

PROGETTO VARIANTE TECNICA

CUNICOLO ESPLORATIVO LA MADDALENA
CUP J41C07000000001

STUDI COMPLEMENTARI PER IL CUNICOLO ESPLORATIVO DELLA MADDALENA

Verifica di ottemperanza alla Delibera CIPE 86/2010
Allegato 1: Prescrizione n. 5

RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE

Indice	Date / Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Validé par / Validato da
0	09/06/2011	Emissione per commenti	G. Ricci	L. Soldo	A. Eusebio
A	01/07/2011	Recepimento commenti LTF	G. Ricci	L. Soldo	A. Eusebio
B	07/07/2011	Emissione	G. Ricci	L. Soldo	A. Eusebio
C	10/08/2011	Emissione finale	G. Ricci	L. Soldo	A. Eusebio

N° Doc	P	P	2	M	S	1	G	I	A	0	1	0	1	C	A	P	N	O	T
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	Statut / Stato		Type / Tipo			

ADRESSE GED / INDIRIZZO GED	MS1	//	//	01	00	00	10	01
--------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA

SOMMARIO - TABLE DES MATIERES

SINTESI - RESUME

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Finalità del rapporto	4
1.2	Dati e documenti di base dello studio	5
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	7
2.1	Inquadramento generale	7
2.2	Area dell'imbocco	9
2.3	Val Clarea.....	11
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	14
3.1	I complessi idrogeologici	14
4	MONITORAGGIO DELLE SORGENTI	16
4.1	Individuazione dell'area di studio.....	16
4.2	Caratterizzazione idrogeochimica delle sorgenti presenti nell'area di studio	22
4.3	Interpretazioni	30
5	MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	31
5.1	Idrogeologia in asse al tracciato.....	31
5.2	Imbocco del cunicolo	31
5.3	Sottoattraversamento del torrente Clarea.....	33
5.4	Val Clarea.....	35
6	CONCLUSIONI.....	38

ALLEGATI

1. Sintesi dei dati di portata delle sorgenti non idropotabili e delle fontane monitorate
2. Sintesi dei sondaggi eseguiti durante gli studi geognostici per il tunnel F4 dell'impianto idroelettrico di Pont Ventoux

SINTESI – RESUME

La presente relazione fa parte degli studi complementari (Missione 1) per l'esecuzione del cunicolo esplorativo della Maddalena.

La missione 1 è finalizzata alla ricerca e valutazione delle soluzioni alternative di approvvigionamento idrico. Questa parte dello studio è volta alla caratterizzazione di sorgenti censite intorno al cunicolo, nella Val Clarea e nei versanti delle valli Cenischia e Susa compresi nel territorio comunale di Giaglione, Chiomonte ed Exilles.

L'analisi qui riportata fornisce un quadro completo delle caratteristiche idrogeologiche generali delle sorgenti. In particolare, le sorgenti sono descritte in termini di chimismo e classificate secondo le loro portate stagionali.

Ce rapport fait partie des études complémentaires (Mission 1) pour l'exécution de la galerie de reconnaissance de la Maddalena°.

La mission 1 est finalisée à la recherche et évaluation des solutions alternatives d'approvisionnement hydrique. Cette partie d'étude vise à la caractérisation de sources recensées autour la galerie, dans la Val Clarea et dans les versants des vallées Cenischia et Susa sur le territoire de les Communes de Giaglione, Chiomonte et Exilles.

L'analyse reportée dans ce rapport montre le cadre complet des caractéristiques hydrogéologiques générales des sources. En particulier, elles sont décrites et classifiées selon leurs chimisme et débits saisonniers.

1 INTRODUZIONE

1.1 Finalità del rapporto

La presente relazione viene redatta nell'ambito degli studi complementari per il cunicolo esplorativo della Maddalena, per la presa di conoscenza e la valutazione delle potenziali interferenze di natura idrogeologica. Essa ottempera alla prescrizione del CIPE (delibera 86/2010) n° 5 “ *Approfondire il grado di conoscenza dell'assetto idrogeologico di dettaglio nei settori dove sono state individuate le principali situazioni di criticità, in particolare dell'area imbocco galleria e della zona del sottoattraversamento del torrente Clarea*” al Progetto Definitivo del cunicolo esplorativo della Maddalena, riportata nel capitolato tecnico del progetto in oggetto (*MS001_CCT Studi complementari Cunicolo Maddalena*).

Tale attività è propedeutica alle successive attività previste nell'ambito della Missione 1 che sono finalizzate alla ricerca e alla valutazione delle soluzioni alternative di approvvigionamento idrico.

In questo rapporto si fornisce un quadro completo delle sorgenti presenti nell'area interessata dalla realizzazione del cunicolo esplorativo e delle loro caratteristiche idrogeologiche generali.

In particolare, lo studio eseguito è consistito nella:

- analisi critica del contesto idrogeologico e dello stato di conoscenze come derivante da dati di carattere geologico-idrogeologico, monitoraggi, analisi chimiche e studi specialistici preesistenti, quali lo studio delle compensazioni per il cunicolo di Venaus eseguito nel 2005. Questa parte dello studio è volta alla caratterizzazione del sistema delle captazioni da sorgenti e pozzi nell'area, e alla verifica critica sia dei dati geologico-idrogeologici esposti nel Progetto Definitivo, sia dei risultati dei monitoraggi chimici e idrologici più recenti.
- valutazione del quadro idrogeologico relativo ai terreni e agli ammassi rocciosi attraversati dal cunicolo geognostico della Maddalena. In particolare si fa qui riferimento alle criticità individuate nell'area d'imbocco e nel tratto di sottoattraversamento del torrente Clarea (cfr. cit. prescrizione n°5).
- individuazione di un'area di studio relativa al cunicolo esplorativo entro la quale valutare il quadro delle emergenze idriche e le eventuali interferenze che lo scavo dell'opera determina.

I risultati di questo rapporto forniscono il quadro idrogeologico e progettuale di riferimento per la quantificazione del rischio di depauperamento delle captazioni idriche che è riportato nella relazione PP2/MS1/GIA/0102.

Le due relazioni tecniche sono correlate dai seguenti elaborati planimetrici:

- Schema idrostrutturale (scala 1: 10000 e 1: 5000) - PP2/MS1/GIA/0103/C;
- Carta delle portate di magra delle sorgenti (1:10000) - PP2/MS1/GIA/0104/C;
- Carta delle portate medie delle sorgenti (1:10000) - PP2/MS1/GIA/0105/C;
- Carta dei punti d'acqua potenzialmente soggetti a riduzione di portata (1:10000) - PP2/MS1/GIA/0106/C;
- Carta del massimo deficit di portata in regime di magra (1:10000) - PP2/MS1/GIA/0107/C.

1.2 Dati e documenti di base dello studio

I dati e le analisi riportate nei paragrafi successivi sono basati sugli elaborati elencati nell'allegato 2 del Capitolato Tecnico; in particolare si fa qui riferimento a quanto esposto nella seguente documentazione:

- *“Studio degli interventi di compensazione a fronte della potenziale interferenza con fonti di approvvigionamento potabile” del Cunicolo Esplorativo di Venaus* (2005) (PRE/4048/HYDR/RE)
Lo studio PRE/4048/HYDR/RE comprende una relazione idrogeologica e la cartografia di censimento delle sorgenti; esso inoltre riprende e ri-analizza i dati dei monitoraggi eseguiti da vari Enti in fasi di progettazione successive (1996 ALPETUNNEL GEIE; 2002–2004 ARCADIS/SEA Consulting/Silene/Baptendier).
- Progetto Definitivo della Galleria della Maddalena (agosto 2009); comprende una relazione (MA1/ITF/0102/A), la cartografia geologica (carta: MA1/ITF/0107; profilo e sezioni: MA1/ITF/0109/A e 0110/A) e idrogeologica (carta: MA1/ITF/0103/A; profilo e sezioni: MA1/ITF/0105/A e MA1/ITF/0106/A) generali, alla scala 1:5000 e carta, profilo e sezioni per la zona di imbocco del cunicolo (geologia: MA1/ITF/0111/B, idrogeologia: MA1/ITF/0112/B, entrambe alla scala 1:2000);
- Relazioni Piano di Monitoraggio Ambientale e SIA redatte in ambito di Progetto Definitivo (PP2/MRI/SEA/0095/D/AP/NOT, PP2/MRI/SEA/0316/B/AP/PLA);
- Rilevamento geologico di superficie realizzato nel 2009 (PPD/RDS/SEA/0009), incluse le carte geologico-strutturale (PP2/RDS/SEA/0009) e geomorfologica (PP2/RDS/SEA/0016);

- Censimento delle risorse idriche (2009–2011, SEA Consulting); esso consta della Carta dei punti acqua (comuni di Giaglione, Chiomonte e Exilles) osservati nel periodo 2009/2010 (PP2/MRI/SEA/0316), e di tutti i dati di monitoraggio idrico delle sorgenti in corso da novembre 2009 (PP2/MRI/SEA/143-144).
- Documentazione geologica e idrogeologica relativa alla Revisione del Progetto Preliminare, la quale include: Relazione Geologica Generale – Tunnel di Base (PP2/C3B/TS3/0080), Relazione idrogeologica di sintesi (PP2/C3B/TS3/0046), Carta idrogeologica generale (PP2/C3B/TS3/0047), Relazione punti acqua e sorgenti e analisi del rischio di impatto sulle sorgenti (PP2/C3B/TS3/0051), Carta del rischio di impatto sulle sorgenti 1/2 e 2/2 (PP2/C3B/TS3/0052-0053), Studio idrogeologico del comune di Chiomonte, 2010 (PP2/MRI/SEA/0002).

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

La regione interessata dal tracciato del cunicolo esplorativo della Maddalena ricade entro il Domino Pennidico delle Alpi Occidentali (Figura 2.1).

In quest'area sono in contatto le unità tettonometamorfiche della Zona Piemontese e del Massiccio d'Ambin con le relative coperture. Sopra a queste unità si trovano depositi glaciali, alluvionali, torrentizi e gravitativi, risultati dal modellamento geomorfologico Pleistocenico.

2.1 Inquadramento generale

Nell'area interessata dal tracciato affiorano le unità continentali del Massiccio d'Ambin, le quali interessano il versante sinistro della media e alta Val di Susa (Figura 2.1).

Si distinguono un basamento cristallino formato da due complessi polimetamorfici distinti e una copertura mesozoica conservata in lembi. Il primo complesso polimetamorfico è il *Complesso di Ambin*, formato da rocce metamorfiche (gneiss leucocrati massicci a giadeite, o "Gneiss aplitici" auct. e gneiss occhiadini ad albite e clorite). Il secondo è il *Complesso di Clarea*; esso è costituito da micascisti e gneiss minuti albitizzati, riequilibrati in facies scisti blu, e da micascisti di paragenesi in facies anfibolitica pre-alpina.

La foliazione regionale associata all'originario contatto sin-metamorfico si presenta talora rielaborata da fasi deformative successive, dalle quali risultano breccie cataclastiche, gouge, orizzonti di dissoluzione e breccie residuali. Al Complesso di Clarea sono inoltre intercalati livelli di metabasiti budinate con relitti di associazione metamorfica pre-alpina.

La copertura mesozoica affiora limitatamente nella parte bassa della Val Clarea e lungo il confine di stato. Essa comprende una successione "autoctona" costituita principalmente da micascisti e livelli di carbonati, e una successione "alloctona" ivi rappresentata dalle quarziti del rio Seguret e dai *Calcescisti della Beaume*.

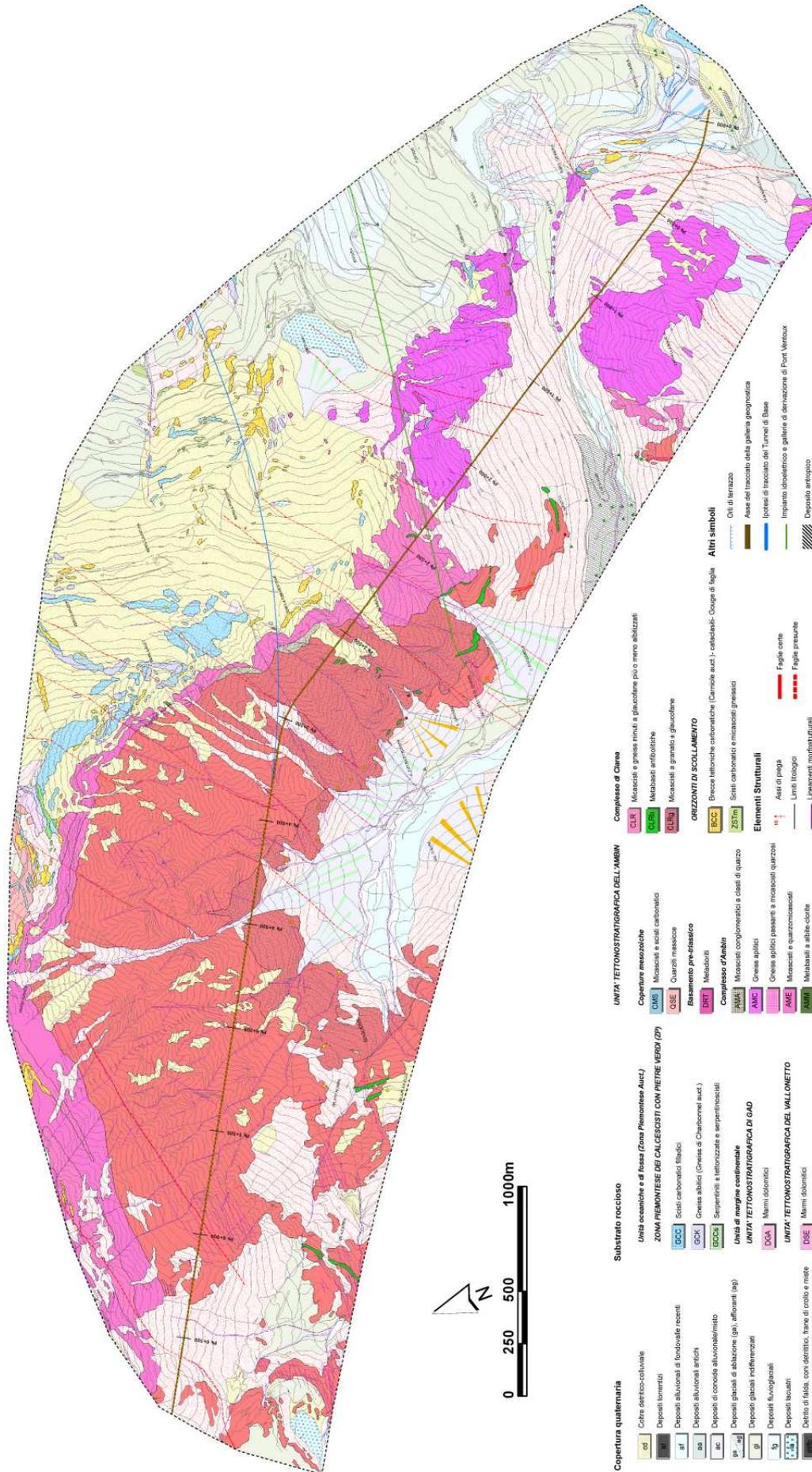


Figura 2.1 Carta geologico-strutturale semplificata della regione prossimale il tracciato del cunicolo esplorativo di progetto (dalla "Carta Geologica con elementi di Geomorfologia" del Progetto Definitivo del cunicolo della Maddalena: PP2/MA1/IT/0107/A/PA/PLA).

Le unità ofiolitiche e coperture sedimentarie del bacino oceanico piemontese che formano la Zona Piemontese costituiscono una falda tettonometamorfica complessa (si vedano le suddivisioni sintetizzate nell'inquadramento geologico della relazione di Progetto Definitivo del cunicolo della Maddalena e la Figura 2.1) affiorante lungo tutta la zona Pennidica delle Alpi Occidentali. Nell'area in esame la Zona Piemontese è rappresentata dalla sola dell'unità di Puys-Venaus (scisti carbonatici filladici e scisti marmoso-arenacei con intercalazioni di gneissiche, o *Gneiss di Chabonnel* auct., e subordinate prasiniti, serpentinoscisti e serpentiniti).

L'unità di Puys-Venaus affioranti in scaglie tettoniche tra il crinale in sinistra orografica della Val Clarea e l'adiacente Val Cenischia; essa sovrascorre le unità del Massiccio d'Ambin con una serie di thrust a vergenza alpina lungo i quali si accavallano scaglie tettoniche. Orizzonti di brecce carbonatiche (carniole auct.) marcano tali contatti tettonici.

In termini di assetto strutturale regionale la zona compresa dal M. Seguret fino alla Val Cenischia e all'alta Val Clarea è nota come "zona di deformazione Seguret-Col Clapier" (si veda Cadoppi e Martinotti, 2005). La zona di deformazione coinvolge principalmente il basamento e le coperture dell'unità d'Ambin. Ne fanno parte famiglie di fratture di persistenza talora chilometrica, orientate lungo direttrici N60°E e N120°E e secondariamente N20°E e N160°E; alle prime sono inoltre associati piani di taglio chilometrici di analoga orientazione, con spaziatura variabile tra 200 e 1000 m, talora riattivate e responsabili di recenti fenomeni gravitativi di versante.

2.2 Area dell'imbocco

L'area d'imbocco del cunicolo si colloca in un settore prossimo al contatto tra gli scisti carbonatici-filladici del Complesso Puys-Venaus e gli gneiss aplitici del Complesso di Ambin. Tale contatto è marcato da un orizzonte di brecce tettoniche carbonatiche (Carniole auct.). I depositi quaternari di quest'area sono rappresentati da un lembo di depositi alluvionali posti all'estremità nord del conoide della Dora Riparia e da depositi glaciali di ablazione e indifferenziati. In questi ultimi s'imposta il tratto iniziale del cunicolo esplorativo (Figura 2.2 a).

Depositi detritico-colluviali costituiscono la coltre superficiale in questa parte del tracciato (progressive chilometriche 0+000–0+130), raggiungendo potenze intorno ai 70 m. A ovest dell'imbocco è presente un ampio settore caratterizzato dalla presenza di accumuli di frana per crollo. Oltre questo settore iniziale il tracciato progettuale del cunicolo attraversa prima una settantina di metri di scisti carbonatici filladici dell'unità Puys-Venaus e, successivamente, una fascia di carniole (circa 30 m), per poi inoltrarsi nelle rocce del massiccio cristallino d'Ambin (Figura 2.2 b).

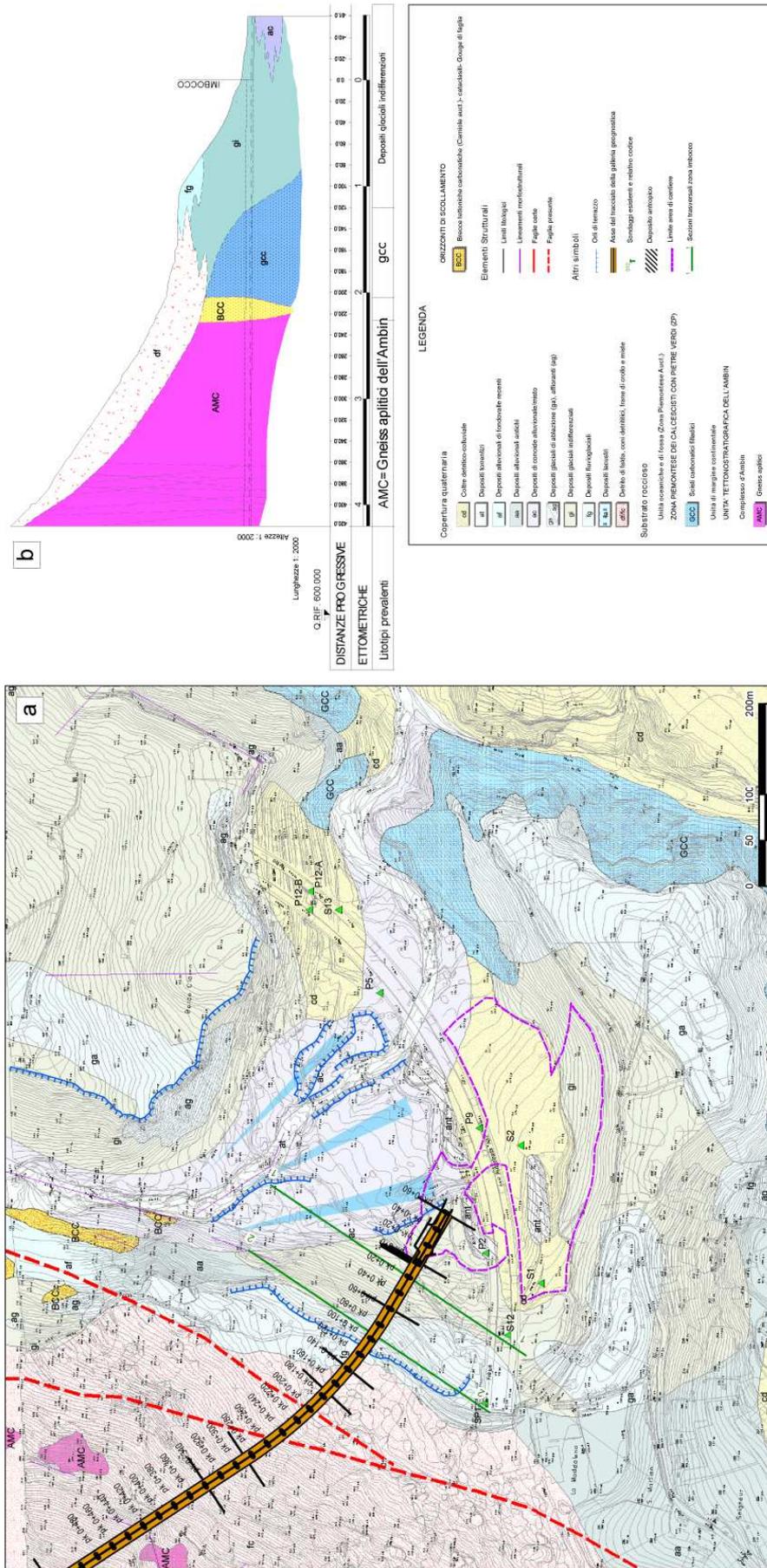


Figura 2.2 Rappresentazione planimetrica [a] e profilo in asse al tracciato [b] della geologia all'imbocco del cunicolo della Maddalena. Dall'elaborato del Progetto Definitivo della Maddalena PP2/MA1/ITF/0111/0/PA/PLA.

2.3 Val Clarea

Il tracciato progettuale del cunicolo della Maddalena che s'inoltra nelle rocce di basamento della Val Clarea attraversa gneiss aplitici e micascisti quarzosi d'Ambin con scistosità ad immersione prevalente verso sud (cfr. Figura 2.3) fino alla pk 1+500 circa; seguono i micascisti e gli gneiss minuti del complesso di Clarea. Questi due complessi affiorano con continuità sui versanti della Val Clarea. Lenti di metabasiti anfibolitiche sono intercalate agli gneiss di Clarea ma a quote ben superiori a quelle di galleria (generalmente più di 200 m). La coltre quaternaria superficiale in queste zone è rappresentata da modesti spessori di depositi colluviali sui rilievi e dai depositi di conoide alluvionale del T. Clarea. Il massiccio roccioso ha invece potenze sempre maggiori allontanandosi dall'imbocco della galleria; la copertura rocciosa complessiva è massima in prossimità del confine Francia-Italia (oltre 2000 m).

Il Torrente Clarea è sottoattraversato dal tracciato del cunicolo esplorativo intorno alla pk 1+270, dove i depositi torrentizi raggiungono potenza massima di solo 20 metri e la copertura rocciosa di circa 200 m (Figura 2.3). A ovest del tracciato progettuale il torrente forma un ampio conoide alluvionale i cui depositi possono superare il centinaio di metri di potenza.

Diverse fasce di fratturazione con spaziatura tra loro irregolare attraversano il basamento nelle montagne della Val Clarea. Come specificato nella sezione "2.1 Inquadramento generale" tali fasce di fratturazione hanno andamento E-W e immersione ad alto angolo verso S. Una zona di taglio di questo tipo è cartografata poco più a nord rispetto al sottoattraversamento dell'alveo del Torrente Clarea. La suddetta zona di taglio è segnalata come 'presunta' nella cartografia di Progetto Definitivo del cunicolo, e la sua profondità effettiva è anch'essa incerta. Nel caso la faglia si estendesse fino alle quote di galleria, essa intersecherebbe il tracciato progettuale (Figura 2.3).

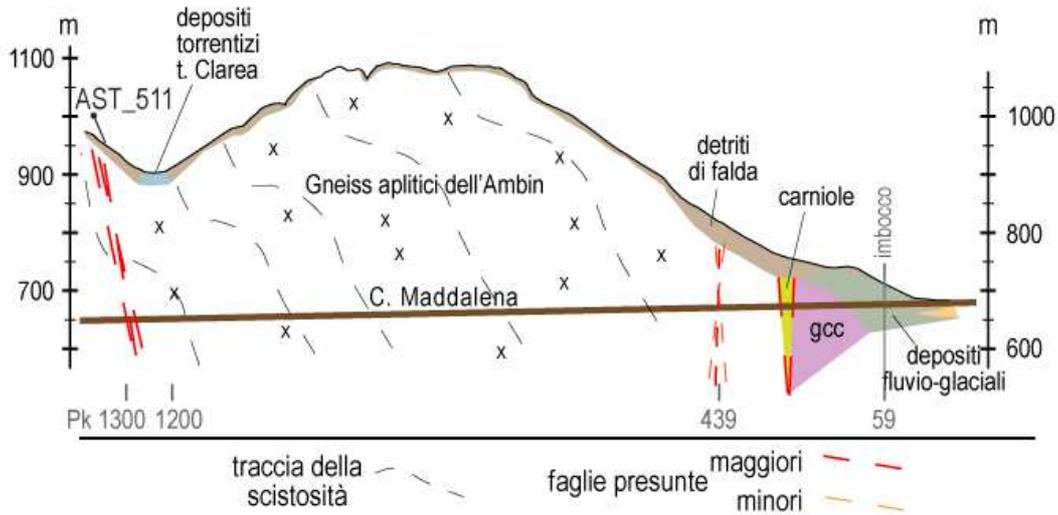


Figura 2.3 Profilo geologico schematico in asse al tracciato, dalla zona d'imbocco al sottoattraversamento del torrente Clarea. 'gcc'=calcescisti filladici dell'unità Puys-Venaus. Semplificato dal Profilo Geologico di Progetto Definitivo del cunicolo della Maddalena (PP2/MA1/ITF/0109/A/PA/PLA).

In modo simile negli elaborati del Progetto Definitivo del cunicolo della Maddalena si indicano altre faglie 'presunte'. Una intersecherebbe il tracciato alla pk 2+900 circa, dove la copertura rocciosa complessiva è di 1100 m circa. Tale faglia è cartografata fino alla zona di conoide dei torrenti Clarea e Tiraculo. Sia nei depositi torrentizi sottesi dal cunicolo (Figura 2.4) sia in quelli che formano il conoide alluvionale, più ad ovest, affiorano diverse sorgenti.

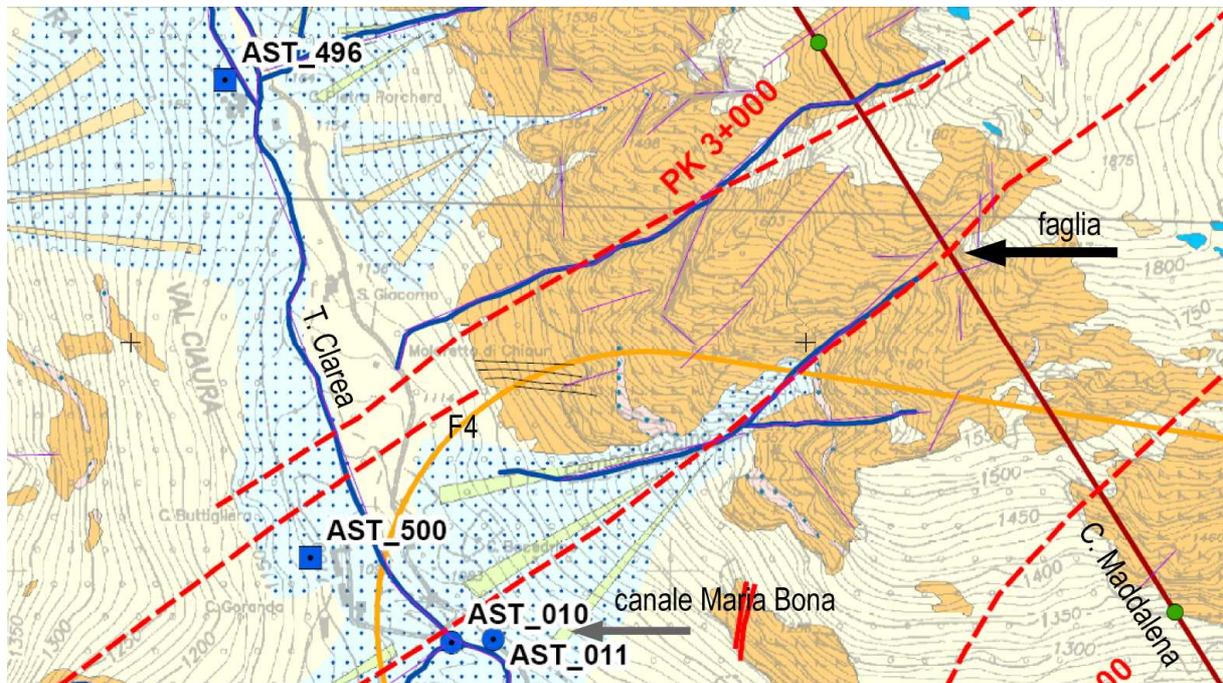


Figura 2.4 Rapporto tra la faglia che interseca il tracciato alla pk 2+900 e le sorgenti AST_010 e AST_011 impostate nei depositi di conoide dei torrenti Clarea e Tiraculo. Estratto dall'elaborato PP2_MS1_GIA_0103_A_PA_PLA_SCHEMA_idrostrutturale.

Altre zone di fratturazione ('presunte') importanti intersecano il tracciato alle progressive chilometriche di progetto 5+000 e 6+000 circa (circa 1250 e 1800 metri di copertura rocciosa, rispettivamente), ma non sono associate a risorgenze superficiali.

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

3.1 I complessi idrogeologici

I litotipi descritti nella parte precedente sono suddivisi in sei complessi idrogeologici principali, in base al tipo (caratteri litologici e strutturali) e grado di permeabilità. La galleria della Maddalena interessa quattro di questi complessi.

Nel tratto iniziale il cunicolo attraversa depositi quaternari riuniti nel complesso idrogeologico Q (Figura 2.2 b).

Segue una settantina di metri di scisti carbonatici filladici del complesso idrogeologico 6 dell'unità Puys-Venaus (pk 0+130 alla pk 0+200). Gli scisti sono separati dalle rocce del complesso d'Ambin (Zona Piemontese) da un orizzonte di circa 30 metri di carnirole (complesso idrogeologico 1) altamente permeabili per dissoluzione. Oltre questo contatto tettonico (dalla pk 0+230 al termine del cunicolo) alle profondità di scavo si trovano solo più rocce del basamento (sia gneiss aplitici e micascisti del complesso d'Ambin sia micascisti del complesso di Clarea). Lenti di metabasiti e rocce verdi (complesso idrogeologico 4b) si trovano intercalate alle rocce del complesso di Clarea, ma a più di 200 m sopra le quote di galleria (si veda il profilo geologico di Progetto Definitivo del cunicolo della Maddalena: PP2/MA1/ITF/0109).

In termini di circolazione idrica, i depositi quaternari e le carnirole che si trovano entro i primi 230 m dall'imbocco del cunicolo sono le litologie più prone a veicolare (per permeabilità primaria i primi e per permeabilità secondaria dovuta a fratturazione e dissoluzione le seconde) acqua superficiale alle profondità di scavo.

Sigla	Complesso Idrogeologico	Grado di permeabilità (AFTES, 1992)			
		K1	K2	K3	K4
1	 <p>Brecce tettoniche (Carniole auct.) Rocce carbonatiche, prevalentemente carniole con subordinati marmi, marmi dolomitici gessi e anidriti, brecce carbonatiche. Permeabilità sia primaria (porosità) sia per carsismo di grado elevato</p>	< 10 ⁻⁸ m/s molto basso- basso	10 ⁻³ <k<10 ⁻⁶ m/s basso-medio	10 ⁻⁶ <k<10 ⁻⁴ m/s medio-alto	>10 ⁻⁴ m/s alto-molto alto
3	 <p>Scisti carbonatici e metadolomie Complesso costituito da scisti carbonatici, marmi dolomitici e metadolomie. Permeabilità media, che diminuisce nelle porzioni massive e aumenta in relazione alla fratturazione dei litotipi e alla possibile presenza di fenomeni carsici</p>				
4b	 <p>Metabasiti e rocce verdi Complesso costituito da prasiniti e scisti prasinitici, serpentiniti e serpentinoscisti Permeabilità per fratturazione da bassa a medio-bassa nelle zone più fratturate</p>				
5	 <p>Micascisti e gneiss Complesso costituito dai litotipi dei massicci cristallini pre-triassici Permeabilità per fratturazione variabile da bassa a medio-bassa</p>				
6	 <p>Calcescisti e flysch Complesso costituito dai calcescisti e gneiss (gneiss di Charbonnel) delle coperture dell'Ambin e della Vanoise, inoltre dagli scisti carbonatici e arenacei della Zona Delfinese Permeabilità variabile da bassa a media nelle zone a maggior fratturazione</p>				
Q	 <p>Depositi quaternari Complesso costituito dai depositi quaternari indifferenziati localizzati nelle aree di fondovalle e costituiti principalmente da ghiaie e sabbie in matrice limosa. La permeabilità è primaria, per porosità, e variabile da media a elevata in ragione della percentuale della matrice limosa</p>				

(P=porosità; F=fratturazione; C=carsismo) (*) Dato stimato e non misurato

Figura 3.1 Rappresentazione sintetica dei complessi idrogeologici suddivisi in ambito di progettazione definitiva (fonte elaborato PP2 MA1 ITF 0103).

4 MONITORAGGIO DELLE SORGENTI

4.1 Individuazione dell'area di studio

Nella presente analisi sono considerate tutte le sorgenti sottese dal cunicolo della Maddalena. Le sorgenti che sono state cautelativamente considerate sottese dal cunicolo sono state selezionate sulla base di *criteri* innanzitutto *geologico-strutturali e idrogeologici*. Essenzialmente si è guardato all'estensione del massiccio di Clarea in cui si sviluppa il tracciato e alla persistenza, al suo interno, di lineamenti tettonici. E' stato dunque definito un limite dell'area di studio tenendo conto sia della caratteristica bassa permeabilità delle rocce del basamento, sia dei lineamenti tettonici che lo attraversano e intersecano il cunicolo, perché questi ultimi possono costituire una connessione tra gli acquiferi superficiali e la galleria di progetto.

A questo proposito sono stati valutati criticamente fattori quali la *distanza planimetrica* dall'asse del cunicolo, le *caratteristiche litologiche* e la *potenza della copertura*. Questi fattori sono ripresi e valutati nel calcolo del Drawdown Hazard Index (DHI) che sarà trattato in dettaglio nell'elaborato PP2/MS1/GIA/0102.

In Figura 4.1 è raffigurata l'area di studio, e sono evidenziati i tipi di punti acqua considerati in quest'analisi.

In particolare, come mostrato in dettaglio negli elaborati grafici allegati, nell'area individuata sono state prese in considerazione tutte le sorgenti conosciute ubicate:

- nel versante sinistro idrografico della Valle di Susa, a monte della confluenza del torrente Clarea;
- nella val Clarea;
- nel versante di Giaglione, ad est dello spartiacque idrografico tra la valle Clarea e la val Cenischia;
- nel versante destro della val Cenischia ad est e nord-est dello spartiacque idrografico tra la valle Clarea e la val Cenischia (settore compreso tra Pra Piano e Venaus, nel territorio comunale di Giaglione).

Per completezza del dato, nell'area esaminata (Figura 4.1) sono riportate anche le sorgenti ubicate sul versante destro della Val di Susa in Comune di Chiomonte. Di tali punti d'acqua non si terrà conto nelle analisi fatte nel paragrafo relativo alla caratterizzazione delle sorgenti nell'area di interesse (paragrafo 4.2); sulla base dei risultati dello studio idrogeologico condotto nel 2010 (PP2/MRI/SEA/0002) infatti è dimostrato come i lavori dello scavo del cunicolo non interferiscano con tali punti acqua.

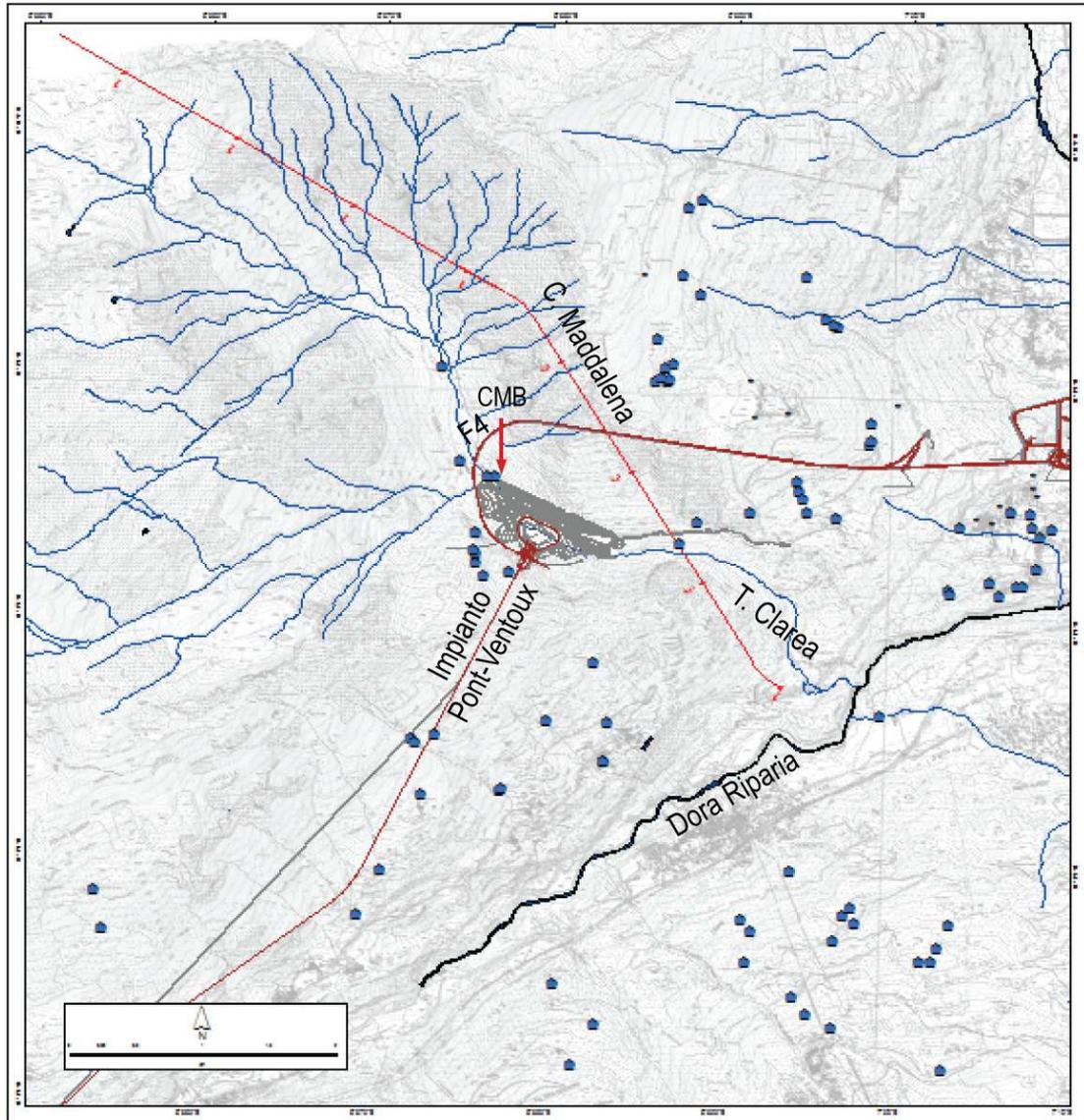


Figura 4.1 Rappresentazione dell'area di studio e delle sorgenti e fontane analizzate intorno al cunicolo della Maddalena. CMB: punto di presa del Canale Maria Bona.

Nella Figura 4.2 è riportato il profilo geologico schematico estratto dallo stesso studio idrogeologico nel Comune di Chiomonte: dal profilo si evince l'assenza di interazione tra gli acquiferi dei due versanti. Per completezza si riporta inoltre un estratto delle conclusioni dello studio.

“Sul versante sinistro orografico la circolazione delle acque avviene perlopiù nella coltre detritico – colluviale o all'interfaccia coltre – substrato, con permeabilità prevalente per porosità; subordinatamente la circolazione delle acque avviene anche all'interno del substrato cristallino, qui costituito dai metasedimenti polimetamorfici dell'Unità di Ambin, con permeabilità sviluppata in corrispondenza di settori più fratturati. Le basse portate delle sorgenti del versante sinistro orografico sono dovute sia alla bassa permeabilità dell'ammasso roccioso, sia allo scarso sviluppo o l'assenza di terreni quaternari permeabili, quali i depositi glaciali e la coltre detritico – colluviale.”

Nel versante destro orografico la circolazione delle acque avviene sia nei depositi quaternari permeabili (coltre detritico – colluviale, depositi glaciali di ablazione più grossolani compresi tra 1500 m e 1800 m circa di altitudine), sia all'interfaccia depositi quaternari – substrato.

Non sono presenti importanti acquiferi nei depositi fluviali del fondovalle della Dora, in ragione della loro limitata estensione e potenza.

L'interpretazione dei dati evidenzia tempi piuttosto brevi di residenza dell'acqua negli acquiferi e l'assenza di circuiti profondi di circolazione dell'acqua tranne che in corrispondenza di zone di taglio, come ipotizzato per la sorgente Cheyera (AST_381, versante sinistro). La sorgente Orsiera (AST_700, versante destro), captata per uso potabile, si distingue per una portata elevata, pari a 30 l/s, generata da un acquifero impostato nei depositi glaciali e di versante.

In conclusione, tutti i dati idrogeologici e geochimici raccolti indicano che i circuiti idrici sotterranei, in entrambi i versanti, sono a carattere superficiale, impostati nei depositi quaternari e nella parte corticale alterata del substrato, al contatto con i depositi quaternari. Per questo motivo, tutte le sorgenti analizzate possono essere interpretate dello stesso tipo: ovvero come punti di emergenza di circuiti idrici sotterranei locali, superficiali, alimentati dall'infiltrazione delle piogge e dallo scioglimento della neve nell'area a monte delle sorgenti stesse.

Questa evidenza permette di affermare che i circuiti di alimentazione delle sorgenti presenti nei due versanti non sono in comunicazione idrologica tra loro. Più in particolare, le analisi condotte non hanno evidenziato alcun indizio di travaso delle acque sotterranee dal versante sinistro orografico verso il destro.”

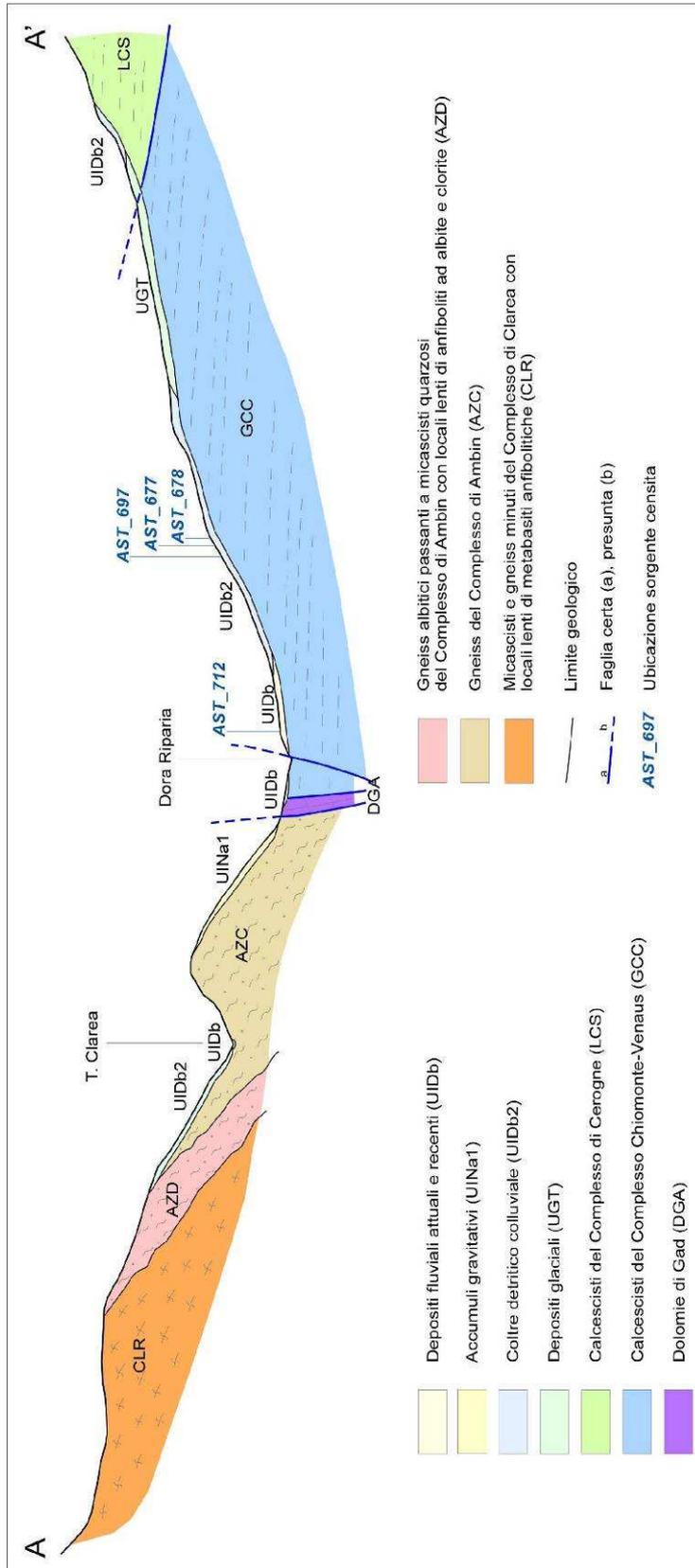


Figura 4.2 profilo geologico schematico, estratto dallo studio idrogeologico nel Comune di Chiomonte (PP2/MRI/SEA/0002).

Nell'area individuata sono state censite (aggiornamento ad aprile 2011) tredici sorgenti idropotabili, settantuno sorgenti non idropotabili, undici fontane e nove piezometri. Questi ultimi non sono riportati negli elaborati planimetrici perché non rilevanti ai fini della caratterizzazione delle suddette risorgenze. I suddetti punti acqua sono localizzati per la maggior parte nei comuni di Giaglione e Chiomonte e subordinatamente in quello di Exilles. In Tabella 4.1 sono elencati alcuni dati identificativi e riassuntivi delle sorgenti idropotabili, mentre le sorgenti non idropotabili sono riportate in Allegato 1).

Sette sorgenti idropotabili e nove sorgenti non idropotabili sono state monitorate periodicamente, registrando misure di portata e dei parametri chimico-fisici. A tale set di dati si aggiungono sessantaquattro misure di portata 'sporadiche' delle altre sorgenti: sono definite tali le misure di portata singole eseguite solo occasionalmente nell'arco del periodo di monitoraggio. A partire da novembre 2009 su 13 sorgenti le misure di monitoraggio sono state eseguite mensilmente.

Tabella 4.1 Sorgenti idropotabili monitorate presenti nell'area di studio e rispettivi valori di portata media e minima. Si precisa che in alcuni casi esiste un solo dato di portata misurata.

SORGENTI IDROPOTABILI								
ID	Comune	note	monitoraggio		n° misure	PORTATA		Analisi chimiche
				periodo		media [l/s]	minima [l/s]	
AST_009	Giaglione	Supita 2	Si	1995 - 2011	84	1,11	0,28	
AST_010	Giaglione	Pratovecchio	Si	1995 - 2011	80	9,33	0,50	chimiche microbiologiche radiometriche isotopiche
AST_011	Giaglione	Boscocedrino:AST_010 + AST_011	Si	1995 - 2011	82	9,07	1,22	chimiche microbiologiche radiometriche isotopiche
AST_218	Giaglione	Sorgente Greisone	Si	2009 -11	15	1,21	0,03	chimiche microbiologiche radiometriche isotopiche
AST_222	Chiomonte	Sorgente Verger	Si	2009 - 11	15	0,39	0,10	chimiche microbiologiche radiometriche isotopiche
AST_441	Giaglione	alimentato da AST_218	Si	2009 -11	16	0,44	0,14	chimiche microbiologiche radiometriche isotopiche
AST_445	Giaglione		Sporadico	2009 -10	8	0,93	0,20	
AST_446	Giaglione		Si	2009 - 11	9	1,05	0,10	chimiche microbiologiche radiometriche isotopiche
AST_694	Chiomonte		Sporadico	2010	1	1,49	1,49	Chimiche elementi principali

AST_695	Chiomonte		Sporadico	2010	1	1,60	1,60	Chimiche elementi principali
AST_696	Chiomonte		Sporadico	2010	1	10,00	10,00	Chimiche elementi principali
AST_697	Chiomonte	Sorgente Jallin-11	Sporadico	2010 - 11	3	5,74	4,00	Chimiche elementi principali
AST_701	Chiomonte		Sporadico	2010	1	2,07	2,07	Chimiche elementi principali

Le portate medie delle sorgenti di cui in Allegato 1 (misure sia sporadiche che da monitoraggio continuo), variano tra 0,02 l/s e 10 l/s. Esse sono state classificate in cinque classi di portata, indicate nella Tabella 4.2.

A commento dei dati si nota:

- più del 65 % dei valori ricade all'interno della classe di portata più bassa (0- 0,5 l/s)
- solo il 5 % delle sorgenti ha portate comprese tra 5 l/s e 10 l/s (Tabella 4.2).

Tabella 4.2: Sintesi dei dati di portata media di sorgenti e fontane nell'area di studio.

Portate Medie						
classe di portata [l/s]	Sorgenti idropotabili		Sorgenti non idropotabili		Fontane	frequenza % per classe
	monitorate	misure sporadiche	monitorate	misure sporadiche		
0 - 0,5	2	1	7	43	9	66%
0,5 - 1	0	1	3	6	2	13%
1 - 2,5	3	3	1	7	0	15%
2,5 - 5	0	0	0	1	0	1%
5 - 10	2	2	0	1	0	5%

Analogamente, l'80% delle portate minime registrate ricade nella classe di portata più bassa, mentre il restante 20% dei valori è distribuito nelle altre classi (vedi Tabella 4.3).

Per quanto riguarda le fontane, le loro misure di portata stagionale sono relativamente omogenee e ricadono quasi unicamente nella classe 0–0,5 l/s. Pare utile ricordare, tuttavia, che le portate delle fontane siano regolate artificialmente e quindi non possano essere utilizzate per individuare particolari condizioni idrologiche o geologiche del settore.

Tabella 4.3 Sintesi dei dati di portata minima di sorgenti e fontane nell'area di studio.

classe di portata [l/s]	Sorgenti idropotabili		Sorgenti non idropotabili		Fontane	frequenza % per classe
	monitorate	misure sporadiche	monitorate	misure sporadiche		
0 - 0,5	6	2	10	46	11	80%
0,5 - 1	0	1	1	6	0	9%
1 - 2,5	1	3	0	4	0	9%
2,5 - 5	0	1	0	0	0	1%
5 - 10	0	1	0	1	0	2%

Tali risultati sono riportati nelle tavole allegate al presente studio:

- PP2/MS1/GIA/0104/A/PA/PLA (Carta delle portate di magra delle sorgenti);
- PP2/MS1/GIA/0105/A/PA/PLA (Carta delle portate medie delle sorgenti).

4.2 Caratterizzazione idrogeochimica delle sorgenti presenti nell'area di studio

Nel presente paragrafo è riportata un'analisi dei dati chimici a disposizione relativi alle sorgenti presenti nell'area esaminata. Come anticipato, non sono considerate le sorgenti ubicate nel versante destro del Comune di Chiomonte.

Nella figura seguente è riportato il diagramma di Piper nel quale la concentrazione ionica di ciascun campione d'acqua analizzato è espressa in valore percentuale.

La grande maggioranza dei campioni appartiene alla famiglia di acque bicarbonato calciche e/o magnesiache.

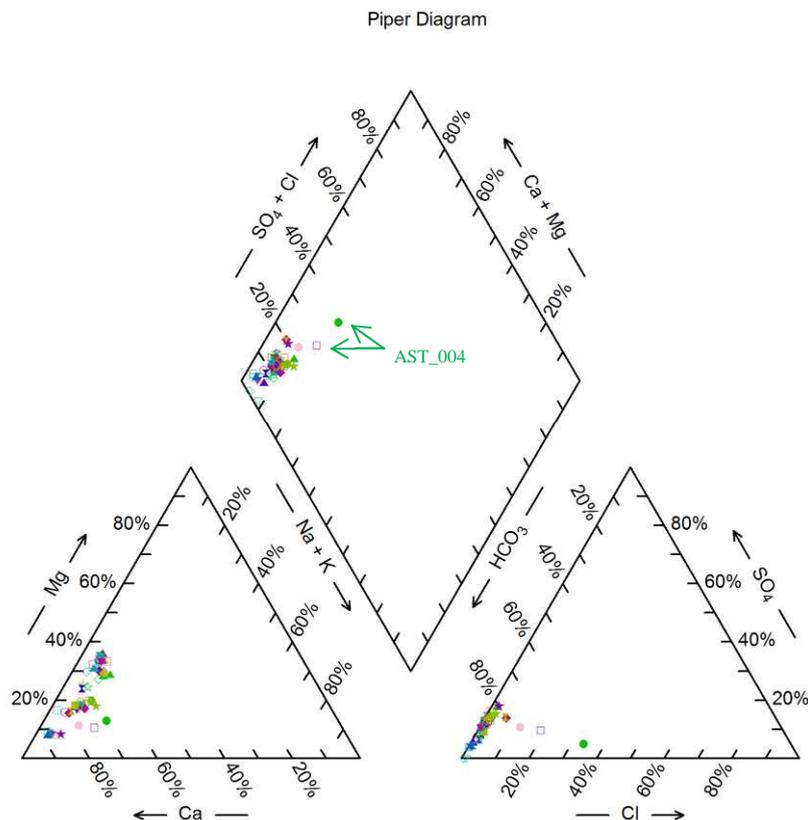


Figura 4.3 Diagramma di Piper raffigurante le facies idro-chimiche delle acque sotterranee. Sono indicati i punti relativi ai due campioni con chimismo differente a quello medio prelevati nella sorgente AST_004.

Nel diagramma è evidente l'anomalia di chimismo dei campioni d'acqua prelevati nella sorgente AST_004; la stessa anomalia è ben visibile nel diagramma di Schoeller riportato nella figura successiva. Si osserva che, rispetto alla salinizzazione media, i campioni sono arricchiti in Cl^- e Na^+ , probabilmente in relazione alla contaminazione da cloruro di sodio indotta dallo spandimento sulle strade con funzione antigelo: questa ipotesi è confermata dal fatto che l'analisi che si discosta maggiormente dagli altri punti, rappresentata con il pallino verde pieno nel diagramma di Piper è relativo al campionamento eseguito nei mesi invernali (novembre 2009).

Volendo confrontare il chimismo delle sorgenti di cui sopra con quello di un acquifero profondo presente in val Clarea, sono stati reperiti i dati relativi al sondaggio S4, ubicato nella parte alta della Val Clarea e realizzato da ALPETUNNEL nelle prime fasi di studio del progetto transfrontaliero. Nel diagramma di Piper riportato in Figura 4.4, tratto dagli studi precedenti ("Studi Idrogeologici 2002-2004" ARCADIS/SEA/SILENE/BAPTENDIER), si evidenzia che le acque del sondaggio S4, provenienti da un acquifero profondo, sono dal punto di vista chimico fortemente differenti da quelle esaminate sopra (Figura 4.3). Si precisa che la Figura 4.4 è stata redatta nei citati studi precedenti con lo scopo di caratterizzare tutte le acque nel settore del Massiccio di Ambin, per questo motivo in essa

sono evidenziati anche altri punti d'acqua non oggetto del presente studio, localizzati sul versante francese. In particolare si tratta delle sorgenti evidenziate come "Sources FR" nella figura ed i sondaggi F30, F30bis, F16. Le "Sources IT" sono riferite alle sorgenti Pratovecchio e Boscodedrina (rispettivamente AST_010 e AST_011 o GI/SC/13 e GI/SC/14 secondo la vecchia codifica utilizzata negli studio precedenti).

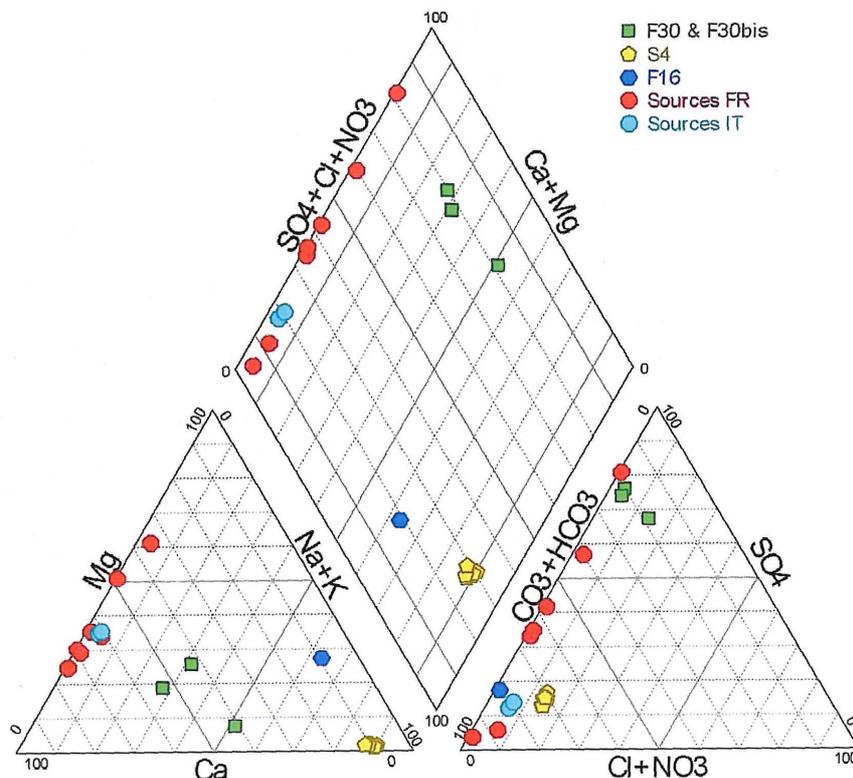


Figura 4.4 Diagramma di Piper raffigurante le acque campionate nel sondaggio S4 (in giallo). Si precisa che nel diagramma, reperito durante una ricerca bibliografica, sono rappresentate anche acque non oggetto del presente studio (versante francese). Fonte: documento APS2096ESSBRA-AH-RF03-1.

Il diagramma di Schoeller, in relazione al parallelismo delle spezzate corrispondenti a ciascuna analisi chimica, mostra anche che tutte le acque campionate appartengono ad un'unica tipologia chimica bicarbonato-calcico-magnesiaca, con una leggera variabilità del tenore di Ca^{++} e Mg^{++} probabilmente legata alla composizione mineralogica del substrato. Come riportato poco sopra (pagina precedente, sotto figura 4.2), le variazioni osservabili in pochi punti (n.4) relativi al tenore in cloruri (e in sodio) sono probabilmente da mettere in relazione alla contaminazione da cloruro di sodio indotta dallo spandimento sulle strade con funzione antigelo.

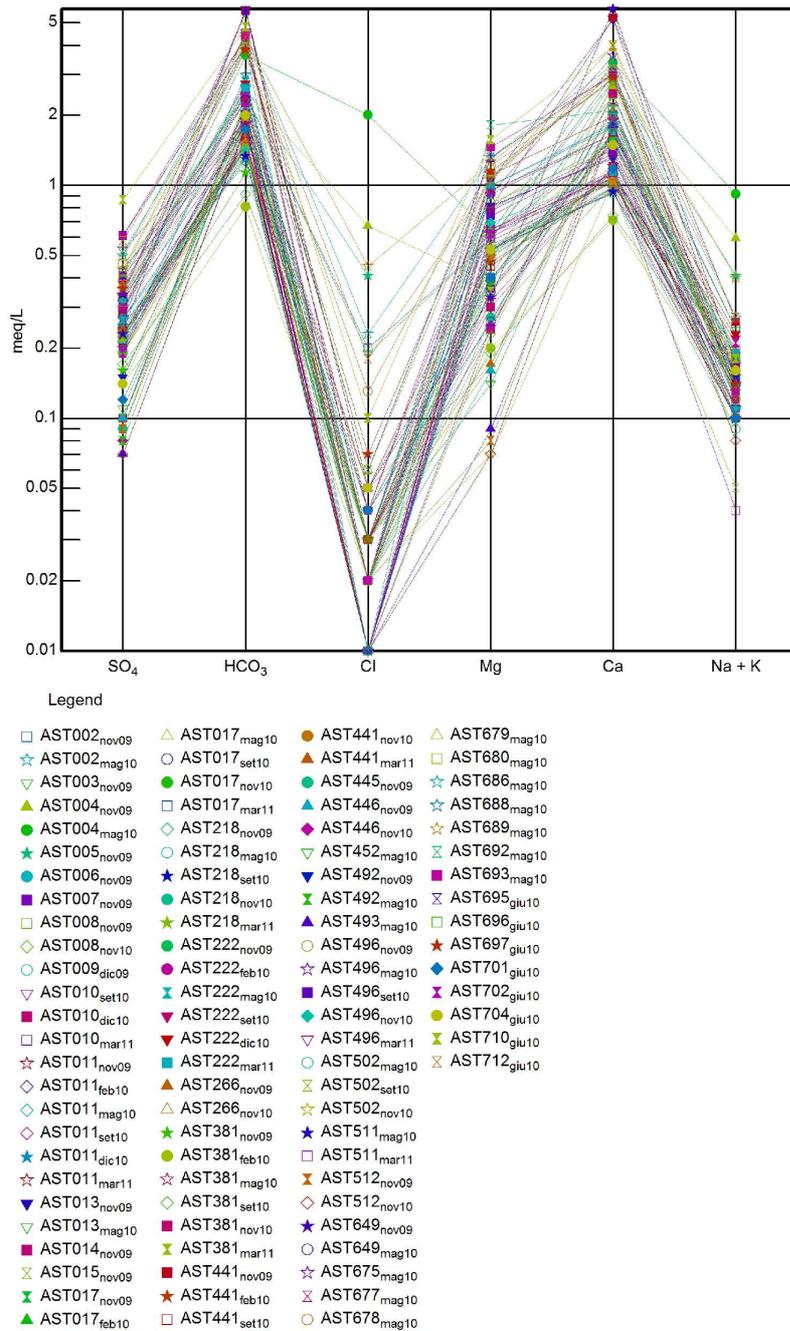


Figura 4.5 Diagramma di Schoeller raffigurante il rapporto caratteristico tra gli ioni delle famiglie di acque sotterranee analizzate nell'area del presente studio.

Nel grafico in Figura 4.6 è stato diagrammato il contenuto in Ca^{++} in funzione del contenuto in HCO_3^- . I due ioni sono stati espressi in meq/l al fine di verificare la dissoluzione di calcite, che produce una soluzione con rapporto 1:1 di concentrazione dei due ioni. Nelle acque analizzate si evidenzia la presenza di dissoluzione di calcite, con arricchimento in calcio, come si denota dalla retta di regressione "A", parallela alla retta indicante la dissoluzione del carbonato di calcio puro CaCO_3 (denominata "B"). L'arricchimento in calcio può essere giustificato con la dissoluzione di minerali silicatici contenenti calcio, come ad esempio plagioclasio calcico, anfiboli e pirosseni nelle metabasiti associate. La maggior parte dei

punti si posiziona nell'area più bassa della retta di dissoluzione della calcite, a testimoniare una bassa maturità delle acque, caratteristica di acque provenienti da circuiti relativamente veloci e bassa interazione tra acqua e roccia.

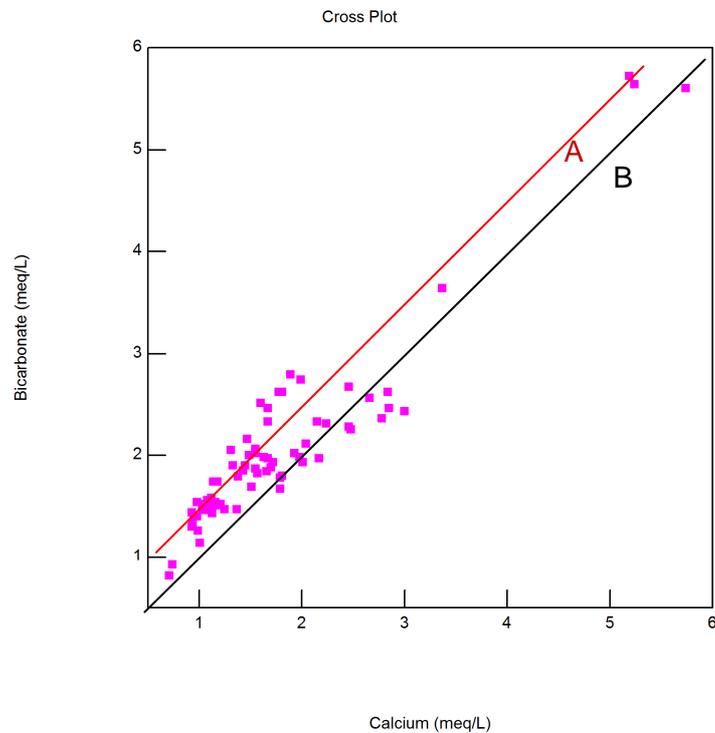


Figura 4.6 Grafico Ca^{++} - HCO_3^- . A) retta di regressione Ca^{++} - HCO_3^- per i punti d'acqua esaminati; B) retta indicante la dissoluzione di CaCO_3 puro.

Nel grafico della figura seguente è stato proiettato il contenuto in Ca^{++} in funzione del contenuto in $\text{SO}_4^{=}$. I due ioni sono stati espressi in meq/l al fine di verificare l'eventuale dissoluzione di gesso, che produce una soluzione con rapporto 1:1 di concentrazione dei due ioni.

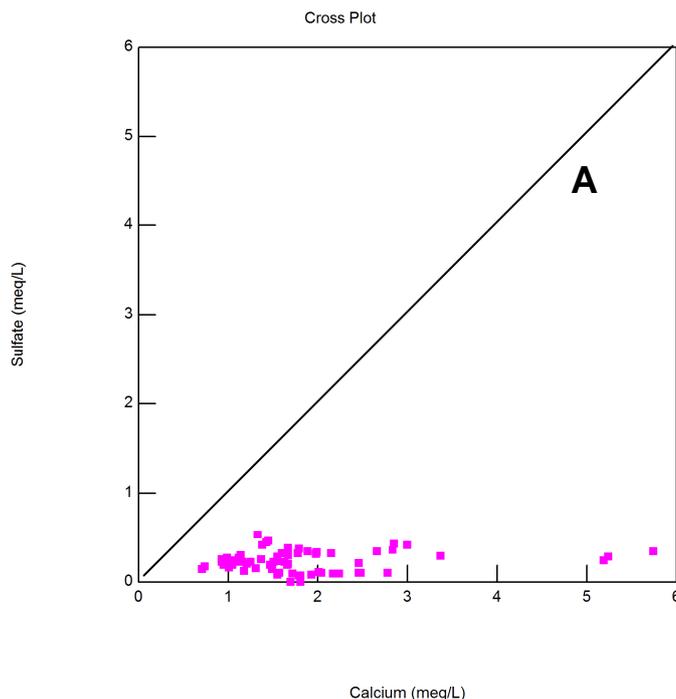


Figura 4.7 Grafico $\text{Ca}^{++} - \text{SO}_4^=$. A) retta indicante la dissoluzione di CaSO_4 .

Come si nota dalla posizione dei punti sul grafico, la presenza dei solfati non è da mettere in relazione alla dissoluzione dei gessi o anidriti.

Per quanto riguarda le sorgenti AST_502 e AST_511, ubicate molto vicine al tracciato dell'opera in progetto, già nell'ambito del monitoraggio è stata ipotizzata e confermata l'alimentazione quasi totale delle sorgenti da parte di acque provenienti dal soprastante Canale Maria Bona. Per quanto riguarda la sorgente AST_502, le acque sembrano provenire da una perdita. Il punto AST_511, invece, presenta una portata generalmente bassa (inferiore a 0,1) o nulla e in un solo caso (aprile 2011) ha mostrato portata sensibilmente più elevata (7 l/s). Questo punto sembra essere alimentato sporadicamente (periodi con portate elevate) da acque del Canale soprastante rilasciate interamente nel versante per l'apertura di una chiusa; negli altri casi è stata presunta una doppia alimentazione da parte di acque provenienti da una perdita del canale e in misura minore da acque circolanti nel versante. Per avvalorare queste ipotesi, sono state riportate su un diagramma di Schoeller le analisi chimiche dei punti AST_502 e AST_511 e quelle del Canale Maria Bona, prelevate durante il monitoraggio contestualmente al prelievo nelle sorgenti. Nel grafico (Figura 4.8) è stata utilizzata la stessa simbologia per i dati riferiti allo stesso punto d'acqua e lo stesso colore per i dati relativi allo stesso mese: ciò permette di riconoscere se le eventuali differenze siano legate al punto di osservazione oppure alla stagione.

Nel caso specifico si osserva che, nello stesso mese, le spezzate riferite ai diversi punti di prelievo sono pressoché coincidenti: anche confrontando i dati di mesi diversi si nota una

buona corrispondenza, ad eccezione del mese di novembre 2010 nel quale si registra, nella sorgente AST_502 e nel Canale Maria Bona un leggero impoverimento in Mg^{++} e un arricchimento in Na^+ e K^+ , probabilmente per l'influenza delle precipitazioni.

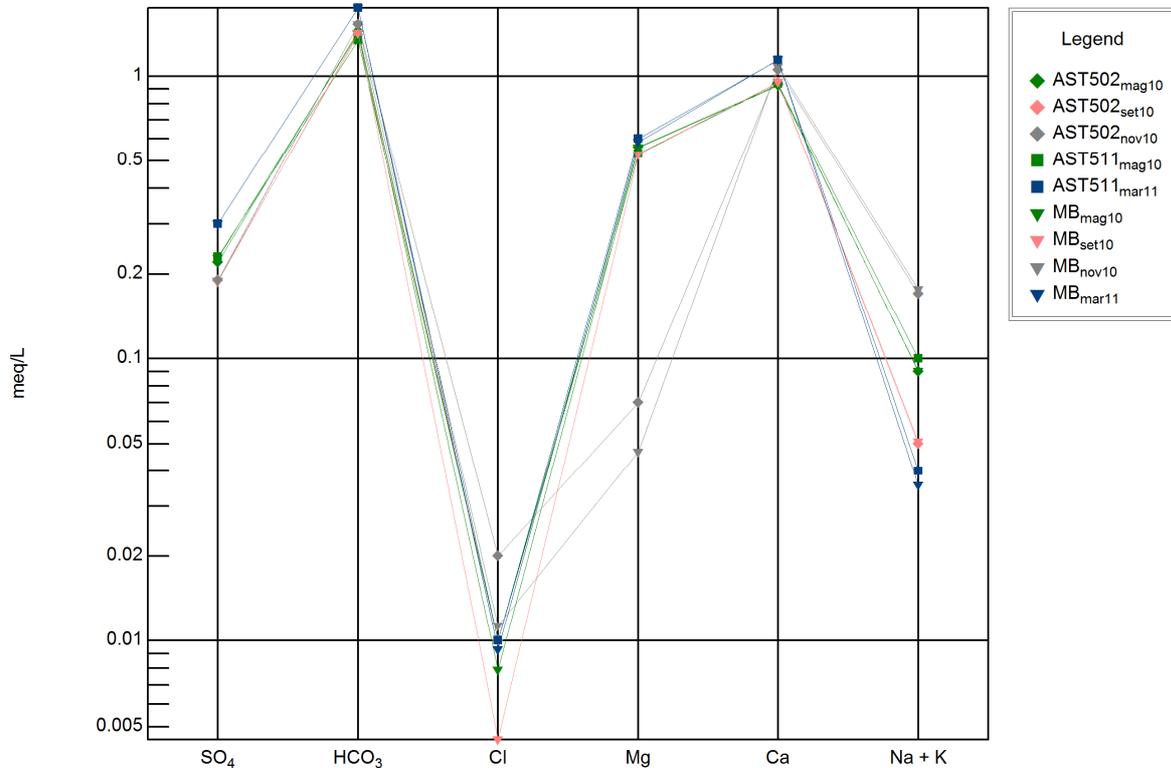


Figura 4.8 Diagramma di Schoeller relativo alle analisi sui campioni dei punti AST_502, AST_511 e Canale Maria Bona. Gli stessi simboli sono riferiti allo stesso punto d'acqua e lo stesso colore è riferito allo stesso mese.

Per quanto riguarda le sorgenti idropotabili ubicate in val Clarea (Pratovecchio AST_010 e Boscocedrina AST_011), esse sono state confrontate con le acque del torrente Clarea.

Le analisi eseguite durante il monitoraggio 2009-2011 direttamente sulle acque del Clarea non sono state però utilizzate perché le analisi effettuate nel monitoraggio delle acque superficiali non comprendono i parametri utili per la rappresentazione sul diagramma di Schoeller.

Tuttavia, come riportato in precedenza, nell'ambito del monitoraggio 2009-2011 sono state eseguite analisi chimiche sulle acque del Canale Maria Bona (cfr. fig. 5.2), che risulta essere alimentato dagli apporti del bacino idrografico del Tiraculo e del Clarea, in ogni caso da acque a scorrimento superficiale prelevate a monte della vasca di IREN, circa 100 m a monte delle sorgenti AST_010 e AST_011.

Pertanto, il confronto è stato effettuato con le acque del Maria Bona, considerato rappresentativo delle acque del bacino idrografico del torrente Clarea. Dall'analisi del grafico riportato in Figura 4.9, le sorgenti AST_010 e AST_011 presentano acque chimicamente

molto simili a quelle del Canale Maria Bona: si osserva, infatti, una buona sovrapposizione dei dati con variazioni poco significative nella concentrazione di alcali.

Si precisa che il confronto dei dati è attendibile laddove si abbiano a disposizione analisi chimiche relative allo stesso mese di misura: in questo senso, il dato del Canale Maria Bona relativo a novembre 2010 (variazione del contenuto in Mg^{++}) non è confrontabile con quello dei punti AST_010 e AST_011 relativi a dicembre 2010.

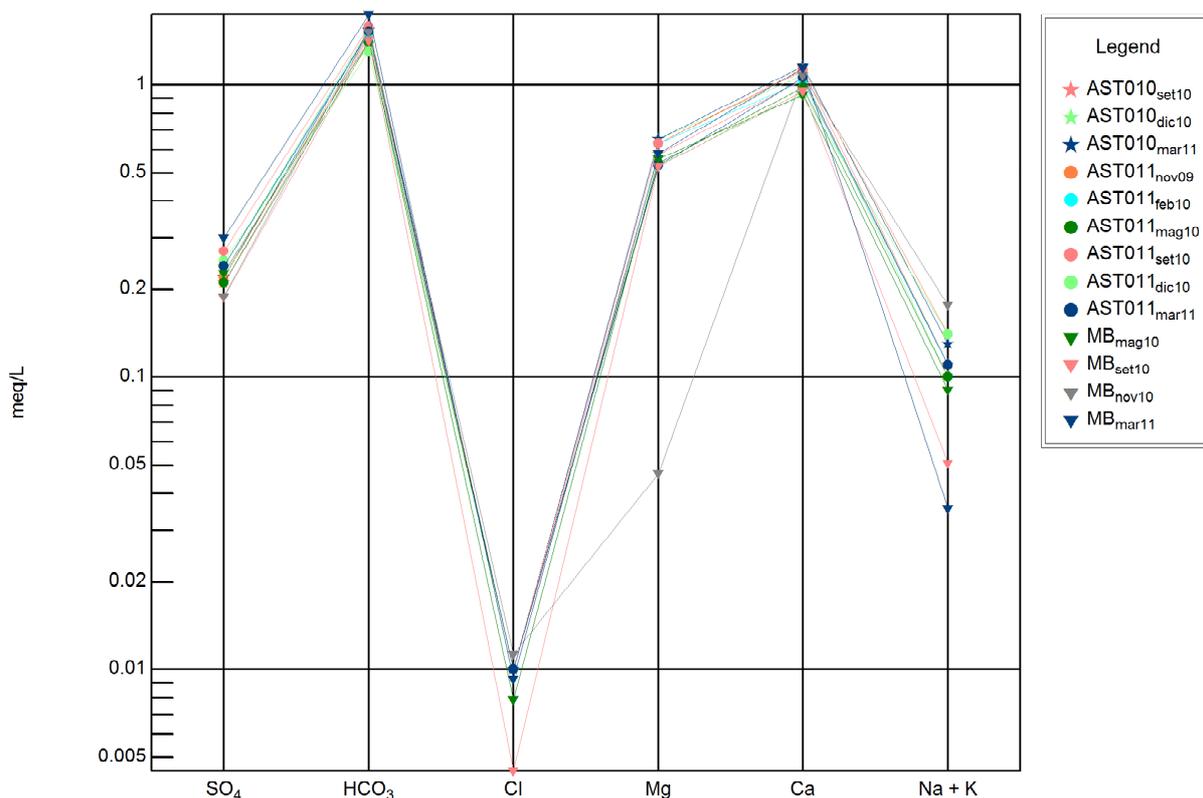


Figura 4.9 Diagramma di Schoeller relativo alle analisi sui campioni dei punti AST_010, AST_011 e Canale Maria Bona. Gli stessi simboli sono riferiti allo stesso punto d'acqua e lo stesso colore è riferito allo stesso mese.

Per quanto riguarda le analisi isotopiche, tutte le acque della regione si proiettano in prossimità della retta meteorica mondiale (*Global Meteoric Water Line* – GMWL – Craig, 1961), indicando che esse non hanno subito né fenomeni di scambio isotopico con le rocce dei serbatoi in cui hanno circolato, né fenomeni di evaporazione prima dell'infiltrazione che causerebbero degli spostamenti della composizione isotopica rispetto alla retta meteorica mondiale. D'altra parte, i valori assoluti registrati sono coerenti con quote di infiltrazione compatibili con l'estensione altimetrica dei versanti vallivi dell'area esaminata.

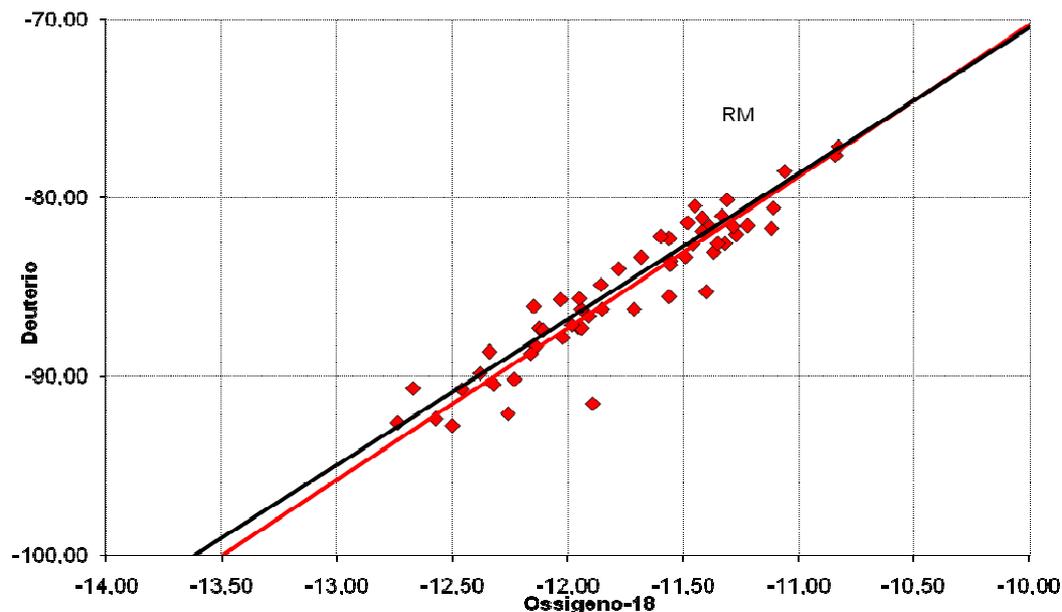


Figura 4.9 Grafico dei risultati delle analisi isotopiche ossigeno-18 vs deuterio (in rosso) dei punti d'acqua analizzati e retta meteorica globale (linea nera) (GMWL, Craig, 1951).

4.3 Interpretazioni

Per quanto riguarda le caratteristiche chimico-fisiche delle sorgenti, le analisi condotte fino ad oggi mostrano la presenza di numerose sorgenti, tutte caratterizzate da acque bicarbonato calciche, poco evolute, attribuibili ad acquiferi superficiali e con tempo di residenza nell'acquifero molto ridotto. Tutte le sorgenti analizzate non evidenziano caratteristiche chimiche o isotopiche che possano essere ricondotte a circuiti di acque profonde.

Per la caratterizzazione dei possibili circuiti profondi nel settore tra Val Clarea e Val Cenischia, risultano utili i citati dati relativi all'impianto idroelettrico di Pont Ventoux ed il sondaggio profondo denominato S4, situato nel fondovalle Clarea a monte della confluenza del torrente Tiraculo. Nessuna delle acque analizzate mostra un'evidente evoluzione verso composizioni simili a quelle del polo rappresentativo del sondaggio S4 (realizzato nei micascisti della serie di Clarea). Soltanto le acque intercettate con lo scavo del cunicolo di calotta della centrale in caverna AEM di Venaus (versante destro della Val Cenischia) sembrano mostrare una parziale evoluzione verso composizioni simili a quelle del sondaggio S4. Le acque del cunicolo di calotta provengono da un ammasso roccioso a bassissima permeabilità (complesso 6a, calcescisti e gneiss albitici) in cui ristagnano in condizioni di quasi totale immobilità. È quindi possibile che composizioni simili a quelle della centrale AEM derivino, come nel caso dell'S4, da riequilibrio per tempi lunghi e in condizioni statiche con rocce silicatiche (gneiss di Charbonnel).

5 MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO

5.1 Idrogeologia in asse al tracciato

Sintetizzando quanto riportato nei capitoli precedenti e facendo riferimento al profilo geologico del Progetto Definitivo del cunicolo della Maddalena il tracciato progettuale si può schematicamente suddividere, a partire dall'imbocco, in:

1. un sottosettore idrogeologico iniziale (circa 200 m) di attraversamento di depositi quaternari (complesso Q) e di calcescisti e flysch (complesso 6);
2. un lembo (circa 30 m) di breccie tettoniche (carniole del complesso idrogeologico 1)
3. Oltre la fascia di carniole il resto della galleria ricade nel complesso idrogeologico 5. caratterizzato da bassa permeabilità. All'interno di questo settore si possono ulteriormente distinguere due sottosectori: il sottoattraversamento del torrente Clarea e, procedendo lungo il tracciato, la zona di affioramento delle importanti sorgenti idropotabili di Pratovecchio e Boscocedrina (media Val Clarea).

5.2 Imbocco del cunicolo

A circa 672 m s.l.m. il cunicolo esplorativo della Maddalena entra nel versante sinistro della Dora Riparia, a WNW rispetto alla confluenza del fiume Clarea. Oltre un sottile lembo di depositi di conoide alluvionale e torrentizi che ricoprono la parte inferiore del versante, si trovano depositi glaciali e fluvioglaciali. Gli scavi in galleria attraversano questi depositi per 120-130 m. Una coltre di detriti di falda con potenza variabile tra 15-20 m e una settantina di metri ricopre il versante, qui e più a monte (cfr. Figura 5.1).

Da un punto di vista idrogeologico i suddetti depositi sono indifferenziati e compresi nel complesso idrogeologico Q (media-alta permeabilità in funzione della granulometria, percentuale della matrice fine e grado di cementazione dei depositi). In questa parte del tracciato è plausibile una circolazione idrica superficiale di versante, ricaricata dalla coltre quaternaria (sia lateralmente dagli apporti del versante sia direttamente dalle precipitazioni meteoriche). Seguono un cuneo di calcescisti filladici dell'Unità di Puys-Venaus (circa 160 m di sviluppo lineare) e una fascia di carniole (circa 30 m) che marcano il contatto tettonico tra i calcescisti e l'ammasso roccioso (micascisti e gneiss aplitici del complesso d'Ambin) nel quale si estende il resto del tracciato del cunicolo (Figura 5.1).

In questa zona non si trovano sorgenti sottese dal cunicolo, e quelle ad esso più vicine si trovano ad oltre 1150 metri di distanza.

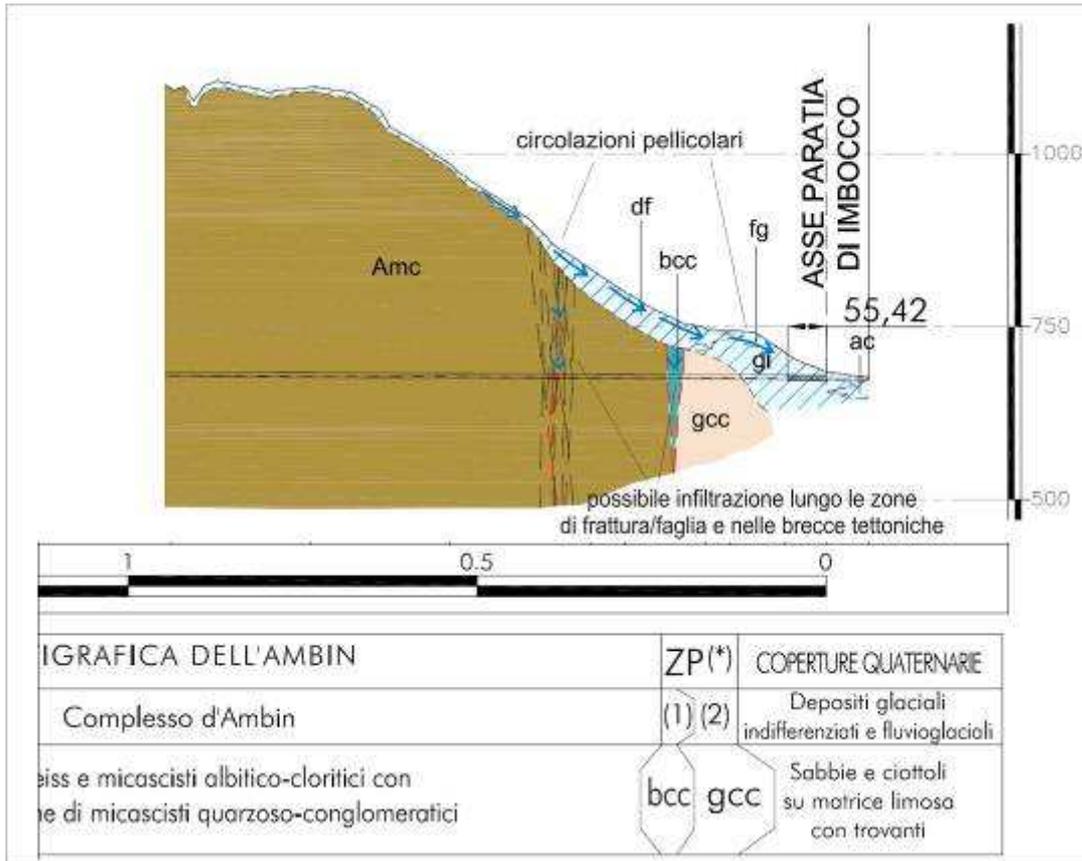


Figura 5.1 Schema concettuale della circolazione idrogeologica nella zona d'imbocco del cunicolo della Maddalena. Il profilo è estratto dal Profilo Idrogeologico del Cunicolo Esplorativo della "Maddalena" (Progetto Definitivo del cunicolo della Maddalena, cod. elab. PP2/MA1/ITF/0105/A/PA/PLA).

Esse sono per lo più superficiali e impostate in depositi della coltre colluviale o nei depositi alluvionali della pianura alluvionale del fiume Dora Riparia, all'estremità nord dell'alta Val di Susa (si vedano Par. "4.3 Interpretazioni" e l'elaborato planimetrico PP2/MS1/GIA/0103/0/PA/PLA Schema idrostrutturale).

La circolazione delle acque sotterranee relativa alla zona d'imbocco è pertanto di tipo corticale di versante. Le venute d'acqua in galleria, in questa tratta iniziale del tracciato, sarebbero possibili in corrispondenza dell'intersezione con la fascia di carniole, a causa della loro intrinseca permeabilità per dissoluzione, e/o lungo eventuali fasce di fratturazione più persistenti e/o zone di taglio, come quella localizzata a circa 400 m dall'imbocco del cunicolo (Pk 0+420). Considerando però

- la localizzazione delle sorgenti rispetto all'imbocco del cunicolo;
- l'orientazione delle zone di fratturazione che attraversano le rocce del basamento (scistosità e faglie con immersione ad alto angolo verso sud, quindi verso la pianura alluvionale della Dora Riparia, come visualizzato nel profilo schematico di Figura 2.3)

tale circuito idrico è da considerarsi difficilmente drenabile in seguito allo scavo del cunicolo.

5.3 Sottoattraversamento del torrente Clarea

Il torrente Clarea presenta un regime perenne a partire da quota 1150, a monte di località Case Porchera. A valle questa zona il torrente può essere caratterizzato, nei mesi invernali, da uno scorrimento di sub-alveo (Figura 5.2) in ragione di fattori climatici e di ricarica meteorica.

La portata del Clarea è monitorata in due punti, uno a monte dell'intersezione con il tracciato della galleria, in corrispondenza della vasca dell'impianto idroelettrico di Pont Ventoux (punto ASP_033) e uno a valle, poco prima della confluenza con la Dora Riparia (punto ASP_001) (Figura 5.2).

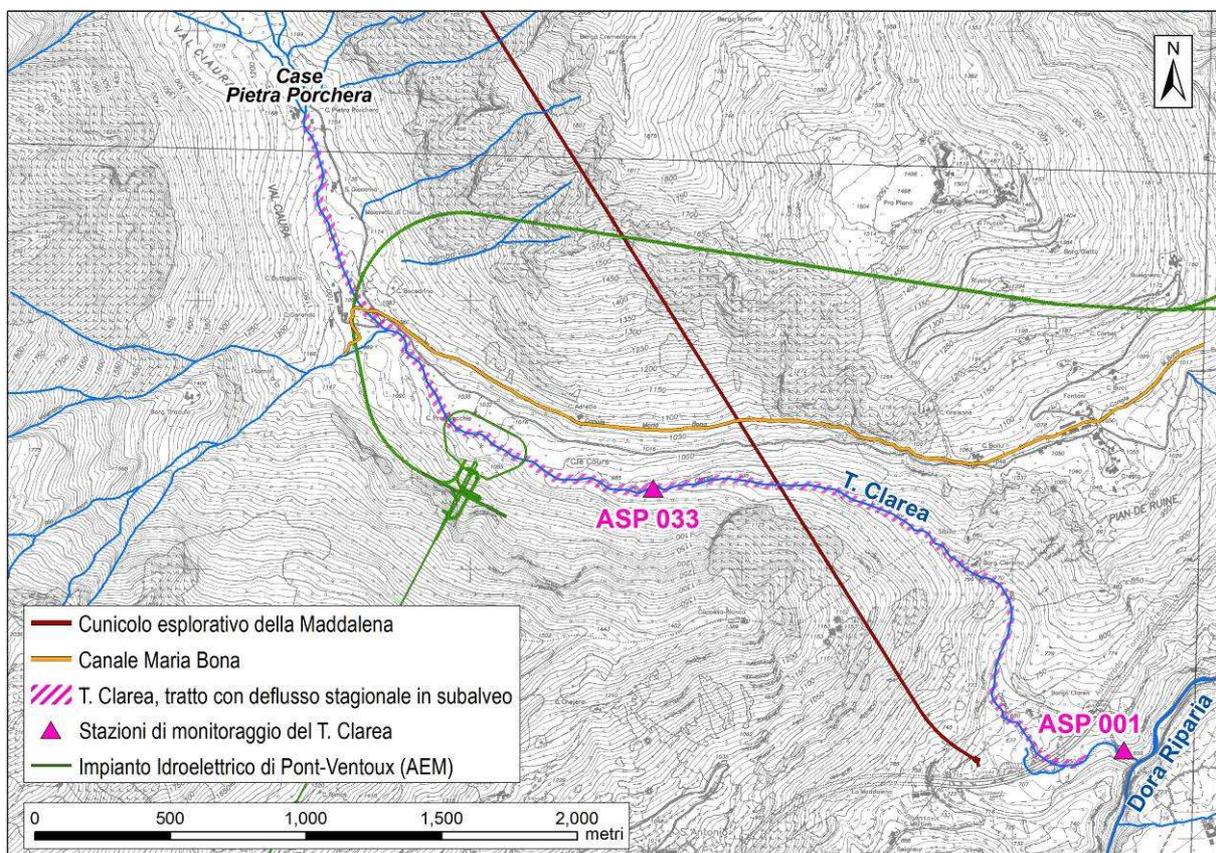


Figura 5.2 Rappresentazione del corso del torrente Clarea in prossimità del cunicolo Maddalena.

Nel grafico di Figura 5.3 sono mostrate le misure, effettuate tra novembre 2009 e novembre 2010 nei due punti. Le portate del corso d'acqua sono comprese tra 10 e 90 l/s circa. I valori di portata ottenuti dalle misure dell'ultimo anno e mezzo (quattro misure all'anno, compresa una misura invernale) non sono mai stati pari a 0 l/s.

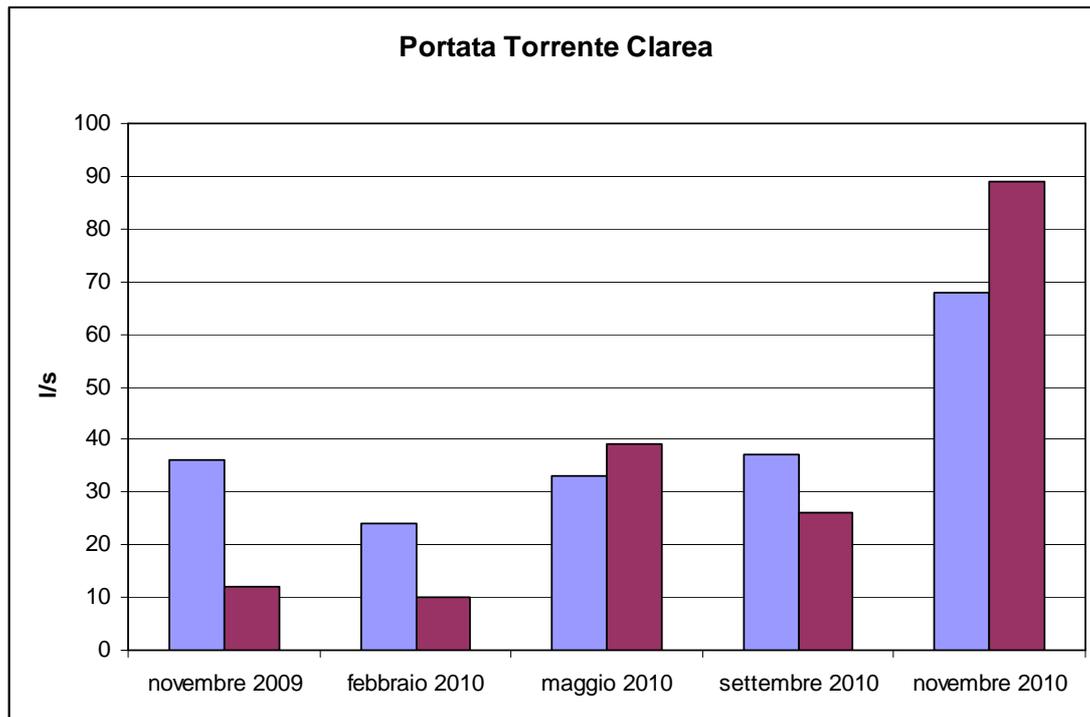


Figura 5.3 Portate misurate nel Torrente Clarea. In rosso è indicato il punto ASP_033 (monte), in viola il punto ASP_001 (valle).

Il tracciato del cunicolo in progetto sottoattraversa il torrente Clarea intorno alla Pk 1+250 (cfr. Figura 5.4). Il cunicolo in questa zona è alla quota di circa 680 m s.l.m., circa 220-230 m sotto la quota topografica del corso d'acqua. In corrispondenza del corso d'acqua e lateralmente nella valle alluvionale da esso incisa, i depositi torrentizi hanno potenza massima di una ventina di metri. Una fascia di fratturazione (zona di taglio presunta) con direzione N60°-70°E e fortemente immergente verso S SE, interessa gli gneiss aplitici dell'Ambin poco oltre il corso d'acqua (alla Pk 1+300, Figura 5.4).

In questo contesto, la diretta connessione di eventuali sistemi di flusso ricaricati dai depositi torrentizi del Clarea lungo la suddetta zona di taglio potrebbe veicolare le acque a quota galleria. A questo proposito è previsto un trattamento di impermeabilizzazione dell'ammasso roccioso nel tratto di sottoattraversamento del torrente Clarea, accorgimento che sarà recepito nel Progetto Esecutivo. Tale attività viene graficamente indicata nella Figura 5.4.

È da notare che due punti d'acqua sono rilevati in prossimità di questa zona: le sorgenti AST_502 e AST_511.

La sorgente AST_502 si trova a circa 200 metri di distanza dal tracciato del cunicolo. Sulla base di approfonditi studi geochimici essa è stata interpretata come alimentata da una perdita del vicino Canale Maria Bona (Tabella 5.1, dal *Rapporto Finale Rete Maddalena novembre 2009 – dicembre 2010*: PP2/MRI/SEA/0095/D/AP/NOT).

Tabella 5.1 Sintesi delle caratteristiche delle sorgenti AST_502 e AST_511 – estratto dalla Tabella 3 del rapporto finale di monitoraggio PP2/MRI/SEA/0095/D.

Comune	Codice Stazione	Tipo acqua	Note
Giaglione	AST_502	Sorgente non potabile	Venuta d'acqua alimentata da una perdita d'acqua nel Canale Maria Bona
Giaglione	AST_511	Sorgente non potabile	Venuta d'acqua alimentata in alcuni casi da una perdita d'acqua nel Canale Maria Bona

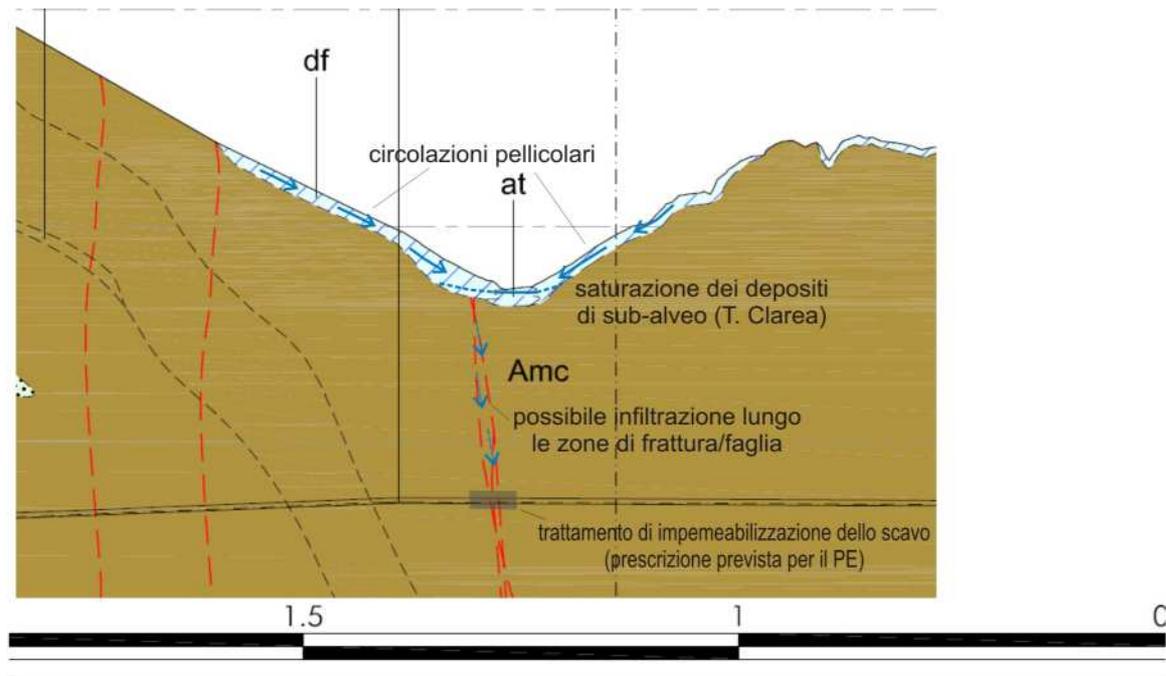


Figura 5.4 Schema concettuale della circolazione idrogeologica nella zona del sottoattraversamento del T. Clarea. Il profilo è estratto dal Profilo Idrogeologico di Progetto Definitivo del Cunicolo Esplorativo della "Maddalena" (PP2/MA1/ITF/0105/A/PA/PLA).

La sorgente AST_511 si trova poco a monte rispetto al torrente Clarea (proiezione sul tracciato alla Pk 1+340), vicino alla zona di taglio ad esso prossimale. Nel citato rapporto PP2/MRI/SEA/0095/D/AP/NOT è nuovamente evidenziata l'influenza del Canale Maria Bona sulle portate massime primaverili di questa sorgente (Tabella 5.1). Tuttavia, per questo punto acqua non è possibile escludere un'alimentazione congiunta del canale e del substrato.

5.4 Val Clarea

Oltre l'asse del Clarea, il tracciato in progetto continua ad attraversare il massiccio roccioso sotto elevate coperture. Il massiccio d'Ambin è rappresentato da un complesso idrogeologico omogeneo e ci si aspetta che le condizioni di permeabilità possano variare in base al grado di fratturazione dell'ammasso e alla presenza di zone di faglia.

I versanti della Val Clarea ospitano varie sorgenti impostate nei depositi di copertura (complesso idrogeologico Q) dell'ammasso roccioso che ospita il tracciato del cunicolo esplorativo. Le analisi chimiche e geochimiche dei vari punti acqua analizzati in questo studio evidenziano l'alimentazione prevalentemente meteorica delle sorgenti e dunque il carattere superficiale (corticale di versante) della circolazione idrica a questa progressiva di scavo. La galleria in progetto si sviluppa entro le rocce cristalline dei complessi di Ambin e di Clarea con una copertura che varia da 400 m a oltre 1000 m. Queste rocce sono raggruppabili in un unico complesso idrogeologico (complesso 5), caratterizzato da bassa permeabilità per fratturazione. La parte di tracciato su cui si proietta la maggior parte delle sorgenti analizzate per questo studio è compresa tra le Pk 1+700 e Pk 3+000.

Quest'area è inoltre interessata dalla galleria F4 dell'impianto idroelettrico di Pont Ventoux. Durante la progettazione della galleria F4 erano stati eseguiti quattro sondaggi geognostici a carotaggio continuo, estesi fino a profondità comprese tra 103,5 e 117,4 m dal piano campagna (Figura 5.5 e sintesi nelle tabelle dell'Allegato 2). Da tali perforazioni risulta che la sede dell'acquifero superficiale (depositi di conoide dei torrenti Clarea e Tiraculo e depositi misti sciolti con brecce e trovanti eterometrici di rocce del basamento) si estende fino a circa 85–95 m di profondità. La copertura d'ammasso roccioso posta tra la base dell'acquifero e la galleria F4 (a circa 975 m s.l.m.) è dunque compresa tra 17m e 28m di spessore. Nonostante tale prossimità con l'acquifero, la galleria F4 non ha interferito minimamente con la falda superficiale esistente, nonostante essa sia solo rivestita con spritz-beton e impermeabilizzata limitatamente per brevi tratti. Un quadro analogo dell'interpretazione geologica fatta in quella fase di studio è presentato schematicamente nel profilo W-E di Figura 5.5a: la potenza dei depositi torrentizi associati all'ampliarsi della piana alluvionale del torrente Clarea si valuta possa raggiungere circa 100m dal piano campagna.

Nella ricostruzione di Figura 5.5 si vede che le sorgenti AST_010 (Pratovecchio) e AST_011 (Boscocedrino) sono impostate sui depositi alluvionali. Le due sorgenti sono proiettate alle Pk 2+520 e Pk 2+500, rispettivamente, del cunicolo.

Le acque delle due sorgenti sono captate in più punti (Figura 5.5b): la sorgente Pratovecchio è captata con bottino superficiale nel conoide alluvionale del torrente Tiraculo, in destra idrografica del torrente Clarea. Le acque della sorgente Boscocedrino sono captate in due punti in sinistra del torrente Clarea, anch'esse mediante opere di presa superficiali nei depositi alluvionali del torrente Clarea.

In conclusione, i risultati delle analisi chimiche di tali sorgenti (PP2-MRI-SEA-0095-D-AP-NOT), riprese ed analizzate in dettaglio nel Capitolo 4, hanno chiaramente evidenziato l'origine di queste acque come legata alla falda di subalveo dei torrenti Clarea e Tiraculo e quindi si può ragionevolmente escludere che lo scavo del cunicolo possa interferire con il regime delle portate delle sorgenti Pratovecchio e Boscocedrino.

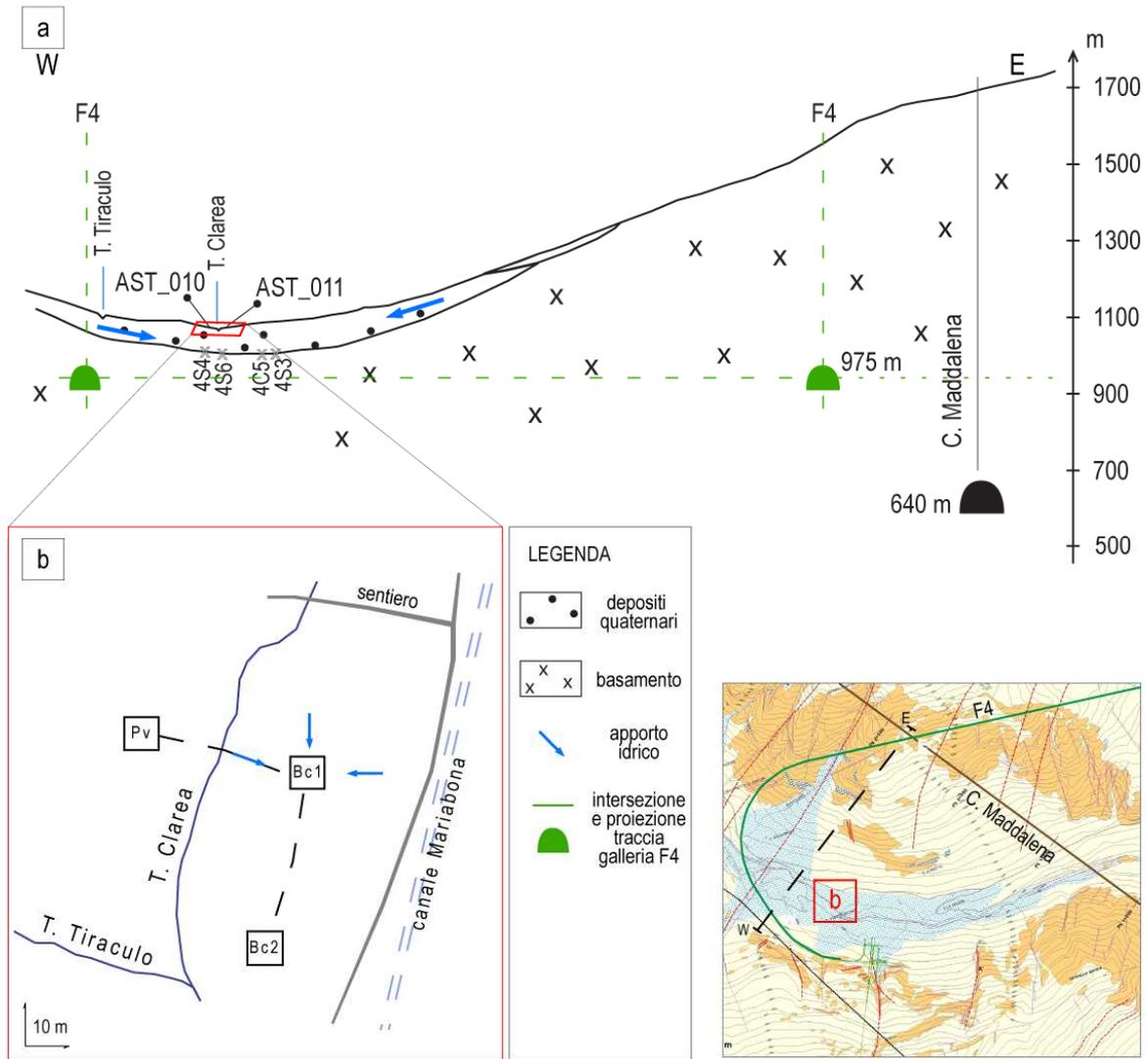


Figura 5.5 Quadro idrologico di Boscedrino. La localizzazione delle sorgenti AST_010 e 011 è indicata in pianta (riquadro e 'b' rosso nello stralcio della Carta Idrogeologica di Progetto Definitivo del cunicolo della Maddalena, in basso a destra). **a** - Profilo geologico schematico (si veda la traccia W-E in pianta in basso a destra) raffigurante le sorgenti della zona di Boscedrino e i loro rapporti con il torrente Clarea. I dati dei sondaggi 4S9, 4S4, 4S6, 4C5, 4S3 (nell'Allegato 2), eseguiti durante la progettazione della galleria F4 per l'impianto idroelettrico di Pont Ventoux, sono usati per ricostruire la potenza dell'acquifero (depositi quaternari) in profilo. **b** - Pianta schematica delle opere di captazione delle sorgenti Pratovecchio (Pv) e Boscedrino (Bc1 e Bc2).

6 CONCLUSIONI

L'area analizzata include un ampio settore intorno al tracciato del cunicolo della Maddalena, che risulta ben caratterizzato da un punto di vista geologico ed idrogeologico dagli studi precedenti, dai monitoraggi in corso e dagli elaborati geologici del progetto definitivo della galleria. Sulla base di questi dati è stato possibile definire il modello idrogeologico di riferimento dell'opera. Nel contesto vasto che interessa il tracciato del cunicolo della Maddalena sono state rilevate 13 sorgenti captate per usi idropotabili, 71 non idropotabili e 11 fontane. Le portate delle sorgenti variano da 0,02 l/s ad un massimo di 10 l/s. Le caratteristiche fisico-chimiche delle acque mettono in evidenza acquiferi di limitate estensioni areali, poco profondi e legati essenzialmente al drenaggio di depositi quaternari di versante e torrentizi, e della fascia di alterazione superficiale del basamento cristallino. Sulla base dei dati idrogeochimici disponibili, si può escludere che l'alimentazione principale delle sorgenti sia legata a circuiti profondi, potenzialmente estesi alla quota di scavo del cunicolo. Non è tuttavia possibile escludere localmente una qualche comunicazione degli acquiferi con le maggiori discontinuità, quali ad esempio giunti e faglie presunte che localmente attraversano le rocce del massiccio d'Ambin, soprattutto alla luce del fatto che tale comunicazione non è evidente dai dati idrogeologici di superficie ed i sistemi di discontinuità maggiori cartografati negli elaborati del Progetto Definitivo del cunicolo sono presunti e non se ne conosce l'estensione massima in profondità.

ALLEGATO 1 –
SINTESI DEI DATI DI PORTATA DELLE SORGENTI NON IDROPOTABILI E DELLE
FONTANE MONITORATE

SORGENTI NON IDROPOTABILI - A							
ID	Comune	note	monitoraggio		n° misure	PORTATA	
				periodo		media [l/s]	minima [l/s]
AST_007	Giaglione		sporadico	2009-11	14	0,65	0,03
AST_013	Giaglione		Si	2009-11	19	0,07	0,04
AST_017	Giaglione		Si	1995-2011	89	0,44	0,01
AST_220	Chiomonte		sporadico	2009	1	0,14	0,14
AST_221	Chiomonte		sporadico	n.p.	n.p.	0,00	0,00
AST_261	Giaglione		sporadico	2009	1	0,33	0,33
AST_265	Giaglione		sporadico	2009	1	0,08	0,08
AST_266	Giaglione		Si	2009-11	19	0,19	0,00
AST_378	Chiomonte		sporadico	2009	1	0,33	0,33
AST_381	Chiomonte		Si	2009-11	19	0,05	0,01
AST_442	Giaglione		sporadico	n.c.	n.c.	0,00	0,00
AST_444	Giaglione		sporadico	2005-09	10	0,95	0,28
AST_447	Giaglione		sporadico	2009	1	0,00	0,00
AST_448	Giaglione		sporadico	2009	1	0,50	0,50
AST_450	Giaglione		sporadico	1995-2009	11	0,46	0,12
AST_451	Giaglione		sporadico	1995-2009	11	3,42	0,40
AST_452	Giaglione		Si	1995-2010	24	0,56	0,00
AST_453	Giaglione		sporadico	2009	1	0,50	0,50
AST_454	Giaglione		sporadico	1995-2009	11	0,19	0,07
AST_455	Giaglione		sporadico	1995-2009	11	0,53	0,02
AST_456	Giaglione		sporadico	1995-2009	11	0,88	0,02
AST_460	Giaglione		sporadico	1995-2009	11	0,23	0,03
AST_461	Giaglione		sporadico	2009	1	1,50	1,50
AST_487	Exilles		sporadico	2009	1	0,60	0,60
AST_488	Exilles		Sporadico	2009	1	0,06	0,06
AST_489	Exilles		sporadico	2009	1	0,50	0,50
AST_490	Giaglione		sporadico	2009	1	0,05	0,05
AST_491	Giaglione		sporadico	2009	1	0,16	0,16
AST_493	Giaglione		sporadico	2009-10	8	0,27	0,00
AST_494	Giaglione		sporadico	2009-10	8	1,06	0,25
AST_495	Giaglione		sporadico	2009-10	8	0,44	0,05
AST_496	Giaglione		Si	2009-11	19	0,30	0,00
AST_497	Giaglione		sporadico	2009	1	0,03	0,03
AST_498	Giaglione		sporadico	2009	1	0,80	0,80
AST_499	Giaglione		sporadico	2009	1	0,50	0,50
AST_500	Giaglione		sporadico	2009-11	19	0,62	0,00

Allegato 1 A – Dati sintetici delle sorgenti non idropotabili e delle loro portate medie e minime.

SORGENTI NON IDROPOTABILI - B							
ID	Comune	note	monitoraggio		n° misure	PORTATA	
				periodo		media [l/s]	minima [l/s]
AST_502	Giaglione		Si	2009-11	17	0,03	0,00
AST_503	Giaglione		sporadico	2009	1	0,07	0,07
AST_511	Giaglione		Si	2009-11	19	0,44	0,00
AST_512	Giaglione		Si	2009-11	18	0,87	0,05
AST_645	Giaglione		sporadico	2009	1	0,03	0,03
AST_646	Giaglione		sporadico	2009	1	0,30	0,30
AST_647	Giaglione		sporadico	2009	1	0,20	0,20
AST_648	Giaglione		sporadico	2009	1	0,00	0,00
AST_650	Giaglione		sporadico	2009	1	0,02	0,02
AST_651	Giaglione		sporadico	2009	1	0,00	0,00
AST_655	Giaglione		sporadico	2009	1	0,25	0,25
AST_656	Giaglione		sporadico	2009	1	0,25	0,25
AST_657	Giaglione		sporadico	2009	1	0,25	0,25
AST_665	Exilles		sporadico	2009	1	0,00	0,00
AST_666	Exilles		sporadico	2009	1	0,00	0,00
AST_675	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,45	0,45
AST_676	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,50	0,50
AST_677	Chiomonte	Teisane inf.-12	sporadico	2010-11	5	1,79	1,00
AST_678	Chiomonte		sporadico	2010	1	2,40	2,40
AST_679	Chiomonte		sporadico	2010	1	5,82	5,82
AST_680	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,33	0,33
AST_686	Chiomonte		sporadico	2010	1	1,54	1,54
AST_687	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,10	0,10
AST_688	Chiomonte	Sorgente Valets-15	Si	2010-11	5	1,55	0,80
AST_689	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,67	0,67
AST_692	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,25	0,25
AST_693	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,25	0,25
AST_702	Chiomonte		sporadico	2010	1	2,50	2,50
AST_703	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,00	0,00
AST_704	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,60	0,60
AST_705	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,13	0,13
AST_709	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,33	0,33
AST_710	Chiomonte		sporadico	2010	1	0,03	0,03
AST_711	Chiomonte		Sporadico	2010	1	0,32	0,32
AST_712	Chiomonte	Sorgente Balme-7	sporadico	2010-11	6	1,74	0,75

Allegato 1 B – Dati sintetici delle sorgenti non idropotabili e delle loro portate medie e minime.

FONTANE						
ID	Comune	note	Periodo di monitoraggio	Portata		
				n° misure	media [l/s]	minima [l/s]
AST_002	Giaglione		2009-11	19	0,18	0,02
AST_003	Giaglione		2009-11	19	0,07	0,00
AST_004	Giaglione		2009-11	19	0,25	0,00
AST_005	Giaglione	probabile alimentazione acquedotto	2009-10	15	0,20	0,06
AST_006	Giaglione	probabile alimentazione acquedotto	2009-10	15	0,66	0,25
AST_008	Giaglione	doppia alimentazione alimentazione acquedotto	1995-2011	89	0,22	0,00
AST_014	Giaglione	Prapiano alimentazione acquedotto	2003-10	36	0,31	0,03
AST_015	Giaglione	Prapiano	2003-10	36	0,83	0,04
AST_016	Giaglione		2009-11	19	0,06	0,00
AST_492	Giaglione		2009-10	14	0,45	0,07
AST_649	Giaglione		2009-11	19	0,10	0,00

Allegato 1 C – Dati sintetici delle portate medie e minime delle fontane monitorate.

ALLEGATO 2 –

SINTESI DEI SONDAGGI ESEGUITI DURANTE GLI STUDI

GEOGNOSTICI PER IL TUNNEL F4 DELL'IMPIANTO

IDROELETTRICO DI PONT VENTOUX

(dati ARPA PIEMONTE, dal sito

http://webgis.arpa.piemonte.it/website/geo_dissesto/w_arpa_ib_geotecnica/viewer.htm)

Nome sondaggio	4S3	4S4	SC5	4S6
Data inizio	07/06/1995	28/06/1995	18/03/1993	15/11/1995
Data fine	27/06/1995	12/07/1995	07/04/1993	29/11/1995
Provincia	TORINO			
Comune	GIAGLIONE			
Cantiere	Impianto idroelettrico Pont Ventoux - Susa			
Localita'	Val Clarea			
Tipo sonda	GELMA 2 trattorata		ATLAS MUSTANG	CASAGRANDE C8
Tecnica perforaz.	rotazione a carotaggio continuo - distruzione di nucleo			
Utensile perforaz.	carotiere semplice o doppio		tricono	tricono
Strumento in foro	assente	assente	assente	piezometro
Formazione Geologica	Detrito di falda			
Quota s.l.m.	1082	1080	1079	1075
Profondità (m)	107,3	104,5	103,5	117,4

Allegato 2 A – Dettagli tecnici dei sondaggi eseguiti per la galleria F4 dell'impianto idroelettrico di Pont-Ventoux; dal sito dell'ARPA Piemonte

http://webgis.arpa.piemonte.it/website/geo_dissesto/w_arpa_ib_geotecnica/viewer.htm

Profondità (m)	4S3	4S4	SC5	4S6	
	Descrizione	Descrizione	Descrizione	Descrizione	
0.30	piccoli trovanti, ciottoli e ghiaia in matrice sabbioso limosa	terreno vegetale limo argilloso	alternanze di sabbia da medio-fine a grossolana con breccie eterometriche e trovanti	alternanze di sabbia eterometrica limosa e breccia fine grossolana con trovanti	
76.00		ghiaia ciottoli e ghiaia in abbondante matrice limosa argillosa consistente			
83.00		sabbie eterometriche e trovanti di scisti micacei in vene di quarzo in matrice sabbiosa fine limosa	trovanti e breccia medio grossolana in matrice limoso sabbiosa	breccia fine medio grossolana e piccoli trovanti in abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa	
83.90					
85.20	ciottoli e trovanti di scisti in matrice sabbioso limosa	scisti micacei compatti debolmente fratturati localmente alterati e ossidati in vene di quarzo	gneiss molto alterato degradato in sabbia limosa	micascisto quarzoso fratturato	
85.60					
91.90	scisti micacei compatti debolmente fratturati con livelli molto fratturati alterati con limo argilloso in vene di quarzo	gneiss fratturato	micascisto e gneiss debolmente alterato fratturato		
92.40					
94.50	scisti micacei molto fessurati	scisti micacei compatti debolmente fratturati alterati con limo argilloso in vene di quarzo	gneiss fratturato in vene di quarzo		gneiss localmente quarzoso mediamente fratturato
96.40					
100.50					cataclasite breccia
103.50					
104.50	micascisto e gneiss debolmente alterato fratturato				
107.30		micascisto e gneiss debolmente alterato fratturato			
108.00	micascisto e gneiss debolmente alterato fratturato				
115.40		micascisto e gneiss debolmente alterato fratturato			
115.95	micascisto e gneiss debolmente alterato fratturato				
117.40		micascisto e gneiss debolmente alterato fratturato			

LEGENDA

- depositi sciolti
- depositi misti sciolti con trovanti
- contatto depositi - basamento
- ammasso roccioso

Allegato 2 B – Stratigrafie semplificate dei sondaggi eseguiti per la galleria F4 dell'impianto idroelettrico di Pont-Ventoux; dal sito dell'ARPA Piemonte

http://webgis.arpa.piemonte.it/website/geo_dissesto/w_arpa_ib_geotecnica/viewer.htm