si evince dall'allegato estratto di planimetria, visualizzato mediante l'apposito servizio *on line* dell'ARPA Piemonte ⁽¹⁷⁾, presso la zona in esame la zona interessata dalle esondazioni si è espansa sino al piede dei rilievi collinari; il preesistente setto arginale, pertanto, nel 1994 non assunse più, di fatto, la funzione di un "partitore idraulico", tanto che il medesimo non risulta cartografato nelle planimetrie in esame.

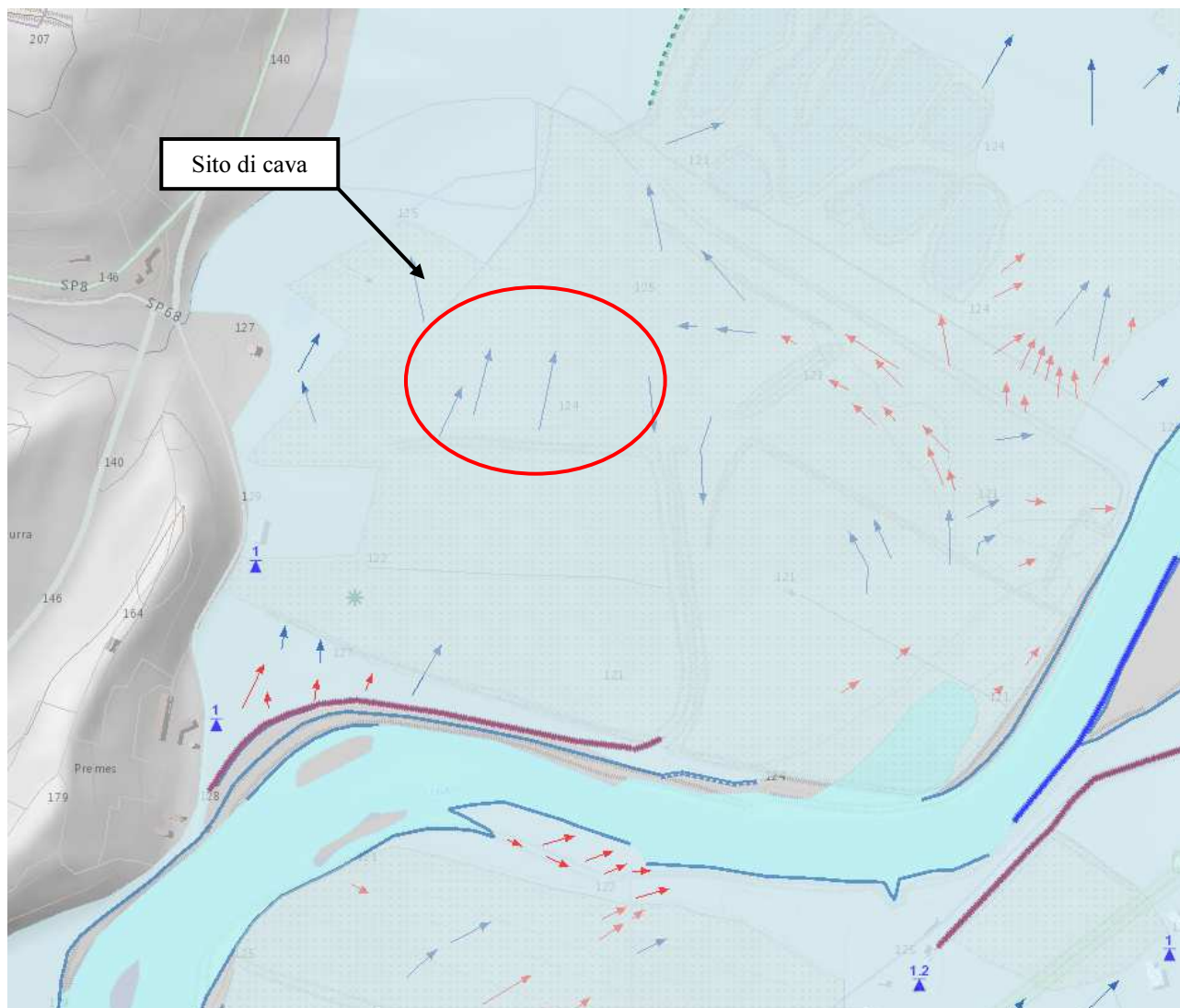
Il deflusso delle portate di piena sui terreni in sinistra idrografica, sui quali ricade il sito di cava in progetto, non ha avuto effetti particolari in termini di trasporto solido: non sono segnalati, infatti, fenomeni significativi di erosione e/o deposizione presso il sito in parola.

La presenza di tracce di paleoalvei in sinistra idrografica, documentati dalle cartografie storiche descritte in precedenza, non sembra aver avuto, in questo caso, particolari effetti sulle direzioni preferenziali di deflusso della corrente.

⁽¹⁷⁾ Cfr.: <http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/GeoViewerArpa/index.html>.







Effetti della piena del novembre 1994. Esame a scala di tratto fluviale.
Legenda alle pagine seguenti.























Effetti della piena del novembre 1994. Esame a scala di dettaglio.
Legenda alle pagine seguenti.

LEGENDA







Effetti al suolo ed elementi morfologici puntuali

-  Area con deposito prevalentemente limoso-sabbioso
-  Area con deposito prevalentemente sabbioso-ghiaioso
-  Sponda erosa
-  Altezze idrometriche

Effetti al suolo ed elementi morfologici lineari

-  Alveo
-  Alveo soggetto ad approfondimento per erosione di fondo
-  Canale attivo (al momento dell'osservazione)
-  Canale d'erosione
-  Canale riattivato naturale
-  Direzione di deflusso (correnti ad alta energia)
-  Direzione di deflusso (generica)
-  Forma relitta - incisa
-  Forma relitta - non incisa
-  Limite del fenomeno certo
-  Limite del fenomeno generico
-  Limite del fenomeno incerto
-  Orlo di scarpata antropica
-  Orlo di scarpata d'erosione
-  Orlo di terrazzo
-  Punto e direzione di esondazione
-  Scarpata principale
-  Sponda
-  Sponda erosa
-  Substrato affiorante

Effetti al suolo ed elementi morfologici areali

-  Alveo non differenziato
-  Area allagata in modo discontinuo o di incerta interpretazione
-  Area con deposito prevalentemente limoso-sabbioso
-  Area con deposito prevalentemente sabbioso-ghiaioso
-  Area inondata/allagata
-  Canale attivo (al momento dell'osservazione)

5. PROGETTO DI COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO

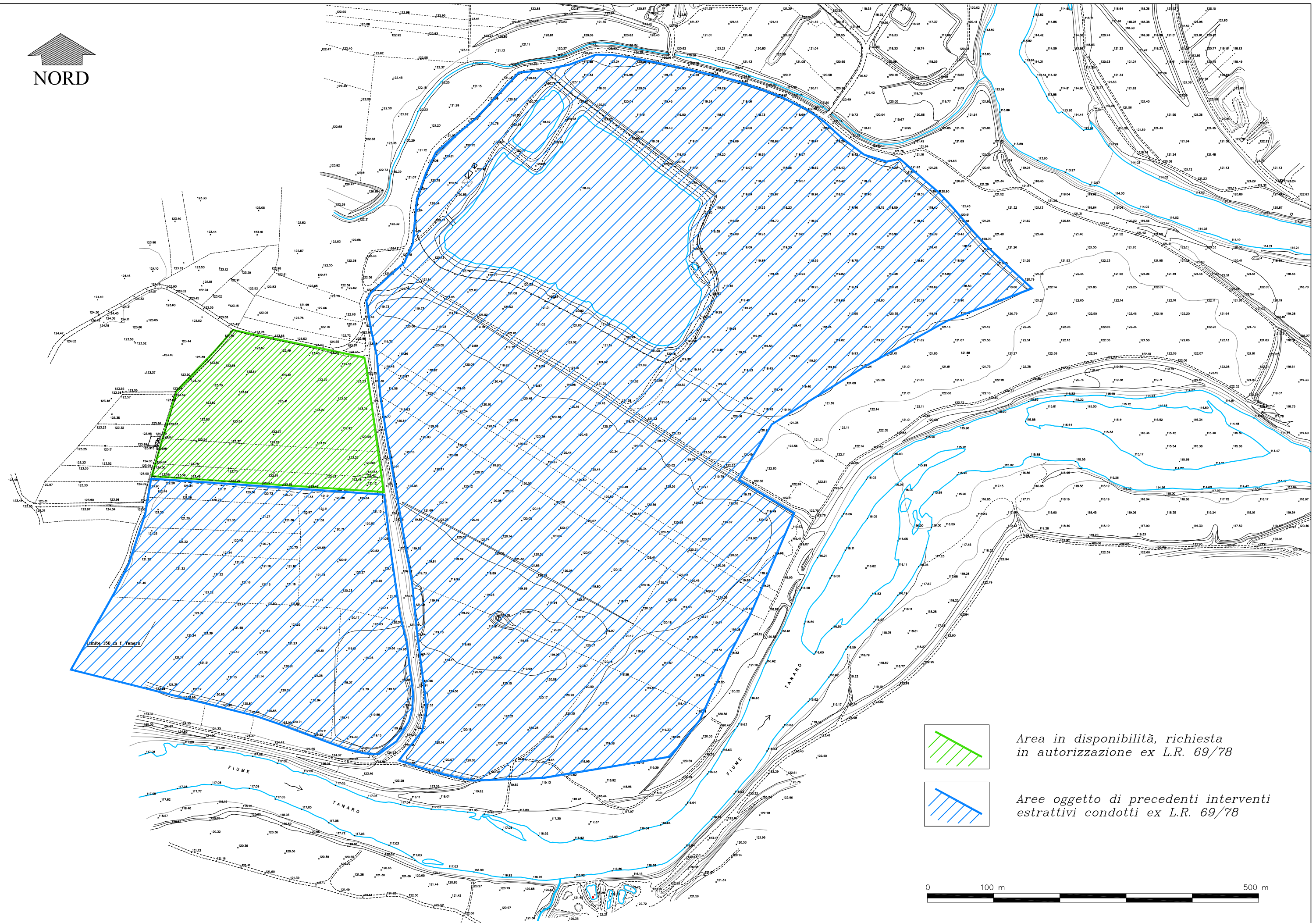
5.1. Stato attuale dei terreni

L'area richiesta in autorizzazione è costituita da terreni posti nella piana di fondovalle del f. Tanaro, in sponda sinistra del corso d'acqua.

I terreni sul fondovalle mostrano un andamento sub-pianeggiante, con una quota topografica media di circa 123 - 124 m s.l.m., come risulta dalle sezioni e dalle planimetrie allegate (Cfr.: Tav. 2 - Planimetria stato attuale e Tav. 5 - Sezioni stato attuale, massimo scavo e finale).

Il corso d'acqua, in corrispondenza dei terreni interessati dall'attività estrattiva, si imposta ad una quota del pelo libero che scende dai circa 117 metri s.l.m. dell'estremità di monte ai circa 116 m s.l.m. di quella di valle; esso risulta delimitato da sponde alte sino a 5÷6 metri, anche se localmente, soprattutto in sinistra idrografica, il dislivello risulta ripartito tra diverse scarpate di altezza minore, con fasce di terreno a diversa altezza.

La quota dei terreni interessati dal progetto di cava è quindi sopraelevata mediamente di almeno 5÷6 m rispetto al pelo libero del fiume Tanaro; come illustrato nell'allegato estratto cartografico, riportato nel seguito, fra l'area di cava ed il corso d'acqua si nota altresì la presenza di estese aree già ribassate negli anni trascorsi per effetto di precedenti interventi estrattivi, dalle quali i terreni stessi sono separati mediante scarpate di altezza da metrica a plurimetrica, in particolare sul lato sud: di conseguenza, l'intervento estrattivo in progetto è stato impostato così da pervenire al raccordo e livellamento morfologico del sito di cava con le adiacenti aree già ribassate in precedenza.



*Area in disponibilità, richiesta
in autorizzazione ex L.R. 69/78*

*Aree oggetto di precedenti interventi
estrattivi condotti ex L.R. 69/78*

0 100 m 500 m

5.2. Sviluppo della coltivazione mineraria

I terreni oggetto della presente richiesta di autorizzazione, come riportato sulla planimetria allegata (Cfr.: Tav. 2 - Planimetria stato attuale), sono posti in territorio del Comune di Antignano (AT), in prossimità del confine col territorio comunale di Revigliasco d'Asti (AT).

L'area in parola è racchiusa tra il piede dei rilievi collinari e un'ampia ansa del Tanaro, rispetto al cui tracciato i confini amministrativi risultano oggi non concordanti; in particolare, il corso d'acqua, dopo essersi portato, tra le località Perosini e Rocche, a sud dell'abitato di Antignano, a lambire il piede delle colline, a sud del sito in esame descrive un'ampia ansa verso est, portandosi progressivamente verso il settore centrale del fondovalle, per modellare poi uno spiccato meandro verso est, sino a portarsi, dopo circa 2,5 Km, in prossimità della S.S. 456 in Comune di Isola d'Asti, e della limitrofa Autostrada Asti – Cuneo.

Il settore di fondovalle posto in sinistra idrografica è poi suddiviso dalla presenza di un vecchio argine, diretto verso NNW e riportato sulle cartografie IGM, che separava la porzione più elevata del fondovalle, compresa tra l'argine stesso ed il piede dei rilievi collinari e sulla quale sorge il sito in esame, dalla porzione geologicamente più recente, interessata dalla presenza di tracce di modellamento fluviale, sotto forma di un'ampia ansa meandriforme, testimonianza di un ramo fluviale abbandonato dal f. Tanaro.

Come indicato dalle quote altimetriche riportate sull'allegato elaborato cartografico, i terreni posti a est dell'argine, nella fascia compresa tra quest'ultimo ed il corso d'acqua, sono stati oggetto di coltivazione mineraria negli anni trascorsi, sia in territorio del Comune di Antignano (settore meridionale) che in quello di Revigliasco d'Asti, così che quasi tutta la porzione orientale dell'area racchiusa nell'ansa fluviale, in sponda sinistra del Tanaro, risulta ora altimetricamente ribassata.

Negli anni trascorsi, erano poi state presentate istanze di autorizzazione al Comune di Antignano per la coltivazione di terreni posti nella porzione altimetricamente più rilevata della piana alluvionale, ossia nella fascia compresa tra il succitato argine ed il piede dei rilievi collinari, presso i quali, in loc. Ponte Ravè, sorgono gli impianti di lavorazione della Società Istante.

Si tratta di terreni posti immediatamente a sud dell'area oggetto della presente istanza, rispetto alla quale gli stessi risultano ora altimetricamente ribassati, mediamente, di un paio di metri, con la presenza di una scarpata di pari altezza che corre, con direzione est – ovest, lungo il margine meridionale dell'area oggetto dell'attuale richiesta autorizzativa.

Quest'ultima è costituita da un corpo di terreni di forma trapezoidale, compresi tra una strada interpoderale, sul lato ovest, ed il tracciato del succitato argine sul lato est; sul lato nord, la strada interpoderale si ricollega ad una pista sterrata di servizio realizzata, negli anni trascorsi, su terreni privati, in disponibilità alla Società Istante, per consentire il transito ai mezzi di servizio impegnati nel trasporto agli impianti di lavorazione inerti del materiale estratto nelle cave esercite dalla Ditta medesima in territorio del limitrofo Comune di Revigliasco d'Asti, a nord della cava oggetto del presente studio: la disponibilità di queste piste private ha infatti consentito di procedere a tali

interventi estrattivi senza interessare, con il transito dei mezzi di cava, la viabilità pubblica della zona, riducendo in tal modo gli impatti sul territorio.

Al momento attuale, nelle aree poste a sud dell'attuale corpo di terreni di cava le operazioni di coltivazione mineraria sono terminate, come pure quelle connesse al recupero ambientale.

L'acquisizione della disponibilità di nuovi lotti di terreno, oggetto della presente istanza, adiacenti ed in continuità fisica con quelli per i quali a suo tempo erano state rilasciate le autorizzazioni ex L.R. 69/78, ha consentito di predisporre il presente progetto di prosecuzione della coltivazione mineraria, che andrà ad interessare un appezzamento di forma trapezoidale, posto in diretta continuità fisica e catastale di quello, immediatamente più a sud, a suo tempo già oggetto di autorizzazione.

L'area in disponibilità, relativamente ai terreni oggetto di nuova acquisizione, ha un'estensione catastale complessiva pari a circa 69.900 m².

Per effetto della morfologia di dettaglio dell'area, e dell'esigenza di limitare gli scavi così da osservare idonei franchi di rispetto sul perimetro esterno (sui lati est, nord ed ovest), l'area effettivamente interessata dalla ripresa della coltivazione mineraria sarà pari solamente a circa 60.500 m².

La coltivazione mineraria non darà origine ad una "fossa" chiusa su tutti i lati, ma porterà invece al raccordo morfologico con le aree adiacenti, poste a sud del sito di cava, già ribassate in precedenza nell'ambito degli interventi estrattivi autorizzati negli anni trascorsi dagli Uffici Competenti, così da portarle in continuità morfologica ed altimetrica.

In particolare, il fondo dell'area ribassata per effetto degli scavi verrà livellato con una debole pendenza verso sud - est, così da consentire il deflusso per gravità delle acque meteoriche, indirizzandole verso il limitrofo lotto di terreni già ribassati in precedenza, posti a sud dell'area di cava e con i quali quest'ultima verrà portata in continuità morfologica ed altimetrica.

La strada interpoderale presente sul lato occidentale verrà mantenuta nella sua posizione planimetrica attuale, mantenendo dalla stessa un franco di rispetto pari a 3 metri; analogamente si procederà con la pista sterrata di servizio presente sul lato settentrionale dei terreni di cava.

Nell'ambito dell'intervento estrattivo, si provvederà al livellamento dell'area ribassata per effetto della coltivazione mineraria, così da conferire una pendenza uniforme ai terreni di cava, grazie anche al fatto che il fondo scavo non risulterà chiuso su tutto il suo perimetro, ma verrà invece portato in continuità altimetrica e morfologica, sul lato meridionale, con le aree già oggetto di coltivazione mineraria in passato (Cfr.: Tav. 4 – Planimetria stato finale).

Sui restanti lati, sul confine occidentale, settentrionale ed orientale dell'area di intervento, al bordo dell'area estrattiva verranno mantenute, in adempimento anche di quanto prescritto dal D.P.A.E., delle scarpate con una acclività molto dolce (1:2,75, ossia con pendenza di circa 20°).

In fase preliminare, verrà asportata ed accantonata la copertura terrosa sterile presente in superficie, costituita dal terreno humico agrario; si procederà quindi alla coltivazione del sottostante deposito alluvionale ghiaioso - sabbioso e ciottoloso.

Ai fini del recupero ambientale, il fondo dello scavo verrà spianato e livellato, per ridistendere infine il terreno agrario accantonato nella fase preliminare di scotico, livellando infine i terreni di cava con quelli adiacenti (lato sud) già ribassati nell'ambito di precedenti interventi estrattivi e con i quali i terreni di cava verranno portati in continuità morfologica.

5.3. Cubature estraibili

Come riportato nell'allegata planimetria catastale (Cfr.: Tav. 1 - Estratto di mappa catastale), l'area oggetto di istanza autorizzativa, finalizzata al proseguimento degli scavi estrattivi già svolti negli anni trascorsi, è posta a nord delle aree già oggetto di coltivazione mineraria in passato, con le quali risulta fisicamente confinante.

Per quanto detto, l'attività estrattiva risulterà da autorizzarsi su un'area catastale complessiva pari a circa 69.900 m^2 ; per effetto della morfologia di dettaglio dell'area, e dell'esigenza di limitare gli scavi così da osservare un idoneo franco di rispetto dai terreni confinanti e dalle piste interpoderali che delimitano l'area estrattiva, l'area effettivamente interessata dalla ripresa della coltivazione mineraria sarà pari solamente a circa 60.500 m^2 .

Come già discusso, il fondo dell'area ribassata per effetto degli scavi verrà livellato con una debole pendenza verso sud - est, così da raccordarlo con il limitrofo lotto di terreni già ribassati in precedenza, posti a sud dell'area di cava e con i quali quest'ultima verrà portata in continuità morfologica ed altimetrica.

In funzione delle quote altimetriche attuali e di quelle finali (che sono state individuate sulla base della necessità di mantenere un franco di rispetto di almeno 1 metro dalla massima escursione ordinaria della falda acquifera), il calcolo delle volumetrie estraibili può essere sviluppato considerando uno spessore utile medio coltivabile di circa 2,3 – 2,4 metri, con valori massimi (nel settore nord – occidentale dei terreni di cava) di poco superiori ai 2,5 metri: ne risulta che il volume del materiale asportabile è pari, in situ, a circa 142.800 m^3 ; da questo materiale occorre sottrarre però il materiale corrispondente alle scarpate perimetrali, da lasciare in posto per raccordare i terreni di cava, sui lati Ovest, Nord ed Est, a quelli confinanti.

Complessivamente, il volume del materiale asportabile è pari, in situ, a circa 142.800 m^3 ; al netto della volumetria da lasciare in posto presso le scarpate perimetrali (pari a circa 5.400 m^3), la cubatura effettivamente estraibile si riduce quindi a circa 137.400 m^3 .

Il volume di terreno vegetale, da accantonare preventivamente, sarà di circa 18.100 m^3 , corrispondenti ad una potenza di media di 0,3 m su di un'estensione coltivabile effettiva di circa 60.500 m^2 ; questo materiale, da asportare preliminarmente per raggiungere il sottostante giacimento alluvionale, verrà poi utilizzato, in sede di ripristino ambientale, per il recupero pedologico dell'area coltivata, in quanto verrà riportato sull'area di scavo così da ottenerne uno spessore omogeneo.

Le superficie e le cubature interessate dall'intervento estrattivo sono riassunte, schematicamente, nella tabella di seguito allegata.

CUBATURA DEL GIACIMENTO MINERARIO

Area catastale in disponibilità (m ²):	63.300
Area effettivamente coltivabile (m ²):	60.500
Spessore utile medio coltivabile (m):	2,3 – 2,4
Cubatura lorda (m ³):	142.800
Perdita per scarpate laterali (m ³):	5.400
Cubatura netta in posto (m ³):	137.400
Terreno humico da movimentare (m ³):	18.100

5.4. Evoluzione temporale e topografica della coltivazione

Al fine di non compromettere insieme l'intera area di cava, con le conseguenze, ormai note, di un maggiore impatto visivo e di una "desertificazione" del terreno estesa ad un arco di tempo inaccettabilmente lungo, si cercherà, per quanto possibile, di far procedere la coltivazione su strisce di terreno di larghezza limitata, in ossequio anche alle prescrizioni solitamente fornite dagli Uffici Competenti per casi consimili.

La coltivazione procederà pertanto per fasce parallele di larghezza non superiore a 20÷30 metri; la coltivazione sarà articolata su di una striscia di scotico, una striscia di scavo ed una in recupero.

Da un punto di vista topografico e temporale, considerando la forma planimetrica del corpo di terreni oggetto di proseguimento degli scavi svolti negli anni trascorsi (di forma trapezoidale, allungata in direzione est – ovest), gli scavi potranno procedere secondo una successione di “strisce” allungate in direzione da est verso ovest, ed avanzando da sud verso nord.

Con ogni “striscia” successiva, sarà ampliata di una pari ampiezza l'area, corrispondente ai terreni posti a sud dell'area di intervento, già ribassata nel corso di precedenti autorizzazioni all'attività estrattiva: in tal modo non si realizzerà, in fase di scavo, una vera e propria configurazione a fossa e la pendenza del fondo scavo consentirà il naturale deflusso delle acque meteoriche direttamente insistenti sull'area.

Questa soluzione del metodo di scavo per “strisce parallele”, già positivamente sperimentata in passato in altre cave sul fondovalle del f. Tanaro, può essere considerata preferibile, oltre che per quanto riguarda l'impatto visivo della coltivazione, anche dal punto di vista tecnico, in quanto riduce i tempi di ripristino finale del sito e minimizza le percorrenze dei mezzi, concentrando il fronte di escavazione.

Schematicamente, il fronte principale di coltivazione, disposto trasversalmente ad ogni singola “striscia” in cui verranno suddivisi i terreni di cava, e scavabile sia dall'alto, con escavatore a benna rovescia funzionante a retro, sia dal basso con escavatore o pala a benna dritta, avanzerà progressivamente in senso longitudinale lungo ciascuna di tali “strisce”.

Questo fronte di scavo verrà traslato progressivamente, rimanendo parallelo al fronte di scoperta della coltre vegetale e dello sterile terroso ed a quello di ripristino: ciò sino al completo esaurimento del fondo ed al suo recupero finale per l'agricoltura.

Questo metodo di coltivazione "per strisce", adottato con successo già nella coltivazione di precedenti cave sul fondovalle del f. Tanaro, ha l'indubbio pregio di garantire una corretta conduzione dei lavori di scavo e ripristino, e soprattutto di non differire troppo i tempi di recupero agricolo del fondo da quelli di coltivazione.

Infatti, mano a mano che i lavori procedono, sulle parti già scavate verrà riportato il terreno vegetale, accantonato in precedenza, nella fase preliminare della coltivazione, sul bordo dell'area in disponibilità.

Lo sviluppo della coltivazione per strisce di larghezza limitata consentirà inoltre di gestire meglio, da un punto di vista logistico ed organizzativo, le operazioni di coltivazione del giacimento e successivo riporto dello sterile terroso.

Sulla base delle cubature estraibili calcolate in precedenza, considerando le necessità produttive della Ditta relativamente alla cava in esame, quantificabili indicativamente in circa 25 - 30.000 m³ l'anno di materiale utile in posto, si può stimare in poco meno di 5 anni il tempo di esaurimento dei depositi ghiaiosi - sabbiosi costituenti il giacimento.

5.5. Metodi e mezzi di coltivazione

Nel corso dei sopralluoghi effettuati, si è potuta rilevare la natura di "terreno sciolto" dei materiali alluvionali che costituiscono il deposito da coltivare, confermata peraltro dall'attività estrattiva condotta in precedenza in aree limitrofe, nell'ambito delle autorizzazioni rilasciate negli anni trascorsi dai Comuni di Antignano e Revigliasco d'Asti; sarà quindi possibile, data l'assenza di cementazione nel materiale in posto, procedere allo scavo con le comuni macchine di movimento terra - essenzialmente pale ed escavatori idraulici - di cui dispone la Ditta.

Le operazioni di scavo e movimento terra verranno ripartite tra i diversi fronti di scotico e di coltivazione vera e propria: verrà innanzitutto asportata la coltre di terreno agrario superficiale; il vero e proprio fronte di coltivazione, distanziato di qualche decina di metri, avrà invece un'altezza massima di poco superiore ai 2,5 metri, rientrando quindi nei limiti delle capacità operative dei comuni escavatori.

Su brevi distanze, la movimentazione del materiale, oltre che mediante camions e dumpers, potrà avvenire anche tramite pale cariatrici, mentre per lo spianamento della copertura terrosa, in sede di ripristino, si potrà utilizzare un comune dozer cingolato.

5.6. Idoneità della rete viaria interna ed esterna

Come già svolto correntemente negli anni trascorsi per la coltivazione delle cave limitrofe a quella in progetto, operando nell'ambito delle autorizzazioni man mano rilasciate dagli Uffici Competenti, i terreni di cava potranno essere raggiunti mediante piste private che, correndo su terreni in disponibilità alla Asti Cave S.n.c., collegano il sito estrattivo con gli impianti della Ditta stessa, siti in località "Ponte Ravè" del medesimo Comune di Antignano, in prossimità della S.P. n. 8 Asti – Govone.

L'utilizzo di questa viabilità, con un percorso totale massimo di poco più di 400 metri, consentirà di non impegnare, con i mezzi di trasporto del materiale estratto in cava, la viabilità pubblica della zona, sia per quanto riguarda la S.P. che per le strade vicinali, con i comprensibili e conseguenti vantaggi in termini di impatto sul traffico.

Le piste e le strade private utilizzate in passato per raggiungere i limitrofi terreni di cava si presentano pianeggianti ed in buono stato di fondo, ampie a sufficienza per consentire il transito dei mezzi di cava; l'agibilità della cava non presenterà quindi difficoltà di sorta, dato che la viabilità così individuata è stata costantemente mantenuta in condizioni di buona percorribilità: non sarà pertanto necessario apportare, in conseguenza dell'attività estrattiva, alcuna modifica alla struttura viaria esistente.

In ogni caso, la Società Istante si impegna a mantenere le strade e le piste di accesso in buono stato di agibilità, effettuando in proprio, tempestivamente, le riparazioni che dovessero rendersi necessarie.

5.7. Regimazione delle acque meteoriche

Lo scavo in progetto non andrà ad interferire con la rete idrografica locale, come visibile dalle planimetrie e dalle sezioni allegate alla presente relazione progettuale: verranno infatti osservate le opportune distanze di rispetto dal fiume Tanaro.

La buona permeabilità dei terreni alluvionali di questa zona consente una rapida infiltrazione delle acque meteoriche all'interno del materasso alluvionale: ciò evita, generalmente, il formarsi di ristagni o di fenomeni di ruscellamento superficiale; come si è potuto riscontrare e verificare nell'ambito del passato esercizio dell'attività estrattiva, svolta nei decenni trascorsi su ampie estensioni di terreno nell'intorno dell'area oggetto di intervento, la regimazione delle acque superficiali costituisce un problema di proporzioni decisamente ridotte.

Nel complesso, il fondo dell'area ribassata per effetto degli scavi verrà livellato con una debole pendenza verso sud-est, così da consentire il deflusso per gravità delle acque meteoriche, indirizzandole verso il limitrofo lotto di terreni già ribassati in precedenza, posti a sud dell'area di cava e con i quali quest'ultima verrà portata in continuità morfologica ed altimetrica.

6. RELAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DEL GIACIMENTO

6.1. Caratterizzazione geotecnica del sottosuolo

6.1.1. Condizioni stratigrafiche

L'assetto litostratigrafico del giacimento oggetto di coltivazione mineraria, in cui saranno modellate le scarpate che delimiteranno sul perimetro esterno l'area ribassata per effetto degli scavi, può essere caratterizzato, anche dal punto di vista geotecnico, sulla base delle indagini geognostiche eseguite negli anni trascorsi a corredo di precedenti studi progettuali effettuati in zone limitrofe, lungo il fondovalle alluvionale del Tanaro nel tratto albese - astigiano.

In particolare, nel mese di giugno 2007 erano stati eseguiti, presso un sito di cava posto in Comune di Asti, pochi Km a valle dell'area in esame, sette sondaggi a carotaggio continui, eseguiti a cura della New Geotecn S.r.l. e spinti sino a 7 – 8 metri dal piano campagna.

Analogamente, nell'ottobre 2006 erano stati realizzati, nell'intorno di un sito di cava ricadente in territorio del Comune di Costigliole d'Asti, pochi Km a monte dell'area oggetto del presente studio, 3 sondaggi geognostici, eseguiti a carotaggio continuo secondo le norme A.N.I.S.I.G. ed effettuati anch'essi a cura della New Geotecn S.r.l. di Acqui Terme (AL).

Per quanto riguarda la litostratigrafia del giacimento, dalle risultanze di queste indagini effettuate in aree di fondovalle poste a monte ed a valle del sito di cava, ed a conferma di una situazione che ben si inquadra nell'ambito del contesto geologico e stratigrafico della zona, noto per essere stato oggetto di studi precedenti ⁽¹⁸⁾, aggiornati nell'ambito di pubblicazioni scientifiche che hanno sintetizzato i risultati di specifiche convenzioni di ricerca tra diversi Enti ⁽¹⁹⁾, si può riassumere il seguente quadro “medio” complessivo.

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

Alla base della copertura pedologica, si rinviene un livello discontinuo di sabbie fini e limi sabbiosi, di spessore variabile da punto a punto, da decimetrico a metrico e localmente assente, di colore nocciola chiaro: si tratta di depositi riferibili a facies di “*flood plain*”, ossia di materiale trasportato e sedimentato, in condizioni di bassa energia (ma sufficienti comunque a movimentare del sedimento con granulometria sabbiosa), da parte delle acque di esondazione che avevano invaso

⁽¹⁸⁾ Cfr.: FAULE D., “*Studio geologico-applicativo per un collegamento autostradale lungo la bassa Valle Tanaro*”; Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Torino, 1990.

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

⁽¹⁹⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., “*Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro*”, Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

la piana di fondovalle ⁽²⁰⁾, colmandola per accrezione verticale e livellando la sottostante morfologia irregolare, definita dal top delle barre ghiaiose, associate invece al trasporto di sedimento ad opera di correnti trattive all'interno dell'alveo attivo del corso d'acqua ⁽²¹⁾.

Ad eccezione dei suddetti livelli superficiali, il vero e proprio materasso alluvionale risulta infatti costituito da una sabbia da medio-fine a medio-grossolana, frammista a ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata, frammista a ciottoli con diametro massimo di circa 10 – 20 cm; da un punto di vista sedimentologico, questo materiale può essere interpretato come depositato ad opera di correnti trattive da parte di un corso d'acqua ad elevata capacità di trasporto (carico solido di fondo), sotto forma di barre all'interno o ai margini del canale di deflusso attivo, nell'ambito delle passate divagazioni del Tanaro entro la piana alluvionale.

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

Alla base, il materasso alluvionale poggia sulle sottostanti argille siltoso-marnose del substrato terziario, che nelle diverse indagini geognostiche sono state incontrate a profondità variabili dai 4-5 ai 6-7 metri, con una generale tendenza ad un "inspessimento" della copertura quaternaria man mano che ci si allontana dal f. Tanaro.

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

Nel complesso, l'assetto litostratigrafico della zona in esame si mostra in sostanziale accordo con il quadro conoscitivo generale messo a punto nell'ambito di precedenti studi, confermato dalle più recenti pubblicazioni scientifiche ⁽²²⁾, ad indicare che, lungo il fondovalle del f. Tanaro, il substrato terziario si imposta ad una profondità variabile dai 4-5 ai 7-8 metri circa dal piano campagna, anche se con locali oscillazioni da punto a punto, in ragione, come si è detto, della natura erosionale del top del substrato stesso, coincidente con la superficie di appoggio delle ghiaie fluviali.

⁽²⁰⁾ Cfr.: REINECK H. & SINGH W., "*Depositional sedimentary environments*", Springer-Verlag, Berlino, 1987.

⁽²¹⁾ Cfr.: BILLI P., 1988 – "*Morfologie fluviali*". Giornale di Geologia, ser. 3, vol. 50/1-2, pagg. 27-38, con bibliografia.

⁽²²⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., "*Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro*", Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

6.1.2. Indagini geognostiche

Per un primo inquadramento, in termini di caratterizzazione geotecnica, dei depositi alluvionali affioranti lungo il fondovalle del Tanaro nel tratto in esame, si può fare riferimento ai risultati di precedenti studi ed indagini svolte nel tratto a monte di Asti, nell'ambito dei quali erano state effettuate numerose indagini geognostiche lungo la piana di fondovalle ⁽²³⁾.

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

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

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

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

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

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

I risultati visualizzati in tabella possono essere così riassunti:

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

⁽²³⁾ Cfr.: S.A.T.A.P. S.p.A. e A.S.T.M. S.p.A. – Progetto ed indagini per il collegamento autostradale Asti – Cuneo.

Questi dati sono stati sostanzialmente confermati dai risultati delle prove penetrometriche effettuate nell'ambito dei citati sondaggi svolti, negli anni trascorsi, a corredo di analoghi interventi estrattivi svolti pochi Km a valle del sito in esame (cava in loc. "C.na Sardegna" del Comune di Asti), e che avevano fatto riscontrare i valori di N_{spt} riportati nelle seguenti tabelle:

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

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

6.1.3. Interpretazione dei risultati delle indagini geognostiche

6.1.3.1. Inquadramento ad ampia scala

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

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

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

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

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

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

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

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

Per una correlazione più accurata, occorre sottrarre alla pressione verticale così calcolata la spinta idrostatica U , associata alla presenza della falda acquifera, così da ottenere la pressione verticale efficace, indicata come σ'_v e misurata anch'essa in t/m^2 , e quantificata sulla base del livello piezometrico della falda freatica: nel caso in esame, si è fatto riferimento ai dati sulla soggiacenza della falda rilevati in occasione dell'effettuazione delle indagini in foro ⁽²⁴⁾.

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

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

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

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

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

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

⁽²⁴⁾ Cfr.: S.A.T.A.P. S.p.A. e A.S.T.M. S.p.A. – Progetto ed indagini per il collegamento autostradale Asti – Cuneo; Progetto esecutivo – Geotecnica; vol. 2.8 – Indagini in sito: Tratto II – Isola d'Asti - Alba.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

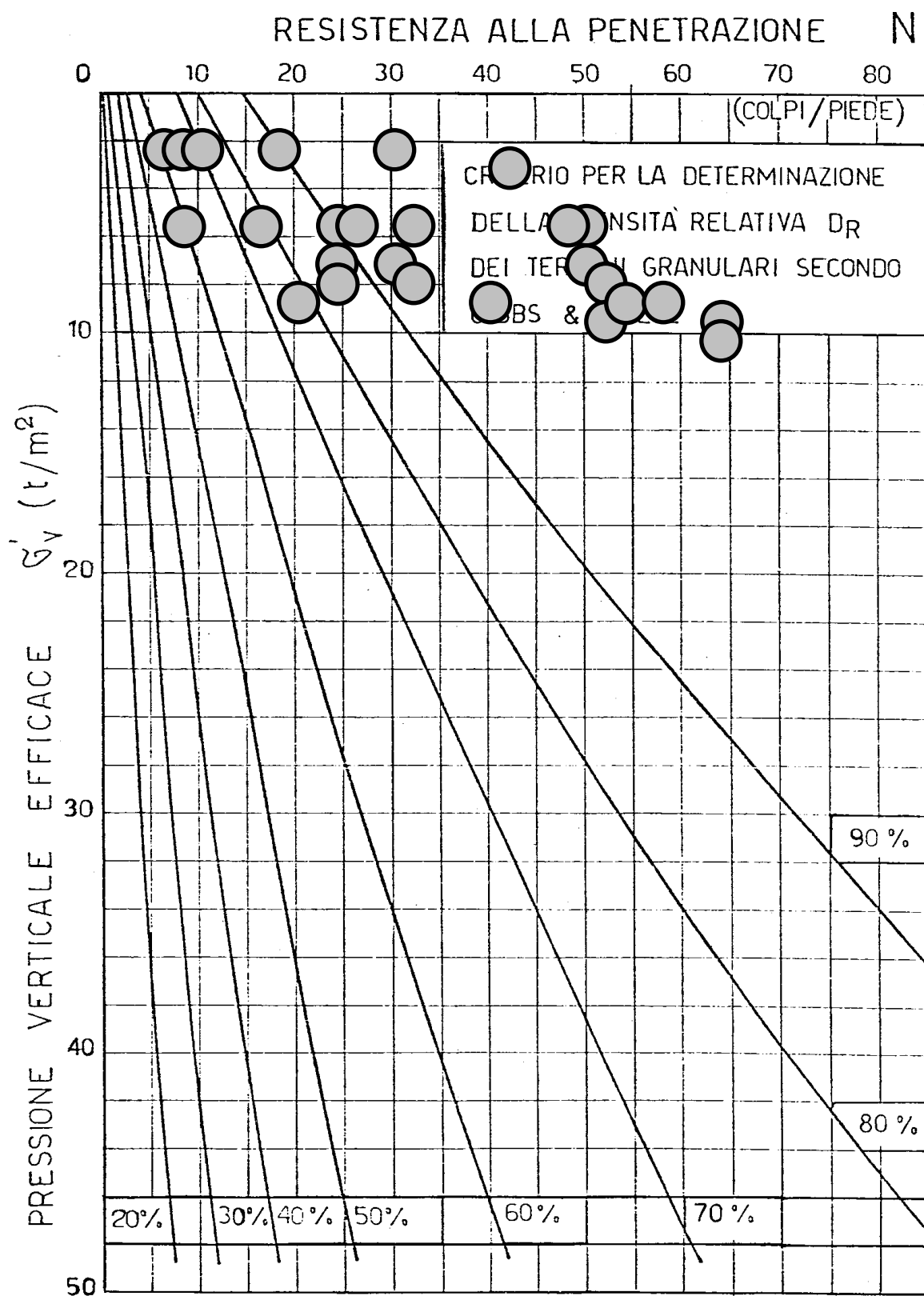


Diagramma di Gibbs & Holtz : valori di densità relativa ricavati mediante l'interpretazione dei risultati delle indagini geognostiche condotte nell'ambito della progettazione del tratto Alba – Isola d'Asti dell'Autostrada Asti - Cuneo.

6.1.3.2. Interpretazione dei dati rilevati in sito

Per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio dei depositi alluvionali affioranti presso l'area di cava, che costituiscono il giacimento di interesse estrattivo, e nei quali saranno modellati i fronti di scavo e le scarpate perimetrali nella cava in progetto, si è fatto riferimento ai risultati delle prove penetrometriche effettuate nell'ambito dei citati sondaggi svolti a corredo di analoghi interventi estrattivi svolti pochi Km a valle del sito in esame (cava in loc. "C.na Sardegna" del Comune di Asti): rispetto ai dati rilevati nell'ambito degli studi condotti a corredo della progettazione del collegamento autostradale AT – CN, si tratta infatti di indagini in sito condotte in periodi più recenti, ed effettuati pertanto con attrezzature più moderne e standardizzate; esse possono quindi essere ritenute maggiormente significative, ai fini della loro interpretazione per la determinazione dei parametri geotecnici.

Si è fatto quindi riferimento ai risultati riassunti nelle tabelle di seguito allegate.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

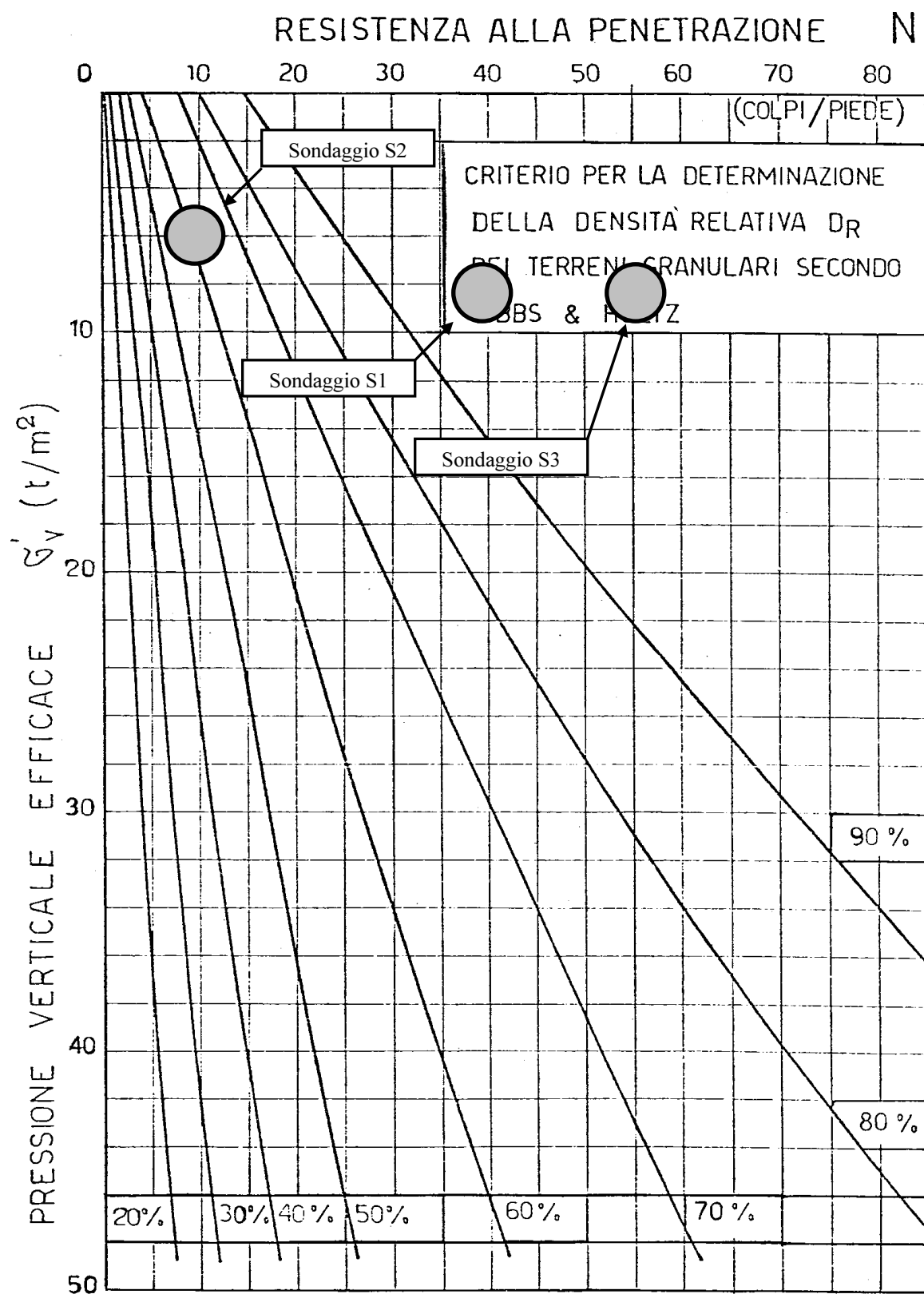


Diagramma di Gibbs & Holtz relativo ai risultati delle prove eseguite nei sondaggi effettuati presso il sito di cava.

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

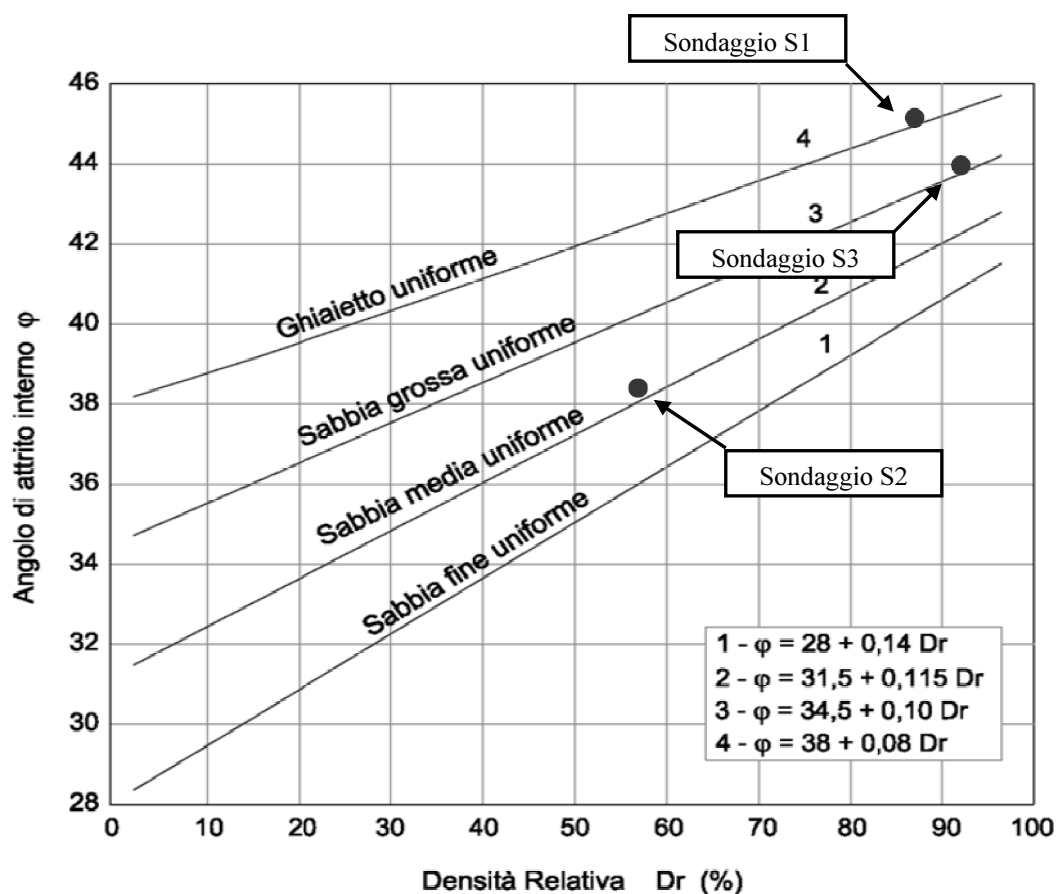
Profondità [m]	Dr [%]	ϕ [gradi]	LITOLOGIA			
			1	2	3	4
4,50	90%	45				
3,00	60%	38		X		
4,50	95%	44			X	

1 = sabbia fine

3 = sabbia grossa

2 = sabbia media

4 = ghiaie



6.1.4. Determinazione dei parametri geotecnici

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

Per la determinazione dei valori caratteristici del parametro ϕ , ossia dell'angolo di attrito interno, si è partiti infatti dall'interpretazione dei risultati delle prove svolte in precedenti studi progettuali in aree limitrofe del fondovalle alluvionale del Tanaro, che hanno fornito risultati coerenti ed inquadrabili nel contesto specifico della zona, così da ottenere i corrispondenti valori di angolo di attrito del terreno, riassunti nelle tabelle e nei grafici allegati in precedenza.

In particolare, dalle elaborazioni effettuate, svolte utilizzando il metodo di Schmertmann, mediante un apposito foglio di calcolo allegato al testo *“Ingegneria geotecnica e geologia applicata”* del dott. geol. Faustino Cetraro, edito nel 2007 dalla EPC Libri di Roma, si è provveduto a calcolare l'angolo di attrito del materiale in esame, partendo dal numero N che esprime la resistenza alla perforazione (preventivamente convertito in valori SPT) e dalla D_r ; i valori ottenuti sono compresi tra i 38° ed i 45° , rientrando pienamente nel *range* di valori ottenuti dall'interpretazione dei risultati delle prove effettuate a più ampia scala lungo il fondovalle del Tanaro.

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

In particolare, secondo quanto riportato al par. C6.2.2. della *“Circolare esplicativa”* alle NTC, per una corretta scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ⁽²⁵⁾ appare giustificato il riferimento a valori prossimi a quelli medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità in esso presenti.

Nel caso in esame, data la ridotta altezza dei fronti di scavo nella cava in oggetto, con valori massimi di poco superiori ai 2,5 metri, anche i possibili cinatismi saranno caratterizzati da dimensioni (in termini di larghezza coinvolta) di pari entità, tali cioè da interessare piccoli volumi di terreno: assume quindi importanza tenere conto di possibili eterogeneità a piccola scala.

Per la caratterizzazione geotecnica delle formazioni incoerenti di copertura si è quindi fatto riferimento, cautelativamente, al 5° percentile della distribuzione dei valori ottenuti, che, secondo l'Eurocodice 7, rappresenta il valore statistico caratteristico del parametro geotecnico in esame (in

⁽²⁵⁾ Nella notazione adottata nell'Eurocodice 7 e nelle NTC, i parametri caratteristici vengono individuati mediante il suffisso k in pedice (es. ϕ_k), a differenza di quelli di progetto per cui si utilizza il pedice d (es. ϕ_d).

questo caso l'angolo di attrito interno ϕ , che è quello più significativo per i terreni presenti in sito, costituiti da materiali alluvionali grossolani).

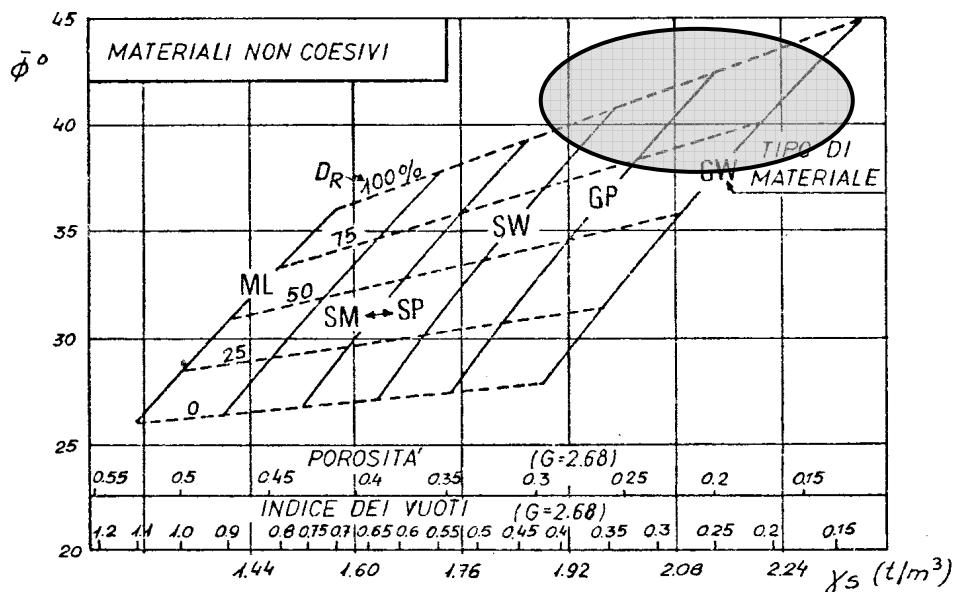
Per la determinazione dei valori caratteristici del parametro ϕ , ossia dell'angolo di attrito interno, dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT effettuate in un precedente studio, condotto a pochi Km di distanza dal sito in esame, sono stati ottenuti pertanto i corrispondenti valori di angolo di attrito del terreno, riassunti nelle tabelle e nei grafici allegati in precedenza; per i valori così ottenuti è stato poi calcolato il 5° percentile della distribuzione dei dati dell'angolo di attrito: dovendo partire per l'elaborazione statistica da un campione di soli 3 valori, avendo verificato che i valori ottenuti in tale occasione si inquadrano pienamente nel contesto geologico della zona, ossia l'intero fondovalle del Tanaro nel tratto che si estende, per una ventina di Km a monte di Asti, l'analisi statistica è stata svolta però considerando anche i valori ottenuti, per le medesime profondità indagate (ossia 3,00 e 4,50 m dal p.c.), dall'interpretazione dei precedenti dati, così da poter operare su un campione complessivo di 17 dati.

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

Si tratta di un valore in sostanziale accordo con quanto può essere ottenuto, sempre utilizzando i valori di *densità relativa* (D_r) ottenuti in precedenza, riportandoli nel diagramma sperimentale NAV-FAC riportato nel seguito ⁽²⁶⁾; per un misto ghiaioso-sabbioso come il terreno in esame (classificabile come intermedio tra le sabbie ghiaiose SW e le ghiaie a granulometria mista GW), con una densità relativa media pari all'80 - 90% e oltre, si ricava infatti un angolo di resistenza al taglio dell'ordine di circa 40° o poco più.

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

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



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

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

Diagramma NAV-FAC

6.2. Analisi sismica

6.2.1. Inquadramento normativo

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

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

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

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

6.2.2.1. Finalità e principi della zonazione sismica

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

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

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

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

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

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

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

6.2.2.2. Stati limite di riferimento

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

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

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

Gli stati limite di esercizio sono così definiti:

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

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

Più precisamente, gli stati limite ultimi sono così definiti:

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

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

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

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

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

6.2.2.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

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

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

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

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

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

Nel caso in esame, la problematica da affrontare è decisamente specifica ed in qualche modo anche radicalmente “anomala” rispetto al contesto per cui sono state concepite e definite le

normative sismiche ⁽²⁷⁾, in quanto non si tratta di una “costruzione”, ossia di un’opera artificiale destinata ad ospitare persone e/o strutture ed impianti, bensì di una cava, ossia di un sito in cui viene asportata, da parte dell’uomo, una porzione di “geomassa” naturale rappresentata dal giacimento estrattivo.

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

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

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

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

⁽²⁷⁾ NB: Non a caso, come già il precedente D.M. 11.03.1988, anche il D.M. 14.01.2008 limita esplicitamente il proprio campo di applicazione alle tematiche proprie delle costruzioni e dell’ingegneria civile, specificando che i “fronti di scavo indicati nella norma cui si riferiscono le presenti istruzioni attengono ad esempio a scavi di fondazioni, trincee stradali o ferroviarie, canali ecc.”, mentre “per gli aspetti non trattati nelle NTC nei riguardi dei fronti di scavo di miniere e cave ci si riferisca alla specifica normativa”, riconoscendone la natura peculiare e specifica (Cfr.: Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”, par. C6.8.6).

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

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

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

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

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

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

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

Si utilizza a tal fine la relazione:

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

6.2.3. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tab. 3.2.IV – Categorie topografiche

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

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

Per quanto riguarda invece la categoria topografica, dal momento che, presso il sito in esame, posto sulla sommità pianeggiante del fondovalle alluvionale che si estende in sponda sinistra del Tanaro, la coltivazione mineraria darà origine a dei fronti finali di scavo caratterizzati da un'inclinazione dell'ordine di circa 20° , ma con un'altezza massima del fronte dell'ordine di poco più 2,5 metri circa, si assume una categoria topografica pari a **T1**: ciò in quanto, come specificato nelle NTC, le categorie topografiche elencate nella succitata Tab. 3.2.IV “*devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m*”.

6.2.4. Azione sismica locale

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

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

a_g = accelerazione massima al sito;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

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

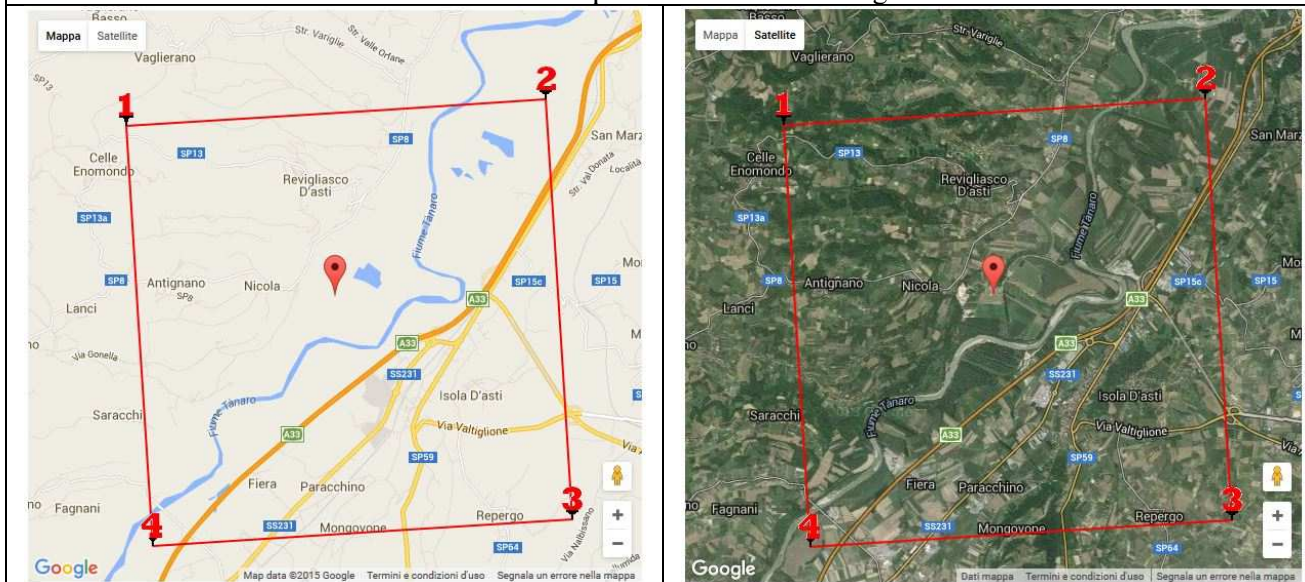
I valori di a_g , F_0 e T_c^* sono riportati in forma tabellare nell'allegato B alle NTC, nel quale di essi si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno (T_R) per l'intero territorio nazionale: i parametri in questione sono stati infatti calcolati per una maglia di “punto nodali” disposti a coprire l'intero territorio nazionale (il cosiddetto “reticolo di riferimento”).

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

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

Determinazione dei parametri sismici
<http://www.geostru.com/geoapp/parametrisismici.aspx>

Individuazione del sito rispetto ai “nodi” della maglia di calcolo



(1)* Coordinate WGS84 (°)

Latitudine

Longitudine

(1)* Coordinate ED50 (°)

Latitudine

Longitudine

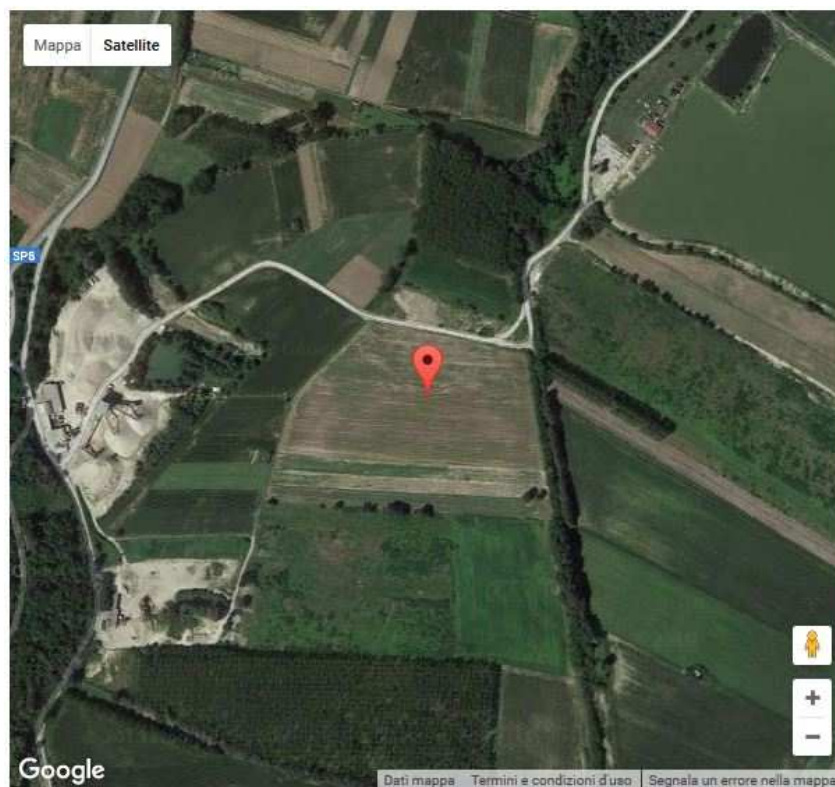
Classe dell'edificio

Cu = 0.7

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

Interpolazione

Dettaglio del sito:



Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c [s]
Operatività (SLO)	30	0,017	2,623	0,161
Danno (SLD)	35	0,018	2,615	0,169
Salvaguardia vita (SLV)	332	0,039	2,692	0,268
Prevenzione collasso (SLC)	682	0,046	2,742	0,299
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

- ☐ Muri di sostegno
 ☐ Paratie
- ☒ Stabilità dei pendii e fondazioni
- ☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,60
Cc * Coeff. funz. categoria	2,39	2,34	1,95	1,86
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,006	0,006	0,012	0,015
kv	0,003	0,003	0,006	0,007
Amax [m/s²]	0,270	0,288	0,609	0,728
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

6.3. Verifiche di stabilità dei fronti di scavo

6.3.1. Problematiche generali

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

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

In fase di coltivazione, questo materiale in posto andrebbe caratterizzato mediante un idoneo valore di coesione, seppur minimo, in quanto l'effetto dell'addensamento naturale del giacimento, assieme alla presenza di una frazione interstiziale limoso - argillosa, consentono di attribuire al misto alluvionale una certa pseudo - coesione, il cui effetto risulta significativo a breve termine: unitamente alla ridotta altezza dei fronti di scavo (con valori massimi di poco superiori ai 2,5 metri circa, rientrando quindi nelle capacità operative delle comuni macchine movimento terra), ciò consente di mantenere temporaneamente fronti di scavo di maggiore acclività, che sono comunque destinati ad un progressivo arretramento, per effetto del procedere della coltivazione.

6.3.2. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato

6.3.2.1. Verifica analitica mediante programma di calcolo

L'analisi di stabilità delle scarpate perimetrali, in assenza, nel contesto italiano, di normative specifiche in campo minerario ed estrattivo, è stata sviluppata facendo riferimento alle più recenti normative tecniche in materia di costruzioni, sotto forma del D.M. 14.01.2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC) e della relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: “*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*” (G.U. n. 47 del 26.02.2009) ⁽²⁸⁾.

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

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

A fronte dell'approccio previsto dal precedente D.M. 11.03.1988, nel quale la verifica di stabilità era svolta partendo dai parametri geotecnici “integri”, le nuove NTC prevedono invece, nei diversi approcci progettuali, l'applicazione preliminare di “coefficienti di sicurezza parziali” (fattori correttivi) ai singoli parametri geotecnici.

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

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

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

I parametri sismici da utilizzare nel calcolo sono stati definiti invece sulla base della vigente normativa di riferimento in materia sismica, ovvero seguendo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC) e dalla relativa Circolare esplicativa del Consiglio

⁽²⁸⁾ Si deve infatti ricordare che, come già il precedente D.M. 11.03.1988, anche il D.M. 14.01.2008 limita esplicitamente il proprio campo di applicazione alle tematiche proprie delle costruzioni e dell'ingegneria civile, specificando che i “*fronti di scavo indicati nella norma cui si riferiscono le presenti istruzioni attengono ad esempio a scavi di fondazioni, trincee stradali o ferroviarie, canali ecc.*”, mentre “*per gli aspetti non trattati nelle NTC nei riguardi dei fronti di scavo di miniere e cave ci si riferisca alla specifica normativa*”, riconoscendone la natura peculiare e specifica (Cfr.: Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: “*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*”, par. C6.8.6).

Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: “*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*” (G.U. n. 47 del 26.02.2009).

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

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

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

6.3.2.2. Metodo dei conci

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

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

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

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n ;
- totale numero di equazioni: $4n$.

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

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

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

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

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

6.3.2.3. Metodo di Morgenstern e Price

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

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

Si ottiene la cosiddetta “equazione delle forze”:

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

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

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

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

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

6.3.3. Risultati dell'analisi di stabilità

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

La verifica è stata condotta relativamente alla sezione – tipo delle scarpate perimetrali che delimiteranno la fossa di scavo, nell'ipotesi del maggior possibile approfondimento della coltivazione mineraria: si è pertanto provveduto a verificarne la stabilità a lungo termine, in condizioni sismiche.

Relativamente alla cava in progetto, gli scavi estrattivi avranno un massimo approfondimento di circa 2,75 m dal p.c., individuabile nel settore nord - occidentale: la scarpata-tipo oggetto di verifica è stata pertanto individuata in corrispondenza alla sezione di progetto 2-2, sul lato nord dell'area estrattiva. Ciò premesso, in allegato alla presente relazione si riportano i tabulati di calcolo, con relativo output grafico, delle verifiche di stabilità effettuate sulla scarpata perimetrale che delimiterà l'area di cava, e che sarà modellata nel misto alluvionale ghiaioso - sabbioso, oggetto di coltivazione mineraria.

La verifica è stata effettuata, in prima istanza, al fine di individuare la possibile superficie di scivolamento caratterizzata dal minor valore del coefficiente di sicurezza.

Come illustrato negli allegati alla presente relazione, dal calcolo si evince che le superfici di scivolamento maggiormente “critiche” sono quelle più corticali, tali cioè da coinvolgere spessori limitati di materiale (di ordine metrico o addirittura decimetrico), e per le quali il fattore di sicurezza risulta pari ad $F_s = 1,79$ circa. La verifica è poi stata ripetuta impostando una maglia dei centri delle superfici di potenziale scivolamento (passanti per il piede della scarpata perimetrale) tale da considerare fenomeni in grado di coinvolgere spessori più rilevanti di materiale, e di interessare l'intero sviluppo in altezza della scarpata, sino al ciglio superiore.

In questo nuovo caso, le verifiche analitiche hanno fatto riscontrare un fattore di sicurezza dell'ordine di $F_s = 1,90$ circa, nel caso di una superficie di scivolamento tale da comprendere l'intero dislivello della scarpata perimetrale, sino al ciglio superiore della medesima.

Le superfici di scivolamento maggiormente critiche risultano quindi quelle corticali, in grado di coinvolgere solamente limitati spessori di materiale. In entrambi i casi ipotizzati, le analisi di stabilità eseguite risultano comunque soddisfatte ai sensi del D.M. 14.01.2008, in quanto i fattori di sicurezza ottenuti sono superiori al valore minimo, previsto dal D.M. medesimo, di $F_s = 1,1$.

Relativamente alla stabilità a lungo termine di questa scarpata, il fatto che le superfici di scivolamento maggiormente critiche siano quelle corticali, in grado di coinvolgere solamente “fette” di materiale di spessore decimetrico, più che metrico (considerato che il dislivello complessivo della scarpata stessa è di poco superiore a 2,5 metri), evidenzia l'efficacia degli interventi di recupero ambientale previsti in progetto, per effetto dell'azione stabilizzante associata alle radici della vegetazione che verrà insediata sulla scarpata stessa.

7. RELAZIONE DI VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEL GIACIMENTO

7.1. Coltivazione del giacimento

Nella cava in oggetto, facendo riferimento a quanto descritto a proposito del progetto di coltivazione, si può dire che la cubatura disponibile ammonta ad un totale di circa 137.400 m³ di materiale utile in posto: a questo bisogna aggiungere circa 18.100 m³ di materiale sterile di copertura, da asportare preventivamente.

Dato il tipo di impiego del materiale estratto, destinato essenzialmente all'utilizzo come inerte per la produzione di calcestruzzo e per lavori edilizi, stradali ed idraulici, non è possibile prevedere con assoluta certezza, a priori, l'esatta durata della coltivazione.

Bisogna infatti tener conto delle oscillazioni stagionali nel campo dei lavori edili, idraulici ecc..., e quindi dell'andamento spesso variabile del mercato degli inerti e del calcestruzzo: il giacimento costituirà comunque una importante fonte di approvvigionamento per la Società Istante.

7.2. Area di mercato di utilizzo del materiale

Gli inerti alluvionali presenti lungo il fondovalle del f. Tanaro, per le loro caratteristiche petrografiche e sedimentologiche, forniscono un materiale estremamente "sano" e pulito, con un buon fuso granulometrico e ricco in clasti di rocce cristalline e quarzose: si tratta quindi di un inerte decisamente pregiato, adatto sia per la preparazione del calcestruzzo che per lavori edili, stradali ed idraulici.

La Società Istante dispone di propri impianti per il trattamento e la lavorazione del misto naturale, situati a poco più di 200 m, in linea d'aria, dall'area di cava in esame; il materiale inerte estratto dalla cava in oggetto verrà quindi trasportato a questi impianti di lavorazione, per essere poi commercializzato.

La Asti Cave S.r.l. potrà commercializzare il materiale proveniente dalla cava in oggetto utilizzando la rete stradale esistente, in particolare la S.P. Asti - Govone.

Il materiale estratto in cava avrà pertanto un mercato di utilizzo esteso a tutto l'Astigiano, oltre che alle circostanti zone collinari del Monferrato, dei Roeri e delle Langhe, con un raggio di commercializzazione di alcune decine di km: si tratta, infatti, di un materiale dalle ottime caratteristiche petrografiche, adatto per la preparazione del calcestruzzo; si ricorda, a tale proposito, che la Asti Cave S.r.l. opera di concerto con la consociata Asti Calcestruzzi S.r.l., alla quale essa fornisce gli inerti lavorati necessari per il confezionamento del calcestruzzo premiscelato.

7.3. Quantità di utile e di scarto

Il materiale costituente il giacimento di cava è caratterizzato da una composizione granulometrica abbastanza varia, compresa tra ciottoli, ghiaie più o meno sabbiose, sabbie, limi ecc...; si tratta quindi di un misto naturale con un buon assortimento granulometrico.

A questo materiale prevalentemente fine è però frammista una certa frazione limosa e ciottolosa; in particolare, circa un 5% corrisponde alla frazione fine, a granulometria limoso - argillosa, presente sia sotto forma di intercalazioni lentiformi che come matrice frammista all'inerte più grossolano.

Questa frazione sterile verrà separata appena possibile, onde allontanarla dal ciclo di trattamento e lavorazione; il materiale inerte verrà infatti trattato presso l'impianto di lavaggio e selezione granulometrica della Società Istante, posto a poco più di 200 m circa dall'area di cava in esame.

La frazione sterile più grossolana, ciottolosa, non costituisce comunque uno scarto, in quanto potrà essere totalmente riutilizzata, previa frantumazione, nell'impianto di trattamento.

Grazie alla capacità tecniche ed operative della Società Istante, sarà quindi possibile valorizzare al massimo la cubatura estraibile dal giacimento, riducendo l'entità degli scarti grazie all'utilizzo pressoché integrale delle diverse frazioni granulometriche.

7.4. Lavorazione ed utilizzo del materiale estratto

Il materiale inerte estratto in cava potrà essere opportunamente valorizzato per la preparazione del calcestruzzo: viste le sue caratteristiche petrografiche e granulometriche, questo materiale inerte può essere utilizzato anche per la prefabbricazione di elementi edilizi.

Per la lavorazione del materiale estratto, verranno utilizzati gli impianti di trattamento inerti di proprietà della stessa Società Istante, posti a poco più di 200 m, in linea d'aria, dal sito di cava in oggetto: la disponibilità di un idoneo impianto di trattamento, in grado di procedere alla lavorazione del materiale inerte ghiaioso-sabbioso, consentirà infatti di sfruttare al meglio le possibilità di utilizzo del misto naturale costituente il giacimento.

L'inerte alluvionale estratto in cava potrà essere sottoposto a fasi successive e ripetute di vagliatura, frantumazione e lavaggio, al fine di separarne le diverse classi e frazioni granulometriche, ottenendo così dei prodotti conformi alle sempre più rigide normative in merito.

Come si è visto in precedenza, gli impianti di lavaggio, trattamento e selezione inerti di proprietà della Società Istante sono posti in località “Ponte Ravè” del medesimo Comune di Antignano, e possono essere raggiunti, dal sito di cava, percorrendo per poco più di 400 m le piste private appositamente realizzate negli anni trascorsi per l'esercizio di precedenti interventi estrattivi.

Con questi impianti potrà essere corretta la granulometria dell'inerte naturale grezzo: le frazioni più grossolane potranno essere trasformate, mediante frantumazione, in un materiale più fine. Al tempo stesso, potrà essere rimossa, mediante lavaggio, la patina, comunque molto ridotta, di materiale limoso che spesso riveste i clasti costituenti le ghiaie, deteriorandone la qualità in quanto ne impedisce una buona aderenza con l'impasto del calcestruzzo.

Secondo quanto risulta dall'esame degli impianti di lavorazione inerti, questi ultimi sono costituiti essenzialmente da vagli vibranti, cui si aggiungono frantoi e ruote scolatrici, oltre a nastri trasportatori per lo stoccaggio in cumulo dei prodotti finiti. Il trattamento del misto naturale è incentrato essenzialmente sulle seguenti operazioni:

- prima selezione dell'inerte, in cui si suddivide la frazione ciottolosa più grossolana, depositata in cumulo, mentre il passante viene inviato ai vagli secondari;
- successiva selezione granulometrica, con suddivisione in classi dimensionali prefissate, già ripartite secondo le diverse possibilità di utilizzo, alla luce della vigente normativa tecnica;
- lavaggio delle pezzature più fini tramite ruote scolatrici a tazze e parallelo ciclo di frantumazione del materiale più grossolano per mezzo di frantoi, sino a ridurre tutto il materiale alle pezzature volute;
- stoccaggio del materiale lavorato, in cumuli, in attesa del caricamento e trasporto alle centrali di betonaggio.

7.5. Ciclo di lavorazione inerti

Il materiale estratto sarà trasportato mediante dumpers agli impianti di trattamento della Ditta, dove subisce un primo trattamento di lavaggio e selezione, nel corso del quale vengono separate le classi granulometriche dei prodotti naturali dalla frazione grossolana da inviare al ciclo di frantumazione per la produzione, appunto, dei “frantumati”.

Nell’ambito del ciclo di lavaggio e selezione, il materiale da trattare viene scaricato in cumulo e convogliato con nastro trasportatore sul vaglio sgrossatore che separa e scarta il ciottolame > 100 mm; la frazione < 100 mm subisce una selezione in vaglio multipiano che separa la classe 30-100 mm (ciottoli) da destinare alla successiva fase di frantumazione, dalle altre classi granulometriche di prodotti “naturali”. Di queste ultime, la frazione 15-30 mm (“fagiolina”) e 6-15 mm (“pisello”) vengono stoccate in silos; la sabbia granita (0-6) e la sabbia fine (0-2), invece, vengono recuperate separatamente da scolatrici a tazze ed inviate, mediante nastri trasportatori, allo stoccaggio in cumulo.

Nell’ambito del ciclo di frantumazione, invece, che interessa circa 1/3 del materiale estratto, la frazione ciottolosa di dimensioni 30-100 mm, temporaneamente stoccata in silos successivamente alla precedente fase di selezione, viene convogliata, mediante nastro trasportatore, al mulino primario che riduce la pezzatura ad un massimo di 35 mm.

Una serie di 3 nastri in sequenza preleva poi il materiale in uscita dal mulino e lo trasporta ad un vaglio vibrante multipiano, che separa le classi 8-15 mm e 5-8 mm di frantumato, indirizzate allo stoccaggio in silos, dal pietrisco 15-35 mm che viene inviato, invece, ad un secondo vaglio vibrante.

Tale secondo vaglio opera la separazione tra la classe 15-30 mm, che viene stoccata in silos, ed il > 30 mm che subirà, invece, una ulteriore comminuzione in un frantoio Hydrocone.

La frazione uscente dal suddetto frantoio (0-15 mm), infine, viene reindirizzata al vaglio vibrante primario (dei materiali frantumati) per la selezione finale nelle classi granulometriche 8-15 mm e 5-8 mm di frantumato.

7.6. Metodo di scavo e di coltivazione

Il metodo di coltivazione adottato per la cava in oggetto è del tipo a fossa.

La cotica superficiale di terreno agrario, con uno spessore medio di circa 0,3 m, potrà essere scavata mediante semplici macchine movimento terra; una volta asportata la copertura di terreno humico agrario, che verrà attentamente conservato in cumulo, in un'area laterale, si potrà procedere ai lavori di scavo necessari per abbassare la quota topografica dei terreni.

A tale scopo, si potranno utilizzare degli escavatori a benna rovescia, operanti dall'alto, oppure pale cariatrici dal basso; le scarpate che delimitano il perimetro della fossa di scavo verranno modellate con l'impiego di macchine movimento terra, che serviranno anche per riportarvi, come del resto su tutta l'area coltivata, uno strato di terreno vegetale, secondo quanto previsto dal progetto di recupero ambientale.

Le macchine movimento terra potranno altresì essere utilizzate per movimentare il materiale estratto, per caricarlo sui mezzi che lo trasporteranno agli impianti di lavorazione della Società Istante.

7.7. Macchinari utilizzabili per le operazioni di scavo

I macchinari impiegabili per la coltivazione mineraria nella cava in esame potranno essere utilizzati sia per le vere e proprie operazioni di scavo, sia per piccole movimentazioni del materiale estratto, oltre che per caricare il materiale lavorato sui mezzi di trasporto che verranno a prelevare per portarlo agli impianti di trattamento.

Considerando lo schema di coltivazione adottato, i mezzi ed il personale impiegabili possono essere così riassunti:

- scavo del terreno superficiale:
 - n. 1 escavatore cingolato;
- scavo, carico e trasporto del misto naturale:
 - n. 1 escavatore cingolato;
 - n. 1 autocarro tipo “dumper”;
- risistemazione terreno agrario e recupero ambientale:
 - n. 1 dozer cingolato.

I singoli mezzi potranno comunque essere utilizzati per svolgere più funzioni, nell'ottica di una ottimale gestione del parco macchine, evitando i tempi morti.

7.8. Capacità tecniche ed operative

La Asti Cave S.r.l. opera da tempo nel campo dell'attività estrattiva e della coltivazione di cave, come risulta dal certificato di iscrizione alla Camera di Commercio, Industria, Artigianato ed Agricoltura di Asti.

La Società Istante dispone, con la cava in esame, di un giacimento di inerti alluvionali che si distingue sia per la qualità del prodotto che per la costanza delle forniture: l'esperienza maturata con la coltivazione mineraria condotta in passato in questa zona, nell'ambito delle precedenti autorizzazioni per l'attività estrattiva concesse dal Comune di Antignano e da quello limitrofo di Revigliasco d'Asti, dimostra la presenza lungo il fondovalle del f. Tanaro di un giacimento di inerti alluvionali dalle ottimali caratteristiche giacimentologiche, per la presenza di un rilevante spessore di depositi alluvionali ghiaioso - sabbiosi, contraddistinti da un buon assortimento granulometrico.

Questi materiali sono già stati coltivati, negli anni trascorsi, in numerose altre cave site nella fascia alluvionale del f. Tanaro, e soprattutto nell'immediato intorno del sito di cava oggetto del presente studio: la presenza di un giacimento con ottime caratteristiche petrografiche e sedimentologiche è confermata proprio dall'esperienza ormai pluri-decennale dell'attività estrattiva condotta in questa zona, che ha consentito in passato la produzione di materiali inerti di elevata qualità, tali da essere utilizzati per la realizzazione di opere, sia pubbliche che private, di notevole importanza.

8. DESCRIZIONE TERRITORIALE	DEL	CONTESTO	AMBIENTALE	E
--	------------	-----------------	-------------------	----------

Per quanto riguarda la descrizione delle caratteristiche climatiche, pedologiche, floristico-vegetazionali e faunistiche, con analisi dell'uso del suolo in atto, come pure della vegetazione e degli ecosistemi, si rimanda a quanto discusso nell'ambito dell'allegato Studio di Impatto Ambientale, e più precisamente nel Quadro Ambientale.

9. ANALISI DEGLI EFFETTI INDOTTI SULLE PRINCIPALI COMPONENTI AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE

Per quanto riguarda la verifica dei potenziali impatti generati dall'attività posta in essere sull'ambiente circostante e l'analisi delle criticità riscontrate, la stima degli effetti cumulativi degli impatti nel tempo e con altre fonti di impatto presenti sul territorio e soprattutto l'individuazione delle misure previste per evitare, ridurre e compensare dal punto di vista ambientale gli effetti negativi del progetto sull'ambiente, si rimanda a quanto discusso nell'ambito dell'allegato Studio di Impatto Ambientale, e più in particolare nel Quadro Ambientale.

10. PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE

10.1. Finalità degli interventi di recupero e loro modelli di riferimento

Come si è avuto modo di descrivere in precedenza, le aree richieste in autorizzazione corrispondono ad un corpo di terreni posti nella piana di fondovalle del f. Tanaro, in sponda orografica sinistra, in territorio del Comune di Antignano (AT), in prossimità del confine con il limitrofo Comune di Revigliasco d'Asti (AT).

La morfologia dell'area di intervento è ovunque sostanzialmente pianeggiante, pertanto i terreni, al termine dell'intervento, si prestano ad una valorizzazione finale di tipo agricolo, in continuità con l'uso del suolo dei terreni circostanti, ad oggi condotti a seminativi cerealicoli o a colture erbacee specializzate.

Al termine della coltivazione, il fondo della fossa di scavo verrà spianato e livellato per ridistendere infine il terreno agrario accantonato nella fase preliminare di scotico, livellando i terreni di cava con quelli adiacenti, presenti a sud dell'area di cava e già ribassati nell'ambito di precedenti interventi estrattivi, e con i quali i terreni di cava verranno portati in continuità morfologica ed altimetrica.

Ciò premesso, gli obiettivi progettuali verteranno sull'impianto di un prato produttivo; tale coltura potrà essere mantenuta tal quale oppure, dopo un ciclo transitorio necessario per una ristrutturazione del suolo riportato, anche in termini di organicazione, potrà essere vicariata da colture più intensive: in tal caso la coltura assumerà il significato di una comune "*cover crop*".

Nel seguito si descrivono le specifiche tecniche relative alle operazioni di recupero.

10.2. Specifiche tecniche ed esecutive

10.2.1. Conservazione e riporto del terreno di scotico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10.2.2. Modalità di riporto del terreno

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

In particolare, si prevede che esso venga riposto per una potenza pari ad almeno 30 cm, sia sul piano di fondo che sulle scarpate.

Il terreno di coltivo, una volta effettuate le operazioni di ricarica, dovrà essere rimodellato, effettuando lo spianamento ed il livellamento in modo da ottenere una superficie atta ad essere coltivata facilmente, sistemando il terreno con una debole pendenza verso sud - est in modo da evitare ristagni d'acqua.

10.2.3. Impianto del prato

Prima della semina occorrerà eseguire le seguenti operazioni.

- livellamento localizzato: al termine dei lavori di scavo e del riporto del terreno vegetale asportato in fase preliminare di scotico, sarà necessario regolarizzare secondo una pendenza omogenea la quota altimetrica finale dei terreni, così da garantire le giuste pendenze per lo scorrimento delle acque meteoriche; l'intervento verrà condotto “in compensazione” con livellatrice laser, spostando lateralmente eventuali surplus localizzati di terreno vegetale così da ottenerne uno spessore uniforme;
- rullatura per uniformare il letto di semina: non dovranno essere usati mezzi troppo pesanti, che costiperebbero eccessivamente il terreno.

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

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

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

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

Per quanto concerne la scelta del miscuglio, date le finalità produttive del prato e considerati i fattori pedoclimatici, si è scelto un miscuglio oligofita di graminacee e leguminose.

Nel miscuglio si inseriranno le seguenti graminacee:

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

Tra le foraggere leguminose verranno utilizzate le seguenti specie:

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

Si raccomanda l'impiego di cultivar già sperimentate nell'areale, riportandone alcune a titolo d'esempio. Non si reputa necessario inserire altre dicotiledoni nel miscuglio poiché la letamazione in copertura apporterà i semi di altre specie, inoltre nei campi limitrofi vi sono dei prati permanenti da cui le specie dicotiledoni spontanee potranno diffondersi. Il miscuglio proposto è riportato nella seguente tabella.

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

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

La semina verrà effettuata con seminatrice cultipacker ad interfila di non oltre 10 cm, seguita da un rullo per costipare il seme al terreno. La profondità di semina potrà variare secondo l'umidità del terreno, comunque (anche con terreno asciutto) l'interramento del seme non deve essere oltre i 1,5 cm. La semina autunnale di miscugli di graminacee e leguminose (fine agosto-settembre) è da preferirsi a quella primaverile per la minor competitività delle infestanti.

10.2.4. Inerbimenti tecnici delle scarpate

Le scarpate residuali perimetrali, che delimiteranno su tre lati, ossia verso ovest, verso nord e verso est, l'area ribassata per effetto degli scavi, saranno soggette ad inerbimento tecnico, in modo da proteggere il suolo e contrastare la diffusione di infestanti competitive; il miscuglio di semina sarà composto da specie erbacee rustiche, caratterizzate cioè da insediamento rapido, perennità o moltiplicazione naturale sufficiente, copertura sufficiente, sistema radicale profondo e colonizzatore, nonché adatte alle locali condizioni climatiche.

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

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

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

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

10.3. Tabella riepilogativa delle opere di recupero ambientale

In riferimento al progetto di recupero ambientale si sintetizza, nella seguente tabella riepilogativa, il computo degli interventi di recupero previsti.

Si specifica che le voci in descrittivo sono state desunte dall'allegato tecnico della D.G.R. n. 14-1536 dell'8 giugno 2015 “*LL.RR. 69/1978 e 44/2000. Art. 7 L.R. 69/1978. Aggiornamento delle Linee Guida riferite agli interventi di recupero ambientale delle cave, alla quantificazione e alla liberazione delle cauzioni a garanzia degli interventi di recupero, per l'anno 2015*”.

Cod.	Voce	Unità di misura	Grandezze
b.1.1	Terreno vegetale da rimettere in sito, come previsto al precedente paragrafo I, il terreno vegetale dev'essere cauzionato per una potenza minima pari a 30 cm ed una potenza massima pari a 50 cm.	m ³	18.100
b.1.3	Profilatura, secondo le inclinazioni prescritte, delle scarpate poste sopra il livello della falda freatica da eseguirsi con mezzi meccanici.	m ²	4.900
b.2.1	Formazione di prato con semina manuale, comprese le lavorazioni del terreno e la concimazione.	m ²	66.000
b.2.11	Cure colturali e manutenzione dei lavori di rimboschimento, rinverdimento e ingegneria naturalistica comprendente rinalzi, ripuliture, sostituzione, irrigazione e sfalci delle aree recuperate, per due o tre anni successivi all'esecuzione dei lavori.	m ²	66.000

Torino, 21 giugno 2016

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

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

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

ELABORATI GRAFICI

Tav. 1 - Estratto di mappa catastale.

Tav. 2 - Planimetria stato attuale (rilievo fotogrammetrico da volo aereo in data 23.12.2006 con aggiornamento topografico a terra in data 13.03.2015). Scala 1:2.000.

Tav. 3 - Planimetria stato attuale (rilievo fotogrammetrico da volo aereo in data 23.12.2006 con aggiornamento topografico a terra in data 13.03.2015). Scala 1:1.000.

Tav. 4 - Planimetria stato finale.

Tav. 5 - Sezioni stato attuale, max. scavo e finale – Sezioni 1-1, 2-2.

Tav. 6 – Planimetria di recupero ambientale.

VERIFICHE DI STABILITA'
Tabulati di calcolo

Analisi della stabilità delle scarpate perimetrali: sezione – tipo con pendenza pari a 20°.
Ricerca libera della superficie critica con fattore di sicurezza minore.

Analisi di stabilità dei pendii con MORGENSTERN-PRICE

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4,99 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	7,85 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8,53 m
Ordinata vertice destro superiore ys	10,96 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,012
Coefficiente azione sismica verticale	0,006

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	4,0	0,0
3	11,56	2,76
4	15,0	2,76

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	-1,0
2	15,0	-1,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	39.5	1900	2100,00	0,00	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,79
Ascissa centro superficie	6,59 m
Ordinata centro superficie	10,19 m
Raggio superficie	8,94 m

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

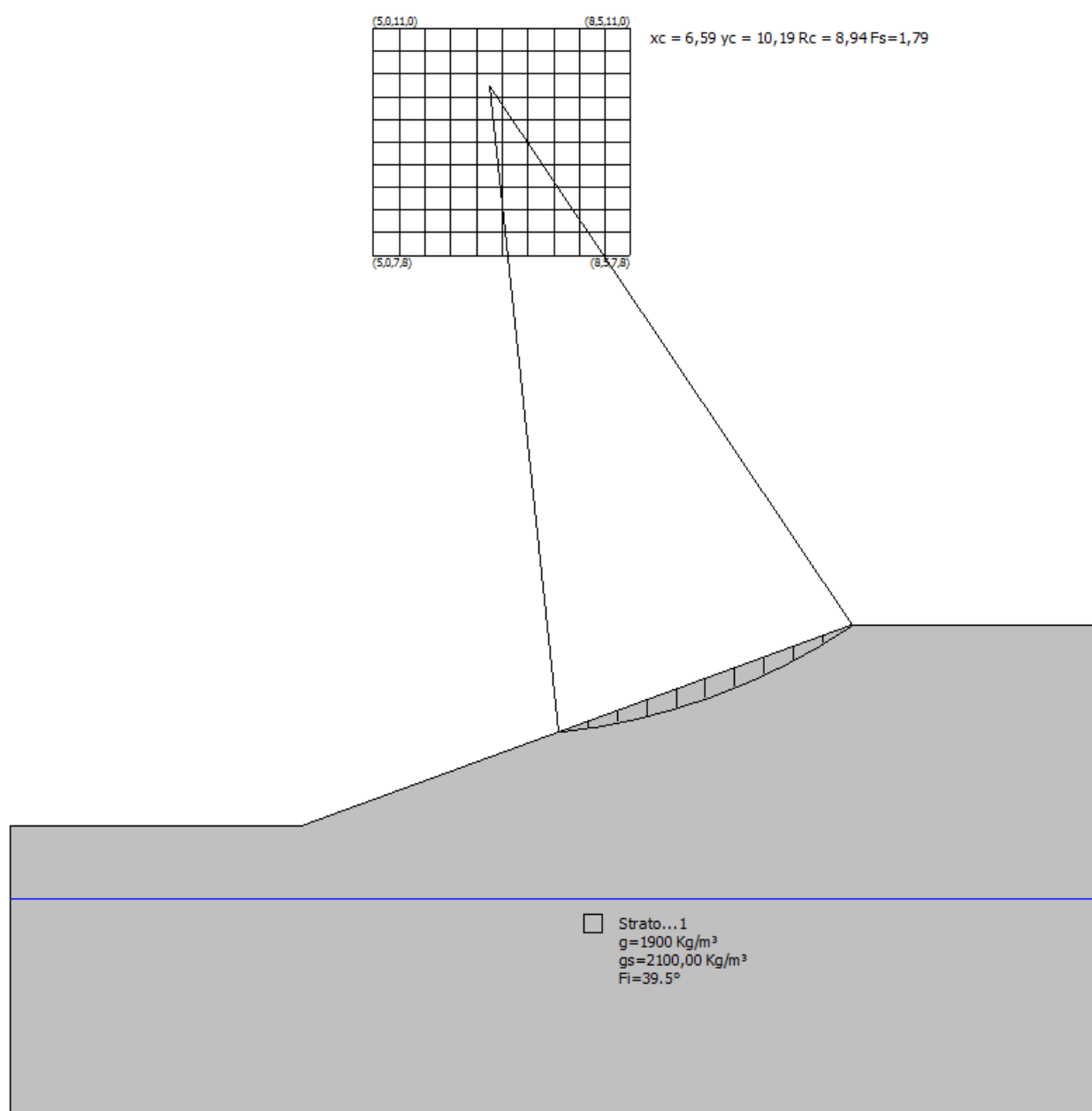
Analisi dei conchi. Superficie...xc = 6,586 yc = 10,185 Rc = 8,944 Fs=1,7886

Lambda = 0,373

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0,4	7,42	0,41	38,04
2	0,4	10,04	0,41	103,37
3	0,4	12,67	0,41	154,11
4	0,4	15,34	0,42	189,84
5	0,4	18,03	0,42	210,05
6	0,4	20,77	0,43	214,04
7	0,4	23,57	0,44	200,99
8	0,4	26,42	0,45	169,84
9	0,4	29,34	0,46	119,29
10	0,4	32,35	0,48	47,69

Sforzi sui conchi

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	3,36	9,01	0,0	0,0	35,72	13,17	0,0
2	10,34	27,74	3,36	9,01	98,57	36,34	0,0
3	17,7	47,45	10,34	27,74	148,0	54,57	0,0
4	23,13	62,02	17,7	47,45	182,19	67,18	0,0
5	25,25	67,71	23,13	62,02	199,89	73,7	0,0
6	23,55	63,15	25,25	67,71	200,39	73,88	0,0
7	18,38	49,29	23,55	63,15	183,57	67,68	0,0
8	11,02	29,55	18,38	49,29	149,93	55,28	0,0
9	3,75	10,06	11,02	29,55	100,7	37,13	0,0
10	0,0	0,0	3,75	10,06	38,01	14,01	0,0



Analisi della stabilità delle scarpate perimetrali modellate nel deposito alluvionale: sezione – tipo modellata con pendenza pari a 20° , ricerca libera della superficie di scivolamento critica.

Analisi della stabilità delle scarpate perimetrali: sezione – tipo con pendenza 20°.

Ricerca vincolata del fattore di sicurezza associato alla stabilità globale della scarpata (superficie di scivolamento passante per la base della scarpata perimetrale, ed estesa a comprendere l'intero sviluppo della medesima).

Analisi di stabilità dei pendii con MORGENSTERN-PRICE

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4,14 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	6,98 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7,68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	10,1 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,012
Coefficiente azione sismica verticale	0,006

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	4,0	0,0
3	11,56	2,76
4	15,0	2,76

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	-1,0
2	15,0	-1,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	39.5	1900	2100,00	0,00		

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,9
Ascissa centro superficie	4,85 m
Ordinata centro superficie	9,79 m
Raggio superficie	9,86 m

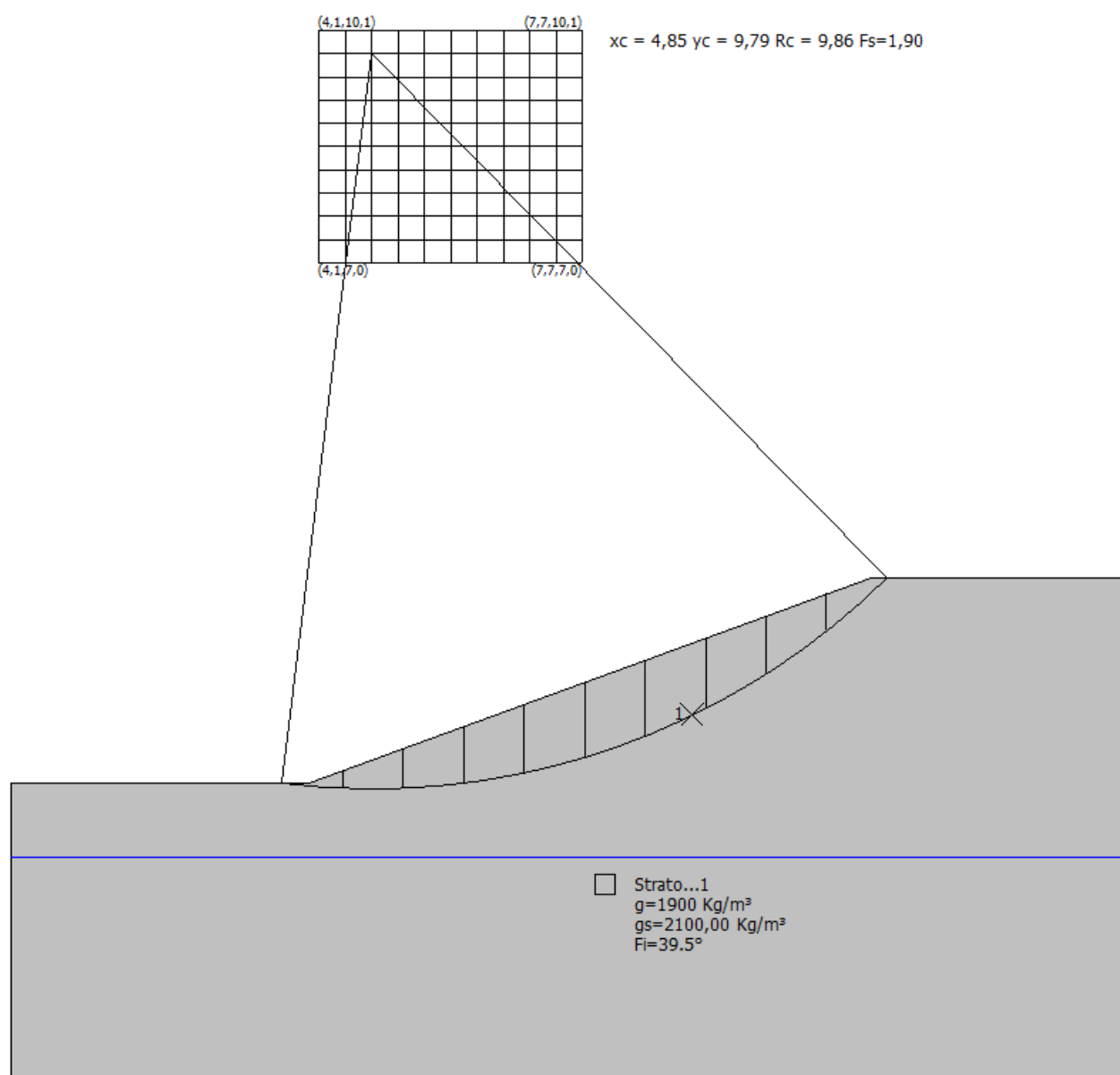
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

Analisi dei conci. Superficie...xc = 4,846 yc = 9,791 Rc = 9,865 Fs=1,8967
 Lambda = 0,362

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0,81	-4,64	0,81	91,75
2	0,81	0,09	0,81	598,99
3	0,81	4,82	0,82	1002,87
4	0,81	9,58	0,82	1302,28
5	0,81	14,41	0,84	1493,86
6	0,81	19,34	0,86	1571,6
7	0,81	24,44	0,89	1526,18
8	0,81	29,75	0,94	1343,53
9	0,81	35,36	1,0	1002,45
10	0,81	41,39	1,08	469,79

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	17,08	47,16	0,0	0,0	71,24	24,77	0,0
2	100,44	277,24	17,08	47,16	519,59	180,65	0,0
3	198,71	548,52	100,44	277,24	929,17	323,06	0,0
4	278,13	767,75	198,71	548,52	1247,4	433,7	0,0
5	318,23	878,43	278,13	767,75	1439,8	500,6	0,0
6	309,69	854,85	318,23	878,43	1485,79	516,58	0,0
7	253,68	700,24	309,69	854,85	1377,27	478,85	0,0
8	162,6	448,83	253,68	700,24	1119,85	389,35	0,0
9	62,71	173,11	162,6	448,83	737,43	256,39	0,0
10	0,0	0,0	62,71	173,11	283,39	98,53	0,0



Analisi della stabilità delle scarpate perimetrali modellate nel deposito alluvionale: sezione – tipo con pendenza pari a 20° , ricerca vincolata del fattore di sicurezza associato alla stabilità globale della scarpata.