

Partie commune franco-italienne
Traité du 29/01/2001

Tratta comune italo-francese
Trattato del 29/01/2001

NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTE COMUNE ITALO FRANCESE - TRATTA IN TERRITORIO ITALIANO
CUP C11J05000030001

PROGETTO PRELIMINARE IN VARIANTE
CHIARIMENTI ED INTEGRAZIONI

IDROGEOLOGIA
(Commissione VIA – Richieste N°14a,c,d)
(Regione Piemonte – Richieste N°2a,b,d,f,g,h)

Indice	Date / Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	15/12/2010	Emissione per commenti	TORRI (SEA)	G. VENTURINI	M. FORESTA L. CHANTRON A. MANCARELLA

N° Doc	P	P	2	C	3	0	T	S	3	1	1	4	1	0	P	A	N	O	T
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero					Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED / INDIRIZZO GED	C30	//	//	55	01	14	10	01

ECHELLE / SCALA

-



1.	INTRODUZIONE	5
1.1	STRUTTURA DEL DOCUMENTO	7
2.	RILEVAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE	8
2.1	CARATTERIZZAZIONE DELLE ZONE DI FAGLIA	10
2.2	IDENTIFICAZIONE E DEFINIZIONE DEI DOMINI STRUTTURALI OMOGENEI	11
2.2.1	DOMINIO STRUTTURALE AMBIN - VENAUS	12
2.2.2	DOMINIO STRUTTURALE MOMPANTERO	12
2.2.3	DOMINIO STRUTTURALE ORSIERA	13
2.3	INDICE RMR	13
3.	ANALISI DELLE PROVE IDRAULICHE ESEGUITE NEI SONDAGGI GEOGNOSTICI	15
4.	CARATTERIZZAZIONE IDROGEOCHIMICA	17
4.1	SETTORE DEL TUNNEL DI BASE	19
4.1.1	VERSANTE DESTRO VAL CENISCHIA	19
4.1.2	VERSANTE SINISTRO VAL CENISCHIA	20
4.2	SETTORE DEL TUNNEL DELL'ORSIERA	22
5.	I COMPLESSI IDROGEOLOGICI	24
5.1	CARATTERISTICHE DEI COMPLESSI	24
5.2	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DRENATE DALLE OPERE SOTTERRANEE	25
6.	MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO	26
6.1	TUNNEL DI BASE	26
6.1.1	ZONA BRIANZONENSE DELLA VANOISE: SETTORE AVRIEUX-ETACHE (PK 34+170 ÷ 39+800)	26
6.1.2	UNITÀ D'AMBIN (PK 39+800 ÷ 55+050)	27
6.1.3	ZONA A SCAGLIE TETTONICHE (PK 55+050 ÷ PK 56+075)	27
6.1.4	ZONA PIEMONTESE (PK 57+150 ÷ 60+640)	28
6.2	TUNNEL DELL'ORSIERA	28
6.2.1	COMPLESSO MEANA - M. MURETTO (PK 63+760 ÷ 65+300)	28
6.2.2	SETTORE DEI COMPLESSI GNEISS TIPO "PIETRA DI LUSERNA" E DEL METAGRANITO DI BORGONE – PK 65+300 ÷ 67+100	29
6.2.3	SETTORE DEL COMPLESSO POLIMETAMORFICO – PK 67+100 ÷ 75+400	30
6.2.4	SETTORE DEL COMPLESSO GNEISS TIPO "PIETRA DI LUSERNA" – PK 75+400 ÷ 79+950	30
6.2.5	SETTORE DEL COMPLESSO DEL METAGRANITO DI BORGONE – PK 79+950 ÷ 80+350	31
7.	ATTRAVERSAMENTO NEI DEPOSITI SCIOLTI	32
7.1	PIANA DI SUSÀ	32

7.1.1	IDROGEOLOGIA	32
7.1.2	GEOTECNICA	35
7.2	PIANA DELLE CHIUSE	35
7.2.1	IDROGEOLOGIA	35
7.2.2	GEOTECNICA	37
7.2.3	VALUTAZIONE PRELIMINARE DELL'EFFETTO DIGA NELLA PIANA DELLE CHIUSE	37
8.	SINTESI DELL'ANALISI DEI RISCHI IDROGEOLOGICI NEI TRATTI ALLUVIONALI	41
8.1	PERMEABILITÀ ELEVATE CON CONSEGUENTI VENUTE D'ACQUA DIFFUSE	41
8.1.1	SETTORI A RISCHIO	41
8.1.2	MISURE DI MITIGAZIONE PREVISTE	41
8.2	EFFETTO DIGA	41
8.2.1	SETTORI A RISCHIO	41
8.2.2	MISURE DI MITIGAZIONE PREVISTE	41
8.3	INSTABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO	42
8.3.1	SETTORI A RISCHIO	42
8.3.2	MISURE DI MITIGAZIONE PREVISTE	42
8.4	PRESENZA DI FENOMENI DI SUBSIDENZA IN SUPERFICIE	42
8.4.1	SETTORI A RISCHIO	42
8.4.2	MISURE DI MITIGAZIONE PREVISTE	42
9.	VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULLE RISORSE IDRICHE	43
9.1	RISULTATI DELLO STUDIO DI IMPATTO SUI PUNTI ACQUA	44
9.1.1	SETTORE DEL TUNNEL DI BASE	44
9.1.2	SETTORE DEL TUNNEL DELL'ORSIERA	47
9.2	MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO	48
9.2.1	SETTORE DEL TUNNEL DI BASE	49
9.2.2	SETTORE DEL TUNNEL DELL'ORSIERA	49
10.	ZONE DI CRITICITÀ IDROGEOLOGICA NELLO SCAVO DELLE GALLERIE	51
11.	SOLUZIONI PROGETTUALI PER LO SCAVO IN PRESENZA DI ACQUA	53
11.1	SCAVO IN TRADIZIONALE	53
11.2	SCAVO IN MECCANIZZATO	54
11.2.1	FRESA DA ROCCIA (TBM APERTA)	54
11.2.2	FRESA DA TERRENO (EPB/SLUURY SHIELD)	56
11.3	SONDAGGI IN AVANZAMENTO	57
11.4	SALUBRITÀ DEI LUOGHI DI LAVORO	57
	ALLEGATO 1 - SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DEI PUNTI ACQUA RELATIVI AL MONITORAGGIO 2009 - 2010	58

ALLEGATO 2 – STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI REALIZZATI DA LTF NELLA CAMPAGNA D'INDAGINI GEOGNOSTICHE 2009 - 2010	66
ALLEGATO 3A - ELENCO DEI PUNTI ACQUA PER I QUALI LA VALUTAZIONE DELLA PROBABILITÀ D'ISTERILIMENTO È STATA REALIZZATA IN RIFERIMENTO AL TUNNEL DI BASE, CON I VALORI DEI PRINCIPALI PARAMETRI CHE DETERMINANO L'INDICE DHI	67
ALLEGATO 3B - ELENCO DEI PUNTI ACQUA PER I QUALI LA VALUTAZIONE DELLA PROBABILITÀ D'ISTERILIMENTO È STATA REALIZZATA IN RIFERIMENTO AL TUNNEL DELL'ORSIERA, CON I VALORI DEI PRINCIPALI PARAMETRI CHE DETERMINANO L'INDICE DHI	76

1. Introduzione

Il presente elaborato è redatto quale documento integrativo in riferimento alle osservazioni formulate dalla Commissione Tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (comunicazione dell'11/10/2010 n° prot. CTVIA-2010-003504) nell'ambito del procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale del Progetto Preliminare in Variante della Nuova Linea Torino Lione – Parte comune Italo Francese – Tratta in Territorio Italiano. Tale procedura integra le osservazioni e richieste d'integrazione formulate dalla Regione Piemonte, Direzione trasporti, Infrastrutture, Mobilità e Logistica, Settore Infrastrutture Strategiche.

La presente nota è finalizzata a soddisfare le osservazioni della stessa Commissione VIA e della Regione Piemonte e in particolare per quanto concerne la componente tecnica **Idrogeologia e risorse idriche**.

Osservazioni Commissione VIA:

14 – Componente ambientale: Suolo e Sottosuolo

Problematiche idrogeologiche:

- *A. Approfondire il grado di conoscenza dell'assetto idrogeologico di dettaglio, in particolare nei settori dove sono state individuate le principali situazioni di criticità geomeccanica e idrogeologica, esponendo le soluzioni progettuali che si intendono proporre per eseguire gli scavi in condizioni di sicurezza e superare le zone più critiche e gli accorgimenti da adottare, in caso di venute di acque particolarmente calde di origine profonda (fino a circa 50°), per la salubrità e la sicurezza delle maestranze impegnate nei lavori non sufficientemente descritte nel SIA;*
- *C. Descrivere gli interventi previsti in caso di venute d'acqua durante la fase di scavo della galleria e quali interventi si prevedano per impedire il drenaggio durante l'esercizio delle gallerie. Dovrà inoltre essere specificato il tipo di macchinario che si utilizzerà per lo scavo dei vari tratti motivandone le scelte;*
- *D. Nei tratti delle piane alluvionali in cui il tracciato dell'opera corre all'aperto, in viadotto o rilevato, o in trincea profonda, con falda a pochi metri o prossima al piano campagna, si ritiene opportuno eseguire, anche in questa fase preliminare, un'attenta analisi sulle possibili variazioni del regime delle falde e una valutazione dell'entità delle interferenze tra la falda e i fronti di scavo della trincea, valutando, anche le possibili modificazioni morfologiche, gli effetti di subsidenza, le interruzioni dei flussi indotti dallo scavo e dall'opera, in settori di pianura antropizzati e le eventuali soluzioni previste per mitigarne gli effetti.*

Osservazioni Regione Piemonte:

2 – Idrogeologia e risorse idriche

Inquadramento idrogeologico

- *A. Per gli aspetti inerenti la permeabilità secondaria, e quindi riguardanti la circolazione idrica nell'ammasso fratturato, occorrerà effettuare un rilevamento strutturale di dettaglio finalizzato alla caratterizzazione dei sistemi di fratturazione principali che possono veicolare (appunto tramite permeabilità secondaria) ingenti quantitativi d'acqua, attraverso una campagna sul terreno che percorra un corridoio corrispondente alla proiezione in superficie del tunnel;*
- *B. per gli aspetti inerenti la permeabilità primaria, e quindi riguardanti la circolazione idrica nel mezzo poroso: occorrerà effettuare valutazioni generali sulle*

interferenze dell'opera nel suo complesso (non solo i tratti in galleria) con l'andamento della sottostante falda evidenziando le criticità che si dovessero presentare;

- *D. nella Piana di Susa e di Chiuse deve essere realizzato un modello idrogeologico e di circolazione della falda, basato sul monitoraggio di una rete specifica;*
- *F: per quanto attiene all'impatto sulle risorse idriche, viene utilizzato solo un indice di isterilimento delle sorgenti da parte dei tunnel (DHI) senza rendere noti i dati utilizzati per il calcolo. Mancano valutazioni sulla compromissione qualitativa e sugli impatti causati dalle opere connesse (cantieri, viabilità, ...ecc). Manca la valutazione dell'impatto sui pozzi nelle zone di pianura. Tali valutazioni devono essere supportate da dati di monitoraggio sul regime delle sorgenti;*
- *G: mancano i piani di approvvigionamento di emergenza dei comuni le cui captazioni idropotabili ricadono nelle aree di influenza delle opere in progetto;*
- *H: per ciò che concerne l'approvvigionamento idropotabile del comune di Giaglione, si ritiene che il cantiere Clarea e la viabilità connessa possano interferire in modo evidente con il sistema di approvvigionamento e i vincoli di salvaguardia: è quindi necessario un approfondito studio per la localizzazione di un pozzo sostitutivo da perforarsi nella subalvea del Clarea ubicato in posizione idonea e allacciato alla rete prima dell'apertura del cantiere;*

I contenuti dell'elaborato di integrazione sono definiti in riferimento a quanto già espresso e presentato nella documentazione di dettaglio del Progetto Preliminare. In particolare ci si riferisce alle relazioni geologiche, geotecniche e idrogeologiche prodotte per

- la descrizione geologico-strutturale del corridoio di studio;
- il riconoscimento dei principali sistemi di fratturazione e per la loro caratterizzazione in chiave idrogeologica;
- la definizione dei principali sistemi di flusso nelle zone di pianura dove sono previste le opere all'aperto o a bassa copertura

In particolare, le campagne di rilevamento geologico – strutturale e idrogeologico si sono svolte in un'area che costituisce un corridoio di circa 4 km a cavallo dell'ipotesi di tracciato della tratta italiana della parte comune del tracciato della Nuova Linea Torino-Lione.

Oltre alla lettura della presente nota, quindi, si rimanda alla consultazione dei seguenti elaborati facenti parte del Progetto Preliminare:

- *PP2/C3B/TS3/0037 - Relazione geologica generale di sintesi*
- *PP2/C3B/TS3/0046 - Relazione idrogeologica generale di sintesi*
- *PP2/C3B/TS3/0047 - Carta Idrogeologica Generale 1di2*
- *PP2/C3B/TS3/0048 - Carta Idrogeologica Generale 2di2*
- *PP2/C3B/TS3/0049 – Pianta idrogeologica quota galleria 1di2*
- *PP2/C3B/TS3/0050 – Pianta idrogeologica quota galleria 2di2*
- *PP2/C3B/TS3/0051 - Relazione punti acqua e analisi rischio*
- *PP2/C3B/TS3/0052 – Carta Rischio Impatto sorgenti 1di2*
- *PP2/C3B/TS3/0053 – Carta Rischio Impatto sorgenti 2di2*

- PP2/C3B/TS3/0054 – *Profilo idrogeologico di sintesi*
- PP2/C3B/TS3/0055 – *Schema idrogeologico 3D*
- PP2/C3B/TS3/0080 - *Tunnel di Base – Relazione Geologia Generale*
- PP2/C3B/TS3/0106 - *Tunnel Orsiera - Relazione Geologia Generale*
- PP2/C3B/TS3/0098 - *Piana di Susa – Relazione geologica e idrogeologica*
- PP2/C3B/TS3/0118 - *Piana delle Chiuse – Relazione geologica e idrogeologica*

1.1 **Struttura del documento**

Il documento è strutturato in modo tale da descrivere l'articolato processo che porta alla definizione del Modello Idrogeologico di Riferimento (§ 6) e dei Complessi Idrogeologici (§ 5) attraverso:

- la caratterizzazione geologico-strutturale e geomeccanica dell'ammasso roccioso (rilevamento geologico-strutturale e realizzazione delle stazioni geomeccaniche - § 2);
- la caratterizzazione idrodinamica (prove di permeabilità - §3) ;
- l'analisi dei caratteri idrogeochimici dei flussi che alimentano le sorgenti lungo i versanti vallivi (analisi chimiche e isotopiche delle acque - § 4).

2. Rilevamento geologico – strutturale

La descrizione dell'assetto geologico strutturale e idrogeologico dell'ammasso roccioso è stata realizzata in coerenza rispetto alle conoscenze attuali. Il dettaglio delle indagini realizzate fino allo stato attuale, infatti, non permette un grado di conoscenza uniforme su tutta l'area di studio; per i settori non direttamente indagati, si è quindi proceduto per analogia con i settori per i quali si dispongono di misure dirette; per esempio, per il settore del Tunnel dell'Orsiera, se pur siano state riconosciute in superficie le strutture che potenzialmente sono quelle che possono veicolare le maggiori portate qualora intercettate dallo scavo, non sono disponibili dati in sotterraneo e misure dirette per la loro caratterizzazione idrodinamica (i.e. trasmissività, carico idraulico, grado di connessione delle singole fratture e/o dei sistemi di fratturazione).

Si rimanda quindi alle prossime fasi progettuali la realizzazione di studi specifici che permettano uniformare il grado di dettaglio e di quantificare la potenziale capacità di drenaggio in profondità delle strutture riconosciute in superficie attraverso la realizzazione di sondaggi, test di permeabilità e diagrafie in foro (si vede documento PP2/C3B/TS3/0090).

In particolare, le campagne di rilevamento geologico – strutturale e idrogeologico si sono svolte in un'area che costituisce un corridoio di circa 4 km a cavallo dell'ipotesi di tracciato della tratta italiana della parte comune del tracciato della Nuova Linea Torino-Lione.

Per il Progetto Preliminare sono stati considerati (figura 1):

- l'ampia base di dati già disponibili (Progetto CARG) e quelli provenienti dalle campagne di rilevamento già eseguite per lo sviluppo delle ipotesi di tracciato studiate in precedenza (APR, Variante Mista) nonché dai dati raccolti per e dalla realizzazione delle opere connesse alla Centrale Idroelettrica di Pont Ventoux.
- I dati raccolti in seguito alle diverse campagne di rilevamento geologico – strutturale e idrogeologico svolte entro fine 2008 e metà 2010. Queste campagne sono state condotte principalmente lungo una fascia che si sviluppa a cavallo del tracciato del Tunnel dell'Orsiera e nei settori ritenuti più critici per quanto riguarda il Tunnel di Base ovvero, il settore della Zona a Scaglie nei pressi di Venaus, il conoide di Mompantero e la zona di Val Clarea dove affiorano, anche a quote basse, i litotipi afferenti al Complesso di Clarea.

Parallelamente al rilevamento di terreno sono stati eseguiti studi specifici. In particolare:

- i. Rilevamento geologico – strutturale puntuale attraverso la realizzazione di 40 stendimenti per la misurazione dettagliata degli elementi fragili e duttili;
- ii. Fotointerpretazione stereoscopica da foto aeree per il riconoscimento e la distinzione degli elementi geomorfologici sia di versante che delle aree di pianura;
- iii. Fotointerpretazione stereoscopica da foto satellitari (scene ASTER) per delineare il quadro generale dell'assetto strutturale dell'area di studio con attenzione a uniformare il dato di nuova acquisizione con quello già esistente.

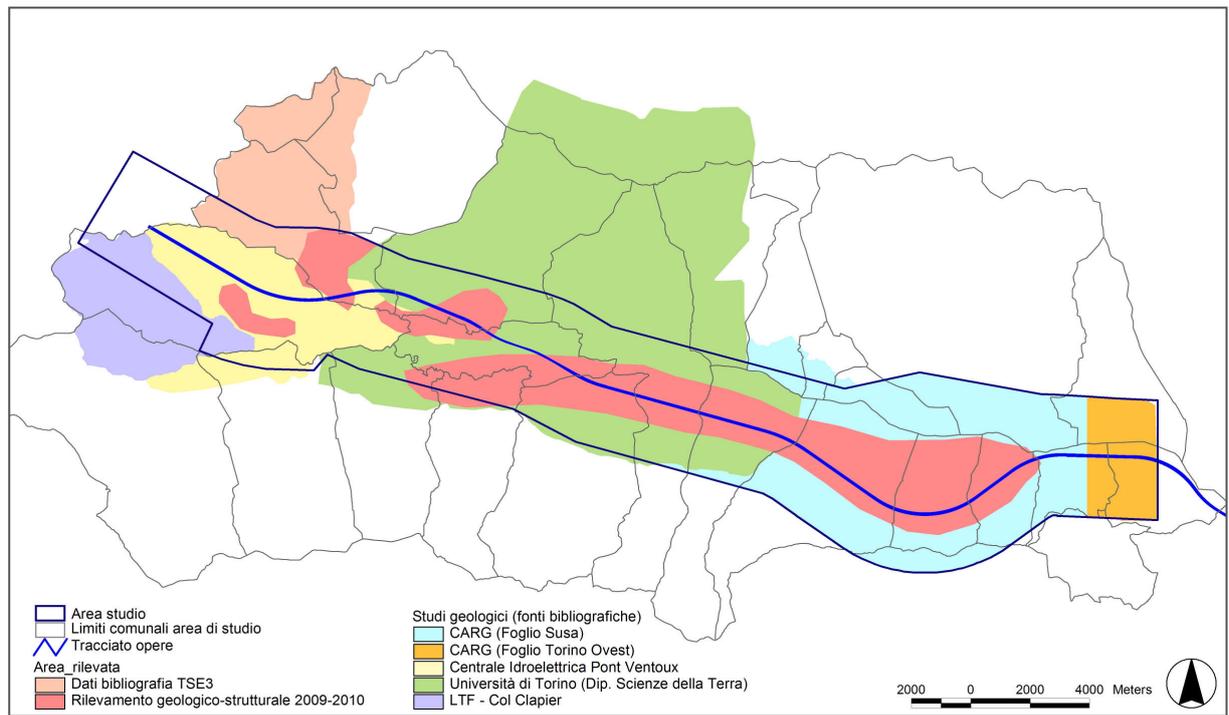


Figura 1 – Area di studio con indicazione delle aree per le quali è stato realizzato il rilevamento geologico-strutturale di dettaglio e delle fonti bibliografiche disponibili e consultate

L'attività di rilevamento geologico – strutturale, alla scala di 1:10'000 si è basato sul seguente approccio metodologico:

- Misura delle coordinate di ciascun punto di osservazione (Stop) mediante GPS. La misura mediante GPS facilita l'ubicazione dei punti di misura durante la restituzione dei dati sulla piattaforma GIS;
- Definizione della forma dell'affioramento roccioso: la carta geologica rappresenta una proiezione sul piano della carta stessa assumendo un punto di vista dall'alto. La definizione della forma degli affioramenti non risponde quindi ad una necessità puramente grafica ma costituisce un passaggio importante al fine di produrre un documento rappresentativo della realtà.
- Identificazione del litotipo o dei litotipi affioranti e attribuzione all'Unità tettono-metamorfica di pertinenza;
- Misura delle giaciture degli eventuali contatti litologici osservati (angolo e direzione di immersione ovvero dip e dip direction);
- Misura della giacitura delle superfici di scistosità e delle eventuali superfici di clivaggio presenti (dip e dip direction);
- Identificazione delle eventuali strutture plicative presenti (pieghe) e descrizione delle loro caratteristiche:
 - Identificazione e misura degli assi, dei piani assiali e delle superfici di clivaggio di piano assiale;
 - Definizione dello “stile deformativo” anche in funzione della reologia del litotipo;
 - Analisi delle eventuali interferenze tra strutture plicative di diversa fase;

- Identificazione della fase deformativa di pertinenza (D1, D2, D3, ecc);
- Identificazione delle eventuali superfici di deformazione di tipo duttile (zone di taglio duttili, bande milonitiche, ecc), caratterizzazione composizionale, misura della loro giacitura (dip e dip direction) e definizione del senso di movimento laddove riconoscibile;
- Caratterizzazione della porzione di ammasso dal punto di vista della tettonica fragile:
 - Identificazione delle famiglie di giunti presenti e delle loro caratteristiche geomeccaniche (apertura, persistenza, rugosità, eventuali riempimenti);
 - Misura della loro giacitura (dip e dip direction)
 - Definizione, per ogni famiglia di giunti misurata, del loro numero per unità di volume, al fine di definire il grado di fratturazione dell'ammasso;
 - Identificazione e misura della giacitura di eventuali Master Joint;
- Identificazione e caratterizzazione delle eventuali strutture deformative fragili (zone di faglia e zone di taglio fragili). Tali strutture rappresentano forse l'elemento di maggiore importanza per le implicazioni, in termini idrogeologici e geomeccanici, che possono determinare sulla progettazione e sulla realizzazione dell'opera. La metodologia adottata nella caratterizzazione e nell'identificazione delle strutture osservabili nelle zone di faglia è descritta in dettaglio nel seguito.

2.1 Caratterizzazione delle zone di faglia

L'identificazione e la caratterizzazione delle zone di faglia è basata sull'analisi e descrizione degli elementi costitutivi caratteristici sia in termini composizionali e morfologici, ovvero delle Rocce di Faglia e della Salbanda di Deformazione, sia in termini geometrici con il riconoscimento delle diverse superfici presenti nella stessa zona di faglia. Il fine è quello di classificare le zone di faglia sia dal punto di vista gerarchico (Zone di faglia principali e secondarie) sia dal punto di vista geometrico (orientazione dei diversi sistemi di faglia, senso di movimento).

Per quanto riguarda la classificazione gerarchica, la suddivisione in zone di faglia principali e zone di faglia secondarie si basa sulla potenza delle rocce di faglia e, subordinatamente, della salbanda di deformazione. La suddivisione adottata è quindi la seguente:

1. Zone di faglia principali: zone di faglia caratterizzate da rocce di faglia di potenza > 1 m. Generalmente le zone di faglia principali, complessivamente (rocce di faglia + salbanda di deformazione) mostrano potenze superiori a 5 metri;
2. Zone di faglia secondarie: zone di faglia caratterizzate da rocce di faglia di potenza < 1 m. La potenza complessiva (rocce di faglia + salbanda di deformazione) delle zone di faglia secondarie è di circa 2 - 3 metri.

Una descrizione sintetica degli elementi che costituiscono le zone di faglia e assunti come base per la classificazione gerarchica è presentata nel seguito.

- **Rocce di Faglia**: le rocce di faglia rappresentano la porzione più interna della zona di faglia lungo la quale si è concentrata la maggior parte della deformazione. Sono queste le porzioni in cui la roccia originaria, per effetto della frizione e della circolazione di fluidi, è stata trasformata dal punto di vista mineralogico e tessiturale, dando luogo alle rocce di faglia comprendono: brecce, cataclasi, gauge sabbiosi, gauge argillosi.

Da un punto di vista idrogeologico, esse costituiscono generalmente delle barriere pressoché impermeabili che impediscono il flusso in senso trasversale favorendo, in questo caso, la compartimentazione dell'acquifero in roccia e concentrando i flussi in senso longitudinale.

- **Salbanda di deformazione:** la salbanda di deformazione rappresenta la porzione più esterna, su entrambi i lati, della zona di faglia e costituisce la zona di transizione tra la faglia stessa e la porzione sana e indeformata dell'ammasso. Si tratta di una fascia lungo la quale la deformazione è stata meno concentrata rispetto alla porzione centrale e ove non sono state prodotte rocce di faglia. In genere la salbanda di deformazione è caratterizzata da un grado di fratturazione più intenso rispetto alle porzioni indisturbate dell'ammasso. Talvolta, inoltre, all'interno della salbanda si riconoscono superfici di faglia minori generate in seguito alla localizzazione della deformazione lungo giunti persistenti all'incirca paralleli al piano di faglia principale. Queste porzioni ammasso risultano quelle a più alta permeabilità lungo le quali si concentrano i flussi idrici; la presenza di sistemi di giunti a forte persistenza garantisce la connessione di queste bande di fratturazione con le zone di ricarica in superficie e costituite da altri sistemi di fratturazione dell'ammasso.

2.2 Identificazione e definizione dei Domini Strutturali Omogenei

Anche per la caratterizzazione idrodinamica dell'ammasso è stato necessario definire una partizione delle diverse porzioni di territorio studiato in domini strutturali caratterizzati da condizioni omogenee dello stress tettonico all'origine della fratturazione dell'ammasso e della sua distribuzione nello spazio. La definizione dei **Domini Strutturali Omogenei (DSO)** si fonda sul rilievo di superficie dei dati strutturali duttili e fragili e sulla loro elaborazione statistica. Nella definizione dei domini riconosciuti nell'ambito del presente studio si è tenuto in conto dei seguenti elementi strutturali:

- Andamento della scistosità principale
- Orientazione delle zone di faglia

In funzione dell'andamento della scistosità e, soprattutto, dell'orientazione delle zone di faglia (sia osservate nell'ambito del presente studio sia ricavate dai dati bibliografici), l'area di studio è stata suddivisa in 3 Domini Strutturali Omogenei:

- Dominio Strutturale Ambin – Venaus
- Dominio Strutturale Mompantero
- Dominio Strutturale dell'Orsiera

I limiti dei 3 domini identificati non sono ovviamente netti in quanto la transizione tra un contesto strutturale e quello adiacente può essere graduale (ad esempio per aumento della spaziatura tra le faglie di uno stesso sistema e incremento della spaziatura tra le faglie di un altro sistema) e non coincidono con i settori in cui sono ubicate le opere (Tunnel di Base, Piana di Susa, Tunnel dell'Orsiera, Piana delle Chiuse).

Nel seguito sono descritti sinteticamente i domini strutturali riconosciuti. Ai fini della caratterizzazione idrogeologica dell'ammasso si è posto l'accento sull'assetto strutturale fragile dell'ammasso in modo da mettere in evidenza la presenza di sistemi di fratturazione più o meno persistenti. Si farà inoltre riferimento ai risultati del rilevamento geologico-strutturale puntuale durante il quale, attraverso l'esecuzione delle stazioni geomeccaniche sono stati misurati, tra l'altro, la spaziatura, persistenza, apertura, scabrezza, rugosità,

riempimento e alterazione delle discontinuità osservate. Questi parametri contribuiscono alla caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso e delle zone di fratturazione (§ 2.3) che viene integrata nella caratterizzazione idrodinamica e nell'attribuzione di un litotipo a un determinato complesso idrogeologico.

Per maggior dettagli, si rimanda agli elaborati:

PP2/C3B/TS3/0037_Geologia_A

PP2/C3B/TS3/0046_Idrogeologia_B

PP2/C3B/TS3/0063_Neotettonica e Sismicità_B

PP2/C3B/TS3/0064_SchemaTettonicoNeotettonico_A

2.2.1 Dominio Strutturale Ambin - Venaus

Il dominio strutturale Ambin – Venaus si estende, lungo il tracciato, dal confine di stato fino alla progressiva 57+500 circa. Tale dominio comprende le seguenti unità tettono – metamorfiche:

- Unità di Ambin: Basamento pre-triassico, Complesso di Clarea e Copertura Mesozoica Parautoctona;
- Zona a Scaglie Tettoniche;
- Parte della Zona Piemontese ovvero parte delle Unità di Fossa Puy – Venaus e associate Unità Oceaniche.

Assetto strutturale fragile

Per quanto riguarda l'assetto strutturale fragile, il dominio Ambin – Venaus appare caratterizzato dalla dominanza di zone di faglia principali e corridoi di fratturazione con orientazione NE-SW e immersione verso SE secondo angoli elevati. (Sistema di Faglie della Media Val Susa). Nell'ambito del presente studio il sistema dominante in questo settore è stato denominato **SF1**. Tali strutture rappresentano gli elementi che maggiormente possono determinare la possibilità di circolazioni idriche in profondità anche alla quota delle gallerie.

Un sistema secondario con orientazione E/NE-W/SW (**SF2**): con strutture immergenti a SE e strutture coniugate immergenti a NW, con angoli generalmente da medi a elevati (circa 50-70°) a cui è associata la Faglia di Venaus lungo la quale si trovano orizzonti di carniole che determinano un incremento locale di permeabilità per dissoluzione dell'ammasso roccioso.

2.2.2 Dominio Strutturale Mompantero

Il dominio strutturale di Mompantero si estende tra la zona dell'imbocco di valle del Tunnel di base e la zona dell'imbocco di monte del Tunnel dell'Orsiera.

Le unità tettono – metamorfiche comprese in questo dominio sono le seguenti:

- Parte della Zona Piemontese con le Unità di Fossa Puy – Venaus e le unità di ofioliti di pertinenza oceanica;
- L'Unità Incertae Sedis (Zona a Scaglie di Cantalupo);
- Parte dell'Unità Dora Maira (Basamento pre - triassico e relative unità di copertura permo-mesozoica).

Assetto strutturale fragile

Per quanto riguarda l'assetto strutturale fragile, il sistema di faglie principale dominante appare orientato secondo direzioni N - S secondo angoli elevati (sistema **SF3**). A questo

sistema appartengono anche strutture secondarie, per lo più orientate in direzione NE – SW lungo le quali i dati idrogeolchimici testimoniano la presenza di circuiti idrici che, se pur brevi, sono impostati in roccia.

2.2.3 Dominio Strutturale Orsiera

Il dominio strutturale dell'Orsiera coincide all'incirca con il settore del Tunnel dell'Orsiera e comprende essenzialmente l'Unità del Dora Maira (Basamento pre - triassico e Copertura Permo-mesozoica).

Assetto strutturale fragile

Per quanto riguarda l'assetto strutturale fragile nel dominio Orsiera sono stati osservati tre sistemi di faglie principali predominanti:

1. **SF1** con orientazione circa NE – SW (N20°E) lungo il quale si ipotizza la presenza di circuiti idrici alimentati dalle porzioni di ammasso coinvolti in fenomeni di deformazione gravitativa profonda (DGPV);

Sono inoltre presenti zone di faglia secondarie appartenenti al sistema SF3.

Va inoltre segnalata la presenza di Master Joint orientati secondo le direzioni dei sistemi K2 (circa E - W) e K3 (circa N - S). In particolare i Master Joint del sistema K3 sono presenti in fasci di strutture di potenza complessivamente compresa tra i 30 e i 60 metri e con spaziatura tra le singole superfici compresa tra 5 e 10 metri circa. I Master Joint del sistema K2 appaiono invece generalmente come strutture isolate. Si ipotizza che lungo tali strutture possano svilupparsi circuiti idrici che nel caso vengano intersecati dallo scavo possono determinare portate puntuali anche importanti.

2.3 Indice RMR

L'Indice RMR (Rock Mass Rating) di Bieniawski (1989, con referenze) permette di fornire una classificazione dell'ammasso roccioso in funzione delle sue caratteristiche geomeccaniche. Queste vengono a loro volta stimate in funzione di una serie di parametri elencati di seguito:

- Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta
- Valore di RQD (Rock Quality Designation)
- Spaziatura delle discontinuità
- Condizioni delle discontinuità (persistenza, apertura, rugosità, riempimento e alterazione)
- Condizioni idrauliche
- Orientazione delle discontinuità rispetto alla direzione di avanzamento dello scavo

Una sintesi delle caratteristiche geomeccaniche definite per i diversi litotipi lungo il tracciato e per le zone di faglia è riportata nella tabella seguente.

<i>Litologia prevalente</i>	<i>Formazione</i>	<i>Condizioni generali</i>	<i>Instabilità locale</i>	<i>comportamento spingente</i>	<i>RMR</i>	<i>GSI</i>	<i>Gruppo Geomeccanico</i>
Massiccio d'Ambin							
micascisti	Complesso di Clarea	buone	si	no	III (P), II (S)	55-65	G3, G4
gneiss	Complesso d'Ambin	molto buone	si	no	II (P), I (S)	70-80	G2, G3
quarziti	Coperture permotriassiche	discrete/buone	si	si	III (P), IV, II (S)	50-60	G3, G4, G6
Zona Piemontese							
calcescisti	Zona a Scaglie, U. Puys-Venaus	discrete/buone	no	si	III (P), II, IV (S)	50-60	G4, G5, G6
gneiss	Gneiss di Charbonnel	buone	no	si	II (P), III, IV (S)	55-65	G4, G5, G6
metabasiti	U. Valle di Susa, Rocciavré, Valle di Viù	discrete	si	si	III (P), II, IV (S)	50-60	G4, G5, G6
Massiccio Dora Maira							
calcemiacascisti	Meana-Monte Muretto	discrete/buone	si	si	III (P), II, IV (S)	50-60	G4, G5, G6
gneiss	Gneiss tipo Pietra di Luserna	buone	si	si	II (P), III, IV (S)	55-65	G3, G6
granitoidi	Metagranito di Borgone	buone/molto buone	si	no	III (P), II (S)	60-70	G4, G3
micascisti	Complesso Polimetamorfico	discrete/buone	si	si	III (P), II, IV (S)	50-60	G4, G5, G6
gneiss	Leucogneiss a tormalina	buone	si	si	II (P), III, IV (S)	55-65	G3, G6
Zone di faglia e di disturbo tettonico							
Faglie principali	-	pessime	si	si	IV (P), V (S)	20-30	G10
Faglie secondarie	-	pessime	si	si	IV (P), III (S)	20-30	G5, G9
Master joint	-	scarse	si	no	IV (P), II, IV (S)	40-45	G4, G5, G6

Tabella 1 – Caratteri geomeccanici principali delle unità geologiche attraversate dalle opere di progetto. Sono riportati, per ogni litotipo, i valori e le classi di RMR, GSI e i gruppi geomeccanici di riferimento.

3. Analisi delle prove idrauliche eseguite nei sondaggi geognostici

Per la valutazione del grado di permeabilità dei terreni e delle rocce interessate dalla realizzazione della tratta internazionale della linea Torino-Lione sono stati analizzati i risultati di 301 prove idrauliche. Le formazioni litologiche sono state quindi raggruppate in complessi idrogeologici omogenei coerentemente a quanto riportato in APR/PR.

L'insieme delle prove idrauliche prese in considerazione in questa fase di progettazione, è rappresentato nella tabella 2.. Le prove in foro sono state raggruppate secondo la litologia per le quali è stato definito il campo di variabilità della permeabilità in termini di limiti inferiore e superiore e valore centrale.

Complesso idrogeologico	n° prove	Lunghezza testata (m)	Codice sondaggi	K_{min} (m/s)	K_{med} (m/s)	K_{max} (m/s)
Carniole	0	0	-	-	-	-
Rocce carbonatiche	9	430	F31, F53bis	3.00E-11	2.40E-07	1.00E-05
Calcescisti Marmorei	19	151	S11	3.00E-07	2.70E-06	1.00E-05
Quarziti	48	4056	F10, F17, F20, F21, F22, F24, F25, F33, F37, F56, F57, F66t, F80	3.00E-11	7.80E-07	3.00E-03
Metabasiti e Rocce Verdi	3	15	S9	1.00E-08	5.20E-08	1.00E-07
Zone milonitiche principali	0	0	-	-	-	-
Micascisti, Gneiss	37	1258	F5, F21, F23, F24, F30, F30b, F56, F57, F66T, F80, S4, S5, S23	3.00E-11	4.10E-08	1.00E-06
Calcescisti e Flysch	46	300	S8, S9, S12, S24, S25	1.00E-11	1.00E-07	1.00E-06
Zona dell'Houiller arenacea	66	899	F13, F32, F54b, F55, F66, F66t, F70, F71, F72b, F74, F74b	1.00E-09	2.40E-06	1
Zona dell'Houiller scistosa	8	602	F54, F68	3.00E-11	7.90E-09	1.00E-03
Anidriti	0	0	-	-	-	-
Dolomie e marmi dolomitici con anidriti	45	4080	F20, F31, F48b, F67, SDA (Sondaggio Diretto da Avrieux)	1.00E-10	1.10E-07	1
Coltre detritico-colluviale, depositi alluvionali, depositi di conoide e detritici	20	20	S15, S16, S19, S20, S22, S65, S67	3.00E-06	1.20E-05	1.00E-05
Depositi glaciali indifferenziati	0	0	-	-	-	-
Depositi lacustri	0	0	-	-	-	-

Tabella 2 – Prove idrauliche in foro distinte per litologie e risultati dell'analisi statistica con indicazione dei valori di permeabilità (K) minima, medi e massima per ciascun complesso idrogeologico

I complessi con la permeabilità meglio definita sono a priori quelli maggiormente testati, cioè:

- le quarziti (4a) che, nella tratta in territorio italiano sono rappresentate dalle coperture del Massiccio d'Ambin (QSE);
- le dolomie ed i marmi dolomitici (8b) con circa 4000 m testati in ogni formazione con una quarantina di prove che caratterizzano alcuni lembi e orizzonti che costituiscono le coperture del massiccio d'Ambin sul versante francese;
- i Micascisti ed i Gneiss (complesso 5, 1260 m, 37 prove), che costituiscono l'intero tratto del Tunnel di Base che attraversa le rocce di basamento del Massiccio d'Ambin (Unità di Clarea e d'Ambin). Al complesso idrogeologico 5 sono state attribuite le unità di basamento del Massiccio Dora Maira attraversati dal Tunnel dell'Orsiera. Si specifica, però, che lungo il tracciato di quest'ultimo non sono stati realizzati sondaggi. La loro caratterizzazione idrogeologica è quindi stata realizzata per comparazione con quanto osservato nei sondaggi realizzati lungo il Tunnel di Base;

- in territorio francese, la Zona arenacea dell'Houiller (complesso 7a, 900 m, 66 prove), la Zona scistosa dell'Houiller (complesso 7b, 600 m, 8 prove), le rocce carbonatiche che costituiscono il complesso 2 (testati 430 m su 9 prove);
- i calcescisti marmorei testati nel sondaggio S11, in territorio italiano, ma che non interessano le litologie attraversate dalle attuali opere di progetto; esso infatti era stato realizzato nell'ambito della progettazione della galleria di Bussoleno;
- la caratterizzazione idrogeologica dei depositi quaternari è stata recentemente dettagliata dalla realizzazione di cinque sondaggi, 4 nella Piana di Susa e 1 nella Piana di Chiuse.

Gli altri insiemi sono stati poco, se non addirittura per nulla, investigati e riguardano soprattutto i complessi del Tunnel dell'Orsiera.

4. Caratterizzazione Idrogeochimica

Questo paragrafo rappresenta una sintesi dei dati prodotti nell'ambito del "Monitoraggio della risorsa idrica" lungo il tracciato e iniziato da LTF in luglio 2009 e attualmente in corso.

Nell'ambito di tale attività è stato realizzato un censimento dei punti acqua (sorgenti, pozzi, piezometri, ecc) esistenti nel corridoio di studio e sono realizzate campagne di analisi di laboratorio sulle acque di tipo chimico, isotopico, radiometrico e batteriologico. I punti acqua considerati nel presente lavoro sono complessivamente 396; si rimanda al documento di progetto PP2/C3B/TS3/0051_ "Relazione punti acqua e analisi di rischio" per la descrizione di dettaglio dei punti acqua studiati.

Di seguito è riportata una sintesi dello studio realizzato nell'ambito del Progetto Preliminare in cui sono descritti i risultati principali.

Tramite l'analisi dei risultati delle misure fisico – chimiche raccolte sul terreno e i risultati delle analisi di laboratorio realizzate sulle acque delle sorgenti e dei punti acqua campionate è stato possibile individuare differenti sistemi di flusso e di caratterizzarli in relazione al grado di interazione delle acque con i litotipi presenti nel settore di studio.

Le sorgenti e i punti acqua analizzati sono localizzati in territorio italiano e sono compresi nell'area delimitata riportata in Figura 2.

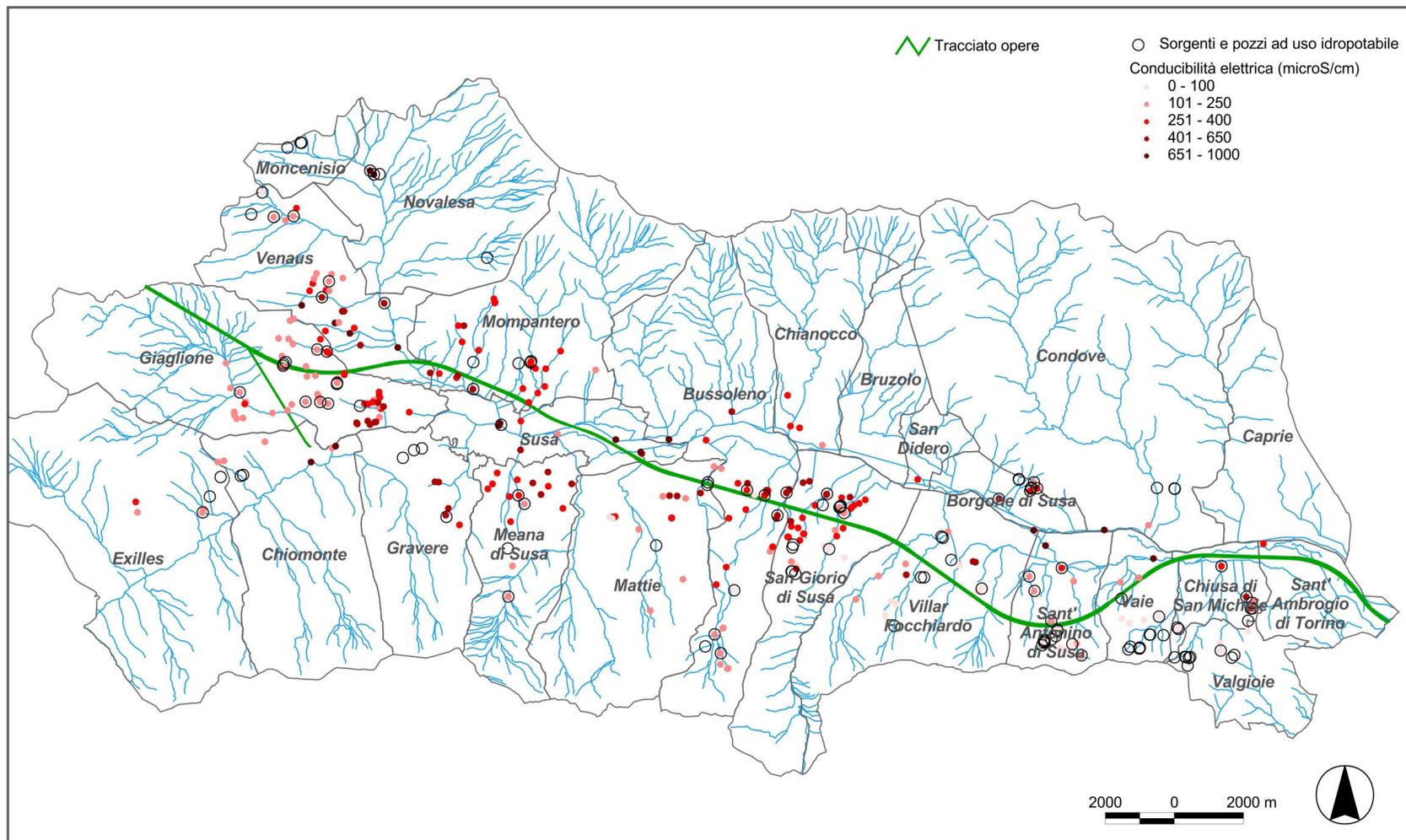


Figura 2 – Distribuzione dei punti acqua nell'area di studio e loro conducibilità elettrica media. Sono riportate inoltre le sorgenti e i pozzi ad uso idropotabile.

I dati utilizzati per l'analisi dei principali costituenti ionici delle acque campionate fanno riferimento alle campagne di misura dei mesi di novembre 2009 e di febbraio 2010.. Le valutazioni di tipo geochemico eseguite quindi rappresentano una prima stima riguardo la maturità delle acque ovvero una prima stima qualitativa della maggiore o minore lunghezza e profondità dei sistemi di flusso. Allo stesso modo, l'analisi dei dati fornisce una prima valutazione sui tipi di rocce con cui le acque hanno interagito.

Nelle tabelle in **allegato 1** sono riportati per ogni sorgente alcuni elementi di base utili alla comprensione del suo sistema di flusso. Per le sorgenti che probabilmente rappresentano le emergenze di circuiti relativamente profondi e quindi con maggiori potenzialità di interazione con le opere in sotterraneo sono state riportate delle descrizioni di maggior dettaglio nei paragrafi successivi.

Ai fini di una maggior comprensione dei circuiti idrici che probabilmente alimentano le diverse sorgenti, nelle tabelle sono riportate le seguenti abbreviazioni:

***SQ** – sistema di flusso superficiale in depositi quaternari*

***SR** – sistema di flusso superficiale in roccia (profondità < 300 m) e nelle porzioni di ammasso detenzionato per deformazione gravitativa*

***PR** – sistema di flusso profondo nel substrato roccioso (profondità > 300 m)*

Per quanto riguarda la tipologia di acquifero che ospita le circolazioni idriche sono stati distinti:

***P** – circuiti in mezzi porosi*

***A** - circuiti ammasso detenzionato (DGPV)*

***D** – circuiti lungo orizzonti di dissoluzione*

***F** – circuiti lungo faglia*

***f** – circuiti lungo reticolo di fratture*

4.1 Settore del Tunnel di Base

4.1.1 Versante destro Val Cenischia

In questo settore le sorgenti analizzate presentano caratteri idrogeochimici specifici del contesto geologico e strutturale in cui si riconoscono elementi peculiari:

- acquifero di fondovalle della Val Cenischia caratterizzato da una permeabilità di grado medio – alta; esso ospita una falda freatica in equilibrio con il reticolo idrografico superficiale (T. Cenischia) ed è alimentato oltre che dai conoidi laterali, dai circuiti in roccia di cui rappresenta probabilmente il livello di base;
- fasce intensamente tettonizzate (Zona a Scaglie Tettoniche) che interessano porzioni del basamento roccioso relativamente superficiali in cui prevalgono fenomeni di dissoluzione chimica di livelli evaporitici (carniole);
- fenomeni gravitativi che interessano ampie porzioni superficiali del basamento roccioso (DGPV) che costituiscono acquiferi con permeabilità assimilabile ai terreni porosi;
- bande di fratturazione persistente ma spaziata all'interno dei litotipi gneissici e micascistosi del Massiccio d'Ambin che si prolungano probabilmente a profondità elevate paragonabili a quelle del Tunnel di Base.

La maggior parte dei punti acqua analizzati presenta composizione bicarbonato – calcica ed è alimentata da circuiti superficiali con tempi di permanenza media nel sottosuolo brevi.

Si tratta delle acque campionate lungo il versante destro della Val Cenischia che circolano soprattutto all'interno delle porzioni detenzionate del massiccio (DGPV) o comunque in circuiti che si sviluppano all'interno dei depositi quaternari lungo i versanti. Questi circuiti non interessano direttamente le porzioni di massiccio roccioso alla quota del tunnel. È comunque possibile che possano alimentare

circuiti più profondi impostati all'interno delle bande di fratturazione profonda con le quali potrebbero essere in connessione idraulica.

Alcune che presentano salinità ionica intermedia (AST2, 3, 4, 5) testimoniando un grado di interazione con la roccia maggiore quindi la presenza di circuiti più lunghi.

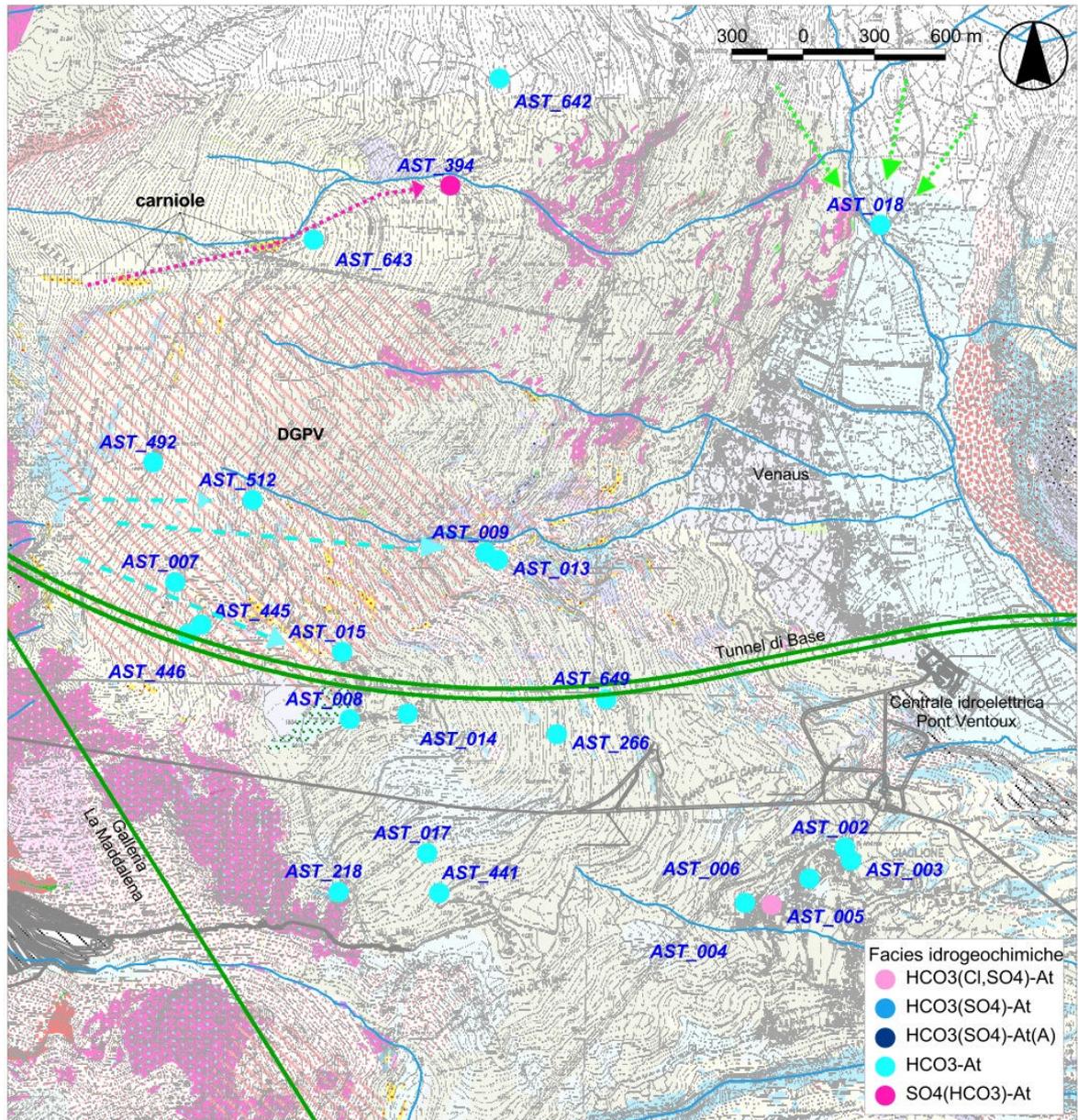


Figura 3 – Ubicazione e facies idrogeochimica delle sorgenti nel settore del Tunnel di Base coincidente con il versante destro della Val Cenischia (settore Ambin – Venaus).

Alcune sorgenti (AST394 e AST18) sono caratterizzate da bassi tenori in K ed elevati tenori in SO₄. Queste acque potrebbero, dato l'assetto geologico locale, derivare da circuiti in roccia, più o meno lunghi che lisciviano litotipi a composizioni sia carbonatico/evaporitica (gessi) che silicatica (gneiss e micascisti).

4.1.2 Versante sinistro Val Cenischia

Lungo il versante sinistro della Val Cenischia, nel tratto interessato dallo scavo del Tunnel di Base i punti acqua monitorati con analisi chimiche mostrano perlopiù facies idrochimica bicarbonato alcalina

tipica di circuiti brevi e generalmente superficiali. Tuttavia non mancano acque che presentano un grado superiore di interazione con i litotipi e i depositi sciolti che affiorano in questo settore.

Le sorgenti campionate hanno generalmente chimismo tipico per circuiti idrici superficiali mentre le acque campionate nei piezometri e nei pozzi ubicati lungo il fondovalle Cenischia presentano un chimismo di tipo variamente solfatico con tenori in alcali che talvolta possono divenire significativi.

È il caso delle acque campionate al pozzo AST244, localizzato in sinistra Cenischia allo sbocco di un conoide laterale; la sua composizione è tipica di circuiti relativamente lunghi in rocce o depositi quaternari costituiti principalmente da litotipi silicatici (gneiss e scisti).

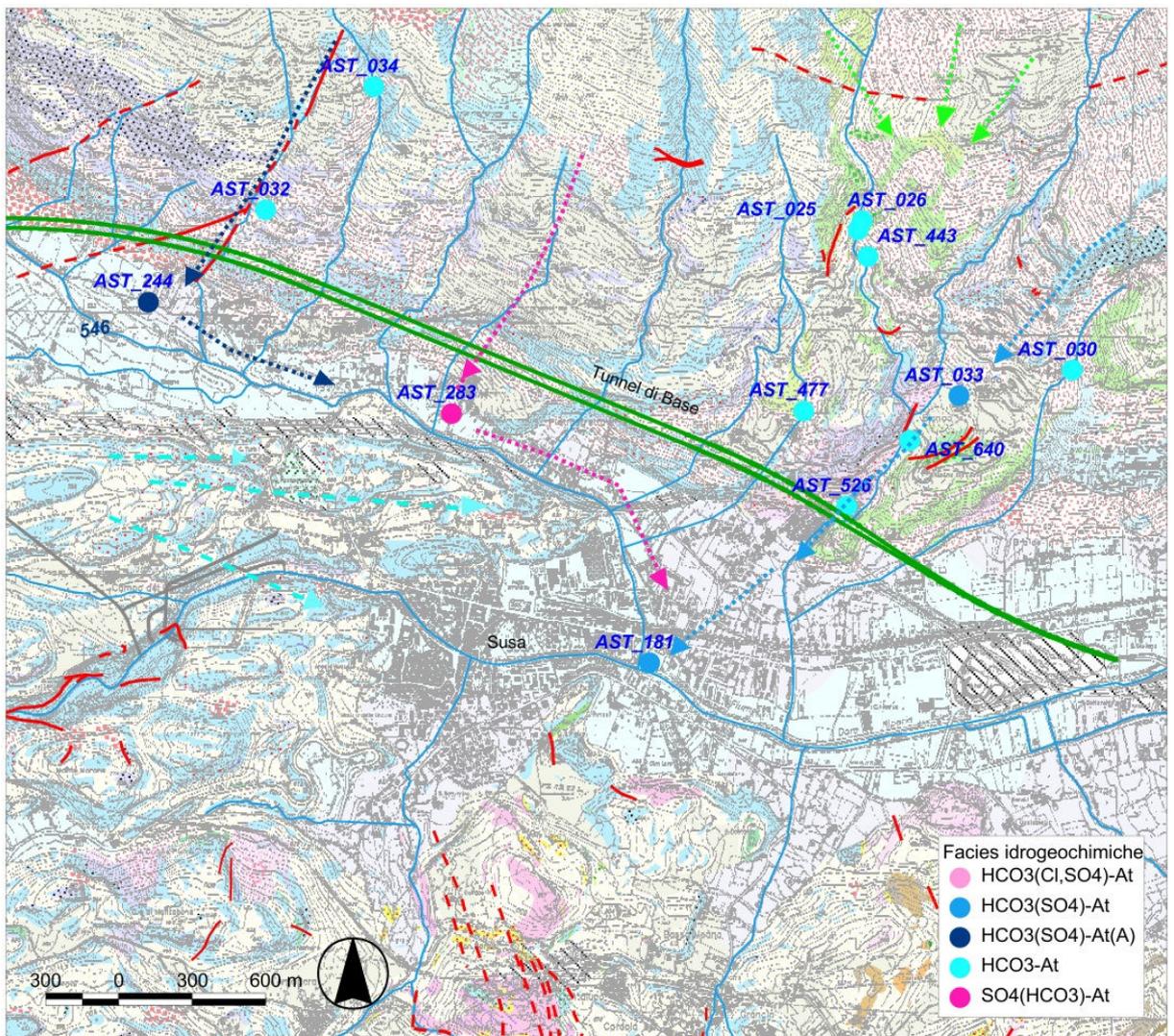


Figura 4 – Ubicazione e facies idrogeochimiche delle sorgenti nel settore del Tunnel di Base coincidente con il versante sinistro della Val Cenischia (settore di Mompantero).

Tali condizioni potrebbero quindi essere connesse all'esistenza di circuiti misti sia all'interno dei depositi di conoide e di fondovalle che lungo le faglie a direzione N60°E che caratterizzano il versante sinistro della Val Cenischia che si impostano all'interno dei potenti orizzonti di gneiss di Charbonnel che caratterizzano questo versante. La sfumatura solfatica riconosciuta in alcune sorgenti (AST25, 26 e 34) potrebbe essere connessa alla lisciviazione di livelli di gessi e carniole che caratterizzano le faglie e i contatti tettonici di questo settore.

4.2 Settore del Tunnel dell'Orsiera

Nel settore del Tunnel dell'Orsiera la stragrande maggioranza dei punti acqua campionati per le analisi chimiche presenta un'impronta geochimica tipica di circuiti brevi con basso grado di interazione con la frazione solida degli acquiferi.

Si tratta di circuiti più o meno lunghi in rocce e depositi quaternari costituiti principalmente da litotipi silicatici (gneiss e micascisti).

Tra le sorgenti esaminate alcune presentano un tenore in solfati relativamente più importante. Si tratta delle sorgenti AST163, 161, 585, 552 e 554 che si trovano allineate lungo un lineamento che riprende l'orientazione del sistema di faglie N20°E che caratterizzano questo settore della Valle di Susa. Tale arricchimento è associato verosimilmente alla lisciviazione di solfuri all'interno di rocce silicatiche (metagranitoidi e micascisti).

Seguendo questo schema è possibile ipotizzare che le sorgenti rappresentino la scaturigine di uno stesso circuito alimentato nei settori a monte del versante, dove è cartografata la presenza di ampie zone in dissesto profondo (DGPV), e che si sviluppa all'interno di un corridoio di fratturazione fornendo acque via via più ricche spostandosi verso valle.

Tra queste, le sorgenti a più alta salinità si trovano infatti a quota più bassa (AST161, 163) a cui corrisponde un valore di conducibilità elettrica misurata sul terreno più alta (circa 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Le sorgenti poste più in quota (AST554 e 552) hanno salinità ionica più bassa e una conducibilità elettrica inferiore da 80 a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Da questa prima analisi non è quindi da escludere che il tracciato del Tunnel dell'Orsiera possa intersecare questo tipo di circuito idrico con la conseguente possibilità d'impatto sui regimi delle sorgenti che a questi afferiscono.

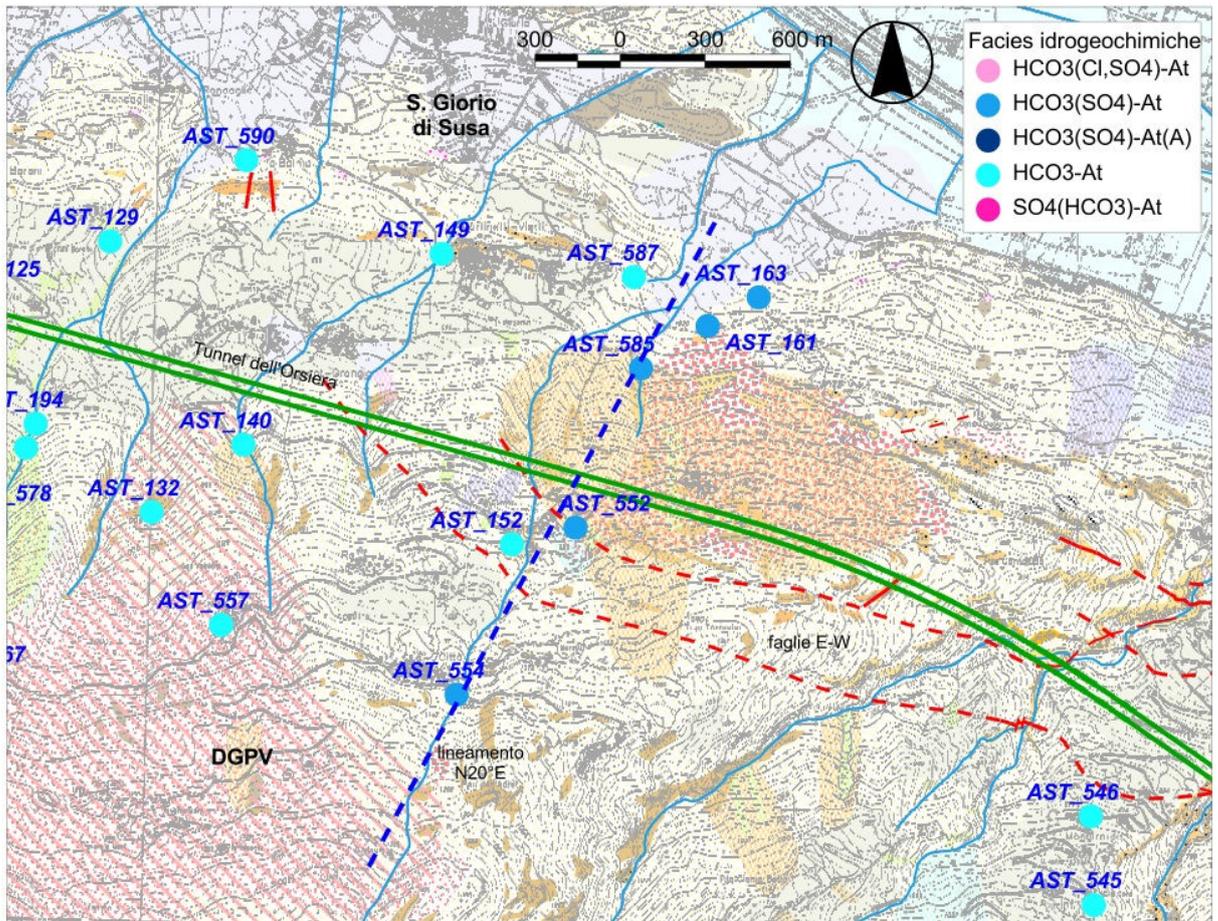


Figura 5 – Ubicazione e facies idrochimiche delle sorgenti campionate nel settore centrale del Tunnel dell'Orsiera. Tra queste le sorgenti con facies idrochimica bicarbonato – solfato – calciche (AST163, 161, 585, 552 e 554)

Nel profilo schematico che segue è raffigurato il modello concettuale del tipo di circuito appena descritto con rappresentate le ipotetiche linee di flusso che possono verificarsi lungo faglia.

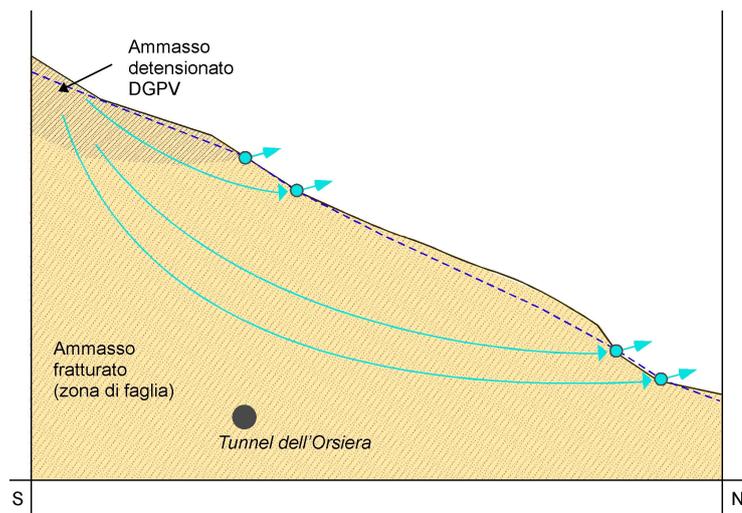


Figura 6 – Profilo schematico che descrive i flussi ipotizzati lungo faglia (settore del Tunnel dell'Orsiera)

5. I complessi idrogeologici

5.1 Caratteristiche dei complessi

Sulla base dell'assetto geologico-strutturale, del comportamento geomeccanico, della caratterizzazione idrogeologica fornita dalle prove in foro e idrogeochimica fornita dalle analisi chimiche di laboratorio, le differenti litologie previste lungo il tracciato sono state raggruppate in complessi idrogeologici caratterizzati ciascuno da comportamento idrogeologico omogeneo ovvero da un solo tipo di permeabilità (primario o secondario) che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto. Il grado di permeabilità è stato attribuito in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso sia in condizioni standard di fratturazione che in condizioni particolari ovvero lungo le zone di faglia e le zone di più intensa fratturazione.

Per ciascun complesso idrogeologico è stato inoltre valutata, se pur solo qualitativamente, la presenza di fenomeni di dissoluzione chimica, in particolare per le litofacies calcareo - dolomitiche ed evaporitiche, dal momento che tale fenomeno è in grado di condizionare fortemente il drenaggio delle acque sotterranee.

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

Complesso idrogeologico / Complexes hydrogéologiques		Grado di permeabilità / Degré de perméabilité				Tipo di permeabilità / Type de perméabilité
		molto basso - basso / très bas - bas	basso - medio / bas - moyen	medio - alto / moyen élevé	alto - molto alto / élevé - très élevé	
		K1<1E-8 m/s	1E-8>K2>1E-6	1E-6>K3>1E-4	K4>1E-4	
1	Carniole, breccie tettoniche Cargneules, breches tectoniques					D
2	Rocce carbonatiche Roches carbonatées					F/D
3	Scisti carbonatici e metadolomie Calcschistes et métadolomies					F/D
4a	Quarziti Quartzites					F
4b	Metabasiti e rocce verdi Métabasites et roches vertes					F
5	Micascisti e gneiss Micaschistes et gneiss					F
6	Calcescisti e flysch Calcschistes et flysch					F
7a	Houillère arenaceo Houiller gréseux					F
7b	Houillère scistoso Houiller schisteux					F
8	Dolomie e marmi dolomitici con anidriti Dolomies et marbres dolomitiques avec anhydrites					F/D
Q1	Depositi quaternari detritici e alluvionali Dépôts quaternaires détritiques et alluviaux					P
Q2	Depositi glaciali indifferenziati Dépôts glaciaires indifférenciés					P
Q3	Depositi lacustri Dépôts lacustres					P

Tabella 3 – Complessi idrogeologici distinti nell'ambito del Progetto Preliminare

Gli acquiferi e gli acquicludi in roccia presentano, nella maggior parte dei casi, una scarsa se non nulla permeabilità di tipo primario. Il deflusso idrico sotterraneo è dunque determinato dalla permeabilità di tipo secondario, la cui entità è strettamente dipendente dal grado di fratturazione e dall'interconnessione

dei sistemi di fratture. In condizioni ordinarie di fratturazione degli ammassi, ed in assenza di discontinuità fragili importanti, quali faglie o estese fasce di fratturazione, varia mediamente tra $1e-07$ e $1e-09$ m/s. All'interno delle rocce carbonatiche (marmi, calcescisti e lungo le zone di contatto tra le principali unità - brecce tettoniche o "Carniole") si può osservare un aumento locale della permeabilità lungo le discontinuità, dovuto ad associati fenomeni di dissoluzione. I valori del coefficiente di permeabilità di queste rocce si collocano intorno a $1e-05$ m/s.

5.2 Valutazione delle portate drenate dalle opere sotterranee

In questa fase è stata eseguita una serie di valutazioni di tipo qualitativo al fine di caratterizzare le venute d'acqua lungo il tracciato attuale, il loro contesto geo - idrogeologico ed esprimendo la potenzialità che le venute si verificano in un determinato tratto.

Sui profili idrogeologici sono riportati i seguenti elementi:

- portate specifiche in regime stabilizzato espresse in l/s/km;
- venute puntuali stimate in regime stabilizzato (l/s);
- portata cumulata in regime stabilizzato (l/s)

La caratterizzazione delle potenziali venute in galleria è stata eseguita descrivendo la possibilità che le venute in galleria siano connesse i) a fenomeni carsici, ii) alla presenza di faglie e/o iii) a intensa fratturazione dell'ammasso.

Nel bilancio complessivo delle portate previste, particolare importanza assumono le venute puntuali che rappresentano il 60 e il 75% delle portate totali drenate rispettivamente dal Tunnel di Base e dal Tunnel dell'Orsiera.

Per quanto concerne le venute puntuali ovvero le venute intercettate in corrispondenza delle faglie (o fasce d'intensa fratturazione) e dei condotti carsici l'approccio adottato attribuisce a ciascun accidente geologico reputato idrogeologicamente attivo una portata fissa in funzione delle caratteristiche geologiche e della probabilità che essa possa spingersi fino a quota delle opere. L'entità delle venute puntuali è stata stabilita sulla base della retro analisi dei dati ottenuti durante lo scavo di gallerie in contesti simili a quelli che caratterizzano il Tunnel di Base e del Tunnel dell'Orsiera.

Nel caso di attraversamento di una faglia, si presuppone possibile trattare i terreni in modo da controllare le venute d'acqua in galleria fino a limitare la portata stabilizzata delle venute d'acqua a loro associate ad un massimo a di 50 l/s. Nel caso di attraversamento di un condotto carsico o zona di forte dissoluzione, una portata puntuale di massimo 75 l/s è stata considerata per valutare i potenziali apporti da parte del condotto di dissoluzione a valle degli interventi per il trattamento dell'ammasso.

Per la consultazione dei dettagli del metodo utilizzato per la valutazione delle portate e i risultati di tale valutazione si rimanda al documento di progetto PP2/C3B/TS3/0046 "Relazione idrogeologica generale di sintesi".

6. Modello idrogeologico di riferimento

In seguito alla caratterizzazione strutturale, alle diverse prove in situ (prove in sondaggio, misure fisiche sul campo) e in laboratorio (analisi chimiche delle acque), è stato stabilito un primo modello idrogeologico di riferimento con definizione dei complessi idrogeologici e conseguente portata specifica, stima dell'ubicazione delle zone di venute d'acqua.

I dettagli del modello idrogeologico di riferimento sono descritti nel documento di progetto PP2/C3B/TS3/0046 “Relazione idrogeologica generale di sintesi”.

Di seguito sono riportati i caratteri idrogeologici principali lungo il tracciato delle opere.

Sono esclusi i tratti in cui lo scavo e/o la realizzazione delle opere è previsto in terreni sciolti (sottoattraversamento della Val Cenischia, Piana di Susa e Piana delle Chiuse) che saranno discussi al capitolo 7.

6.1 Tunnel di Base

Gli elementi di seguito descritti sono riportati nel profilo idrogeologico di sinetasi alla scala 1:25000 facente parte della documentazione generale di progetto (cfr PP2/C3B/TS3/0054 “Profilo idrogeologico di sintesi”).

Le criticità idrogeologiche maggiori per ciascun settore sono elencate in tabella in cui, per ognuno di queste, sono descritte le possibili misure di mitigazione che possono essere adottate prima e durante gli scavi.

6.1.1 Zona brianzonese della Vanoise: settore Avrieux-Etache (pk 34+170 ÷ 39+800)

In questo settore sono presenti livelli evaporitici e carbonatici a quali potrebbero essere associati fenomeni di dissoluzione chimica con formazione di strutture carsiche. Se intercettate queste sono responsabili di venute d'acqua importanti di natura sia puntuale che diffuso. Sono state considerate 2 venute di tipo puntuale associate all'intersezione durante gli scavi di altrettanti orizzonti principali di dissoluzione. Non sono previste acque con temperature elevate, tuttavia la composizione evaporitica delle rocce di questo settore potrebbe fornire una spiccata componente solfatica alle acque drenate in galleria.

<i>Criticità</i>	<i>Possibili misure di mitigazione</i>
Fenomeni carsici o micro carsici	Esecuzione di indagini in avanzamento per identificare le strutture carsiche – Drenaggio in avanzamento per ridurre le portate delle eventuali venute d'acqua puntuali
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione
Acque aggressive	Analisi chimiche delle acque drenate e, nel caso, utilizzo di calcestruzzi con classe d'esposizione idonea (rif. UNI EN 206) Eventuale captazione separata delle acque aggressive

6.1.2 Unità d'Ambin (pk 39+800 ÷ 55+050)

Da un punto di vista idrogeologico, le rocce cristalline afferenti all'unità di dell'Ambin sono caratterizzate da permeabilità di grado generalmente basso. Malgrado in questo settore del tracciato le coperture sulla galleria siano elevate (1000 – 2000 m) e si possa presupporre che la maggior parte delle fratture sia chiusa, gli studi mettono in evidenza la possibilità che corridoi di fratturazione con direzione WSW - ENE (settore tra il Vallone di Savine e la Val Clarea) possano influenzare il comportamento idrodinamico dell'ammasso a quota galleria. Le condizioni idrogeologiche a quota tunnel, allo stato attuale, rimangono, però, solo ipotizzabili, soprattutto per quanto riguarda il grado di permeabilità delle zone fratturate. Sono previste acque a temperatura superiore a 30°C tra le pk 39 e 53 circa.

Le prove idrauliche eseguite alla verticale dei sondaggi S4 e S5 evidenziano un mezzo a permeabilità omogenea (permeabilità comprese tra 1e-07 e 1e-08 m/s); la permeabilità dovrebbe essere più ridotta nel cuore del massiccio, tranne forse in coincidenza dei grandi corridoi di fratturazione. Sono state ipotizzate 3 venute puntuali in corrispondenza dei settori ad intensa fratturazione.

<i>Criticità</i>	<i>Possibili misure di mitigazione</i>
Venute d'acqua puntuali con alte pressioni	Esecuzione di indagini in avanzamento per identificare le strutture con associate venute puntuali con sistema di contenimento delle pressioni idrostatiche (BOP – Blowout Preventer) Drenaggio in avanzamento per ridurre le portate e le pressioni delle eventuali venute d'acqua puntuali
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione
Acque a temperatura elevata (>30°C)	Installazione di sistema di ventilazione adeguato – esecuzioni di indagini in avanzamento per l'individuazione di venute d'acqua calda – Verifica di possibilità di valorizzazione della risorsa

6.1.3 Zona a scaglie tettoniche (pk 55+050 ÷ pk 56+075)

L'effetto della presenza di strutture idrogeologicamente attive (orizzonti di dissoluzione e faglie) alternate all'interno di una massa di calcescisti e gneiss può determinare condizioni di particolare criticità locale per la formazione di venute puntuali.

Questi orizzonti sono costituiti da fasce di cataclasi carbonatiche caratterizzate da fenomeni di dissoluzione chimica (carsismo) che attribuiscono alle acque una composizione solfatica potenziamente aggressiva nei confronti dei calcestruzzi.

Il tracciato del Tunnel di Base in questo settore è orientato parallelamente rispetto alle opere di Pont Ventoux e passa circa 200 - 400 metri più a nord a una quota più bassa di circa 40 metri; in questo punto una potenziale criticità è rappresentata dal fatto che le gallerie andranno ad intercettare un orizzonte metrico di carniole, associate alla zona a scaglie. In tale configurazione non è quindi da escludere che il Tunnel di Base diventi l'elemento di drenaggio del massiccio posto a quota più bassa.

La possibilità che si verifichino venute d'acqua puntuali in galleria in questo settore sono elevate (sono state riconosciute 4 venute puntuali associate ad altrettanti orizzonti di dissoluzione). La loro entità e persistenza sarà funzione delle condizioni di equilibrio idrodinamico attuali raggiunte in seguito alla realizzazione delle opere sotterranee dell'impianto di Pont Ventoux che hanno drenato fortemente il massiccio.

Allo stato attuale delle conoscenze si può ipotizzare che il livello piezometrico all'interno del massiccio sia stabilizzato a una quota pari alle opere sotterranee dell'impianto di Pont Ventoux (ovvero 50 – 100 metri sopra la quota del Tunnel di Base) e che si raccordi verso E - NE al fondovalle del T. Cenischia.

<i>Criticità</i>	<i>Possibili misure di mitigazione</i>
Fenomeni carsici o micro carsici	Esecuzione di indagini in avanzamento per identificare le strutture carsiche – Drenaggio in avanzamento per ridurre le portate delle eventuali venute d'acqua puntuali
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione
Acque aggressive	Analisi chimiche delle acque drenate e, nel caso, utilizzo di calcestruzzi con classe d'esposizione idonea (rif. UNI EN 206)

6.1.4 Zona Piemontese (pk 57+150 ÷ 60+640)

I litotipi della Zona Piemontese, affioranti in questo settore sono caratterizzati da permeabilità di grado basso eventualmente incrementato a medio e medio - alto in corrispondenza di fasce di fratturazione intensa. Non sono previste condizioni di particolare criticità. Sono previste due venute puntuali di debole intensità.

<i>Criticità</i>	<i>Possibili misure di mitigazione</i>
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione

6.2 Tunnel dell'Orsiera

Per il settore del Tunnel dell'Orsiera le valutazioni di carattere idrogeologico sono state realizzate sulla base del rilievo geologico, geologico-strutturale e idrogeologico di superficie che ha permesso di gerarchizzare le strutture potenzialmente responsabili, qualora intercettate durante lo scavo, di determinare condizioni di particolare criticità. Il monitoraggio fisico-chimico dei punti acqua presenti in questo settore ha permesso di identificare le facies idrogeochimiche delle acque che circolano all'interno degli acquiferi e di verificare quindi la possibilità che vi siano circuiti idrici in roccia che si spingono fino alla quota del tunnel. In linea generale, i dati mettono in luce che la maggior parte delle acque analizzate sono alimentate da circuiti superficiali che si impostano all'interno della coltre di depositi quaternari. In alcuni settori, sono stati riconosciuti circuiti in roccia che si impostano lungo faglia.

6.2.1 Complesso Meana - M. Muretto (pk 63+760 ÷ 65+300)

Il grado di permeabilità dell'ammasso roccioso con condizioni di fratturazione media è generalmente da basso a medio. Non sono presenti fenomeni di dissoluzione che potrebbero influenzare il grado di permeabilità. I carichi idraulici a quota tunnel sono stimati da 100 a 300 m.

In galleria, sono previste condizioni generalmente asciutte/umide per i tratti di roccia sana. Venute puntuali da deboli a forti sono previste in corrispondenza dell'intersezione con le zone di fratturazione principali qualora queste si prolungassero in profondità fino alla quota del tunnel; il loro tempo di decremento sarà funzione del grado di connessione delle zone di fratturazione con aree di potenziale alimentazione dei flussi profondi come le vaste porzioni di ammasso coinvolte in DGPV presenti lungo il versante. Si precisa che i dati finora a disposizione evidenziano come tali porzioni di ammasso non sarebbero intercettate direttamente dallo scavo della galleria. Venute deboli con tempo di esaurimento breve potrebbero avverarsi nel settore d'imbocco Coldimosso, qualora si intercettassero i depositi glaciali indifferenziati.

Non sono previste venute d'acqua con temperature >30°C. Non sono attese acque aggressive sature in solfati.

<i>Criticità</i>	<i>Possibili misure di mitigazione</i>
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione

**6.2.2 Settore dei Complessi Gneiss tipo “Pietra di Luserna” e del Metagranito di Borgone
 – pk 65+300 ÷ 67+100**

Grado di permeabilità dell'ammasso roccioso con condizioni di fratturazione media generalmente da basso a medio. Non sono presenti fenomeni di dissoluzione che potrebbero influenzare il grado di permeabilità.

Grado di permeabilità delle zone di fratturazione e di faglia principali da basso - medio a medio - alto in corrispondenza della presunta intersezione con le zone di fratturazione e di faglia principali; l'incremento di permeabilità è variabile in funzione della presenza di materiale argilloso e argilloso - sabbioso lungo le zone di faglia (gouge) generalmente poco permeabile; il grado potrebbe aumentare fino ad alto - molto alto in corrispondenza dei sistemi di fratture principali (Master Joint del Rio Gerardo, pk 66+275 circa) che si presentano aperte in superficie e risultano avere persistenza pluriennale.

Carichi idraulici a quota tunnel stimati da 100 a 300 m.

Sono previste, durante lo scavo, condizioni generalmente asciutte/umide per i tratti di roccia sana. Venute puntuali deboli sono previste in corrispondenza dell'intersezione con le zone di fratturazione e di faglia principali; venute puntuali deboli fino talvolta forti sono previste invece in corrispondenza dell'intersezione con le zone di fratturazione (nell'intorno della pk 66+275 - Rio Gerardo); il loro tempo di decremento sarà funzione del grado di connessione delle zone di fratturazione con aree di potenziale alimentazione dei flussi profondi come le vaste porzioni di ammasso coinvolte in DGPV presenti lungo il versante. Si precisa che i dati finora a disposizione evidenziano come tali porzioni di ammasso non sarebbero intercettate direttamente dallo scavo della galleria.

Non sono previste venute d'acqua con temperature >30°C. Non sono attese acque aggressive sature in solfati.

<i>Criticità</i>	<i>Possibili misure di mitigazione</i>
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione

6.2.3 Settore del Complesso Polimetamorfico – pk 67+100 ÷ 75+400

Grado di permeabilità dell'ammasso roccioso con condizioni di fratturazione media generalmente da basso a medio. Non sono presenti fenomeni di dissoluzione che potrebbero influenzare il grado di permeabilità. Grado di permeabilità delle zone di fratturazione e di faglia principali basso – medio con possibili incrementi a medio – alto in corrispondenza dell'intersezione con le strutture fragili.

Carichi idraulici stimati a quota tunnel da 250 a 550 m.

Anche in questo settore, durante lo scavo, sono previste condizioni generalmente asciutte/umide per i tratti di roccia sana; condizioni bagnate in corrispondenza della maggioranza delle zone di faglia, che in taluni casi, in corrispondenza delle strutture fragili principali, possono incrementarsi a venute puntuali deboli; il loro tempo di decremento sarà funzione del grado di connessione delle zone di fratturazione con aree di potenziale alimentazione dei flussi profondi come le vaste porzioni di ammasso coinvolte in DGPV presenti lungo il versante. Si precisa che i dati finora a disposizione evidenziano come tali porzioni di ammasso non sarebbero intercettate direttamente dallo scavo della galleria.

Non sono previste venute d'acqua con temperature >30°C. Non sono attese acque aggressive sature in solfati.

Criticità	Possibili misure di mitigazione
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione

6.2.4 Settore del Complesso Gneiss tipo “Pietra di Luserna” – pk 75+400 ÷ 79+950

Grado di permeabilità dell'ammasso roccioso con condizioni di fratturazione media generalmente da basso a medio. Non sono presenti fenomeni di dissoluzione che potrebbero influenzare il grado di permeabilità. Carichi idraulici stimati a quota tunnel da 100 a 500 m.

Condizioni idrauliche in galleria: sono previste condizioni generalmente asciutte/umide per i tratti di roccia sana. Lungo le fasce di fratturazione associate alle faglie principali sono previste venute puntuali in particolare alle seguenti progressive: 76+950, 77+075; 78+320, 78+850 e 79+200. Il loro tempo di decremento sarà funzione del grado di connessione delle zone di fratturazione con aree di potenziale alimentazione dei flussi profondi come le vaste porzioni di ammasso coinvolte in DGPV presenti lungo il versante. Si precisa che i dati finora a disposizione evidenziano come tali porzioni di ammasso non sarebbero intercettate direttamente dallo scavo della galleria. Solamente in corrispondenza del settore di versante a ridosso dell'abitato di Vaie si segnala la presenza di una porzione di versante interessata da fenomeni gravitativi profondi (frana del Penturetto) il cui sviluppo in profondità non è conosciuto; allo stato attuale delle conoscenze non è quindi possibile escludere l'interferenza dello scavo con porzioni di ammasso roccioso coinvolto nei fenomeni di deformazione. I dati dei rilievi in superficie pongono l'emergenza del piede della frana del Penturetto a una quota di circa 450 m slm ovvero circa 100 metri al di sopra dello sviluppo altimetrico del Tunnel dell'Orsiera in questo tratto (circa 350 m slm). Alcune sorgenti censite lungo il versante sono connesse alle circolazioni idriche all'interno del corpo di frana (vedere schema riportato di seguito). Tra queste la sorgente Penturetto captata a fine idropotabile dal Comune di Vaie.

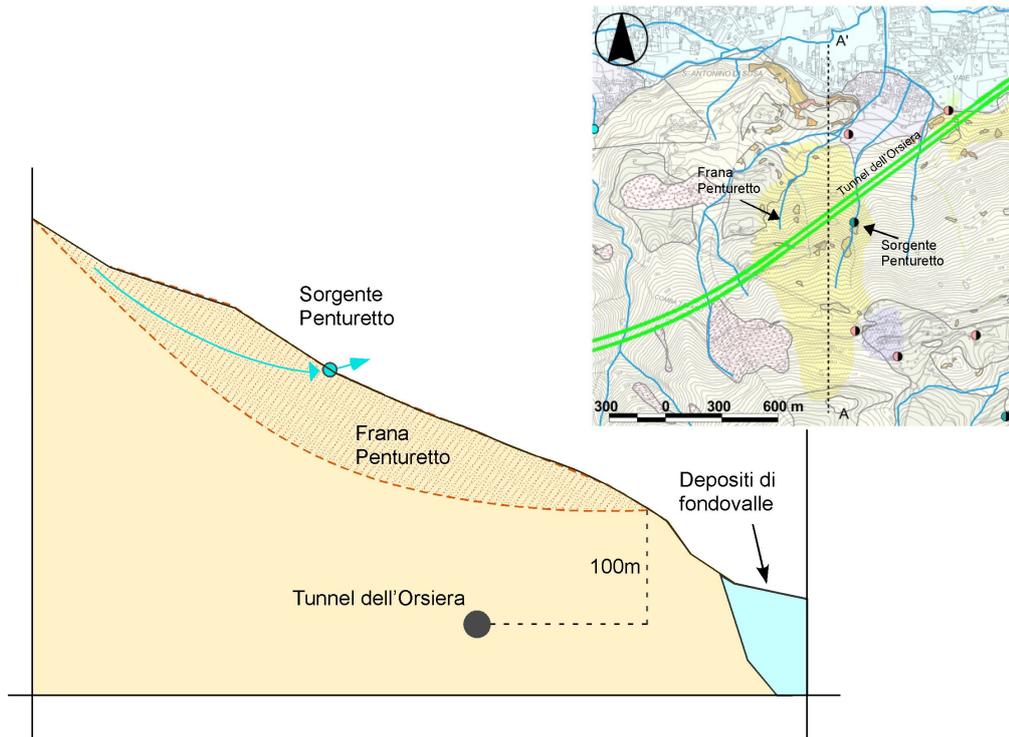


Figura 7 – Schema concettuale dei circuiti che si svilupperebbero all'interno della frana del Penturetto e che ipoteticamente alimentano la sorgente omonima.

Non sono previste venute d'acqua con temperature $>30^{\circ}\text{C}$. Non sono attese acque aggressive sature in solfati.

Criticità	Possibili misure di mitigazione
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione

6.2.5 Settore del Complesso del Metagranito di Borgone – pk 79+950 ÷ 80+350

Grado di permeabilità dell'ammasso roccioso con condizioni di fratturazione media generalmente da basso a medio. Non sono presenti fenomeni di dissoluzione che potrebbero influenzare il grado di permeabilità; carichi idraulici a quota tunnel stimati da 10 a 50 m.

Durante lo scavo, sono previste condizioni generalmente asciutte/umide per i tratti di roccia sana. Non sono tuttavia da escludersi venute puntuali maggiori in corrispondenza dell'interfaccia con i depositi superficiali e in corrispondenza del tratto in cui la roccia è interessata da fenomeni di detensionamento (frana di Rumiano) causando un aumento della permeabilità a grado medio - alto. Tali venute possono essere alimentate direttamente dalla falda del fondovalle dei depositi alluvionali.

Non sono previste venute d'acqua con temperature $>30^{\circ}\text{C}$. Non sono attese acque aggressive sature in solfati.

Criticità	Possibili misure di mitigazione
Venute d'acqua durature	Indagini e drenaggio in avanzamento – Interventi di impermeabilizzazione

7. Attraversamento nei depositi sciolti

Sono di seguito riportate le descrizioni dei modelli idrogeologici definiti per i settori della Piana di Susa e la Piana delle Chiuse.

Per quanto attiene al tratto del Tunnel di Base previsto per il sottoattraversamento della Val Cenischia all'interno dei depositi di fondovalle, si rimanda al documento n°R02c di risposta alla richiesta della Regione Piemonte riguardo a l'inquadramento idrogeologico della Val Clarea e della Val Cenischia.

7.1 Piana di Susa

7.1.1 Idrogeologia

Il fondovalle della Piana di Susa è costituito da depositi alluvionali e torrentizi recenti (Complesso Idrogeologico Q1), non cementati, e da depositi di alluvionali di conoide. IN questo settore sono stati realizzati 4 sondaggi (S65, S66, S67 e S72, Figura 8) le cui stratigrafie sono riportate in **allegato 2**.

I depositi alluvionali presentano un coefficiente di permeabilità mediamente tra 1E-05 e 1E-06 m/s (prove Lefranc nei sondaggi S65, S66 e S67, Tabella 4).

Sond.	Prova Lefranc n°	da (m)	a (m)	K (m/s)	Descrizione
S65	1	7.0	7.5	2.26E-05	Ghiaia medio grossolana con sabbia medio fine e matrice limosa
	2	10.5	11.0	1.42E-05	Ghiaia medio grossolana con sabbia medio fine e matrice limosa
	3	17.5	18.0	3.30E-06	Ghiaia medio grossolana con sabbia medio fine e matrice limosa
	4	23.5	24.0	8.12E-06	Ghiaia medio grossolana con sabbia medio fine e matrice limosa
S66	1	19.5	20.0	2.58E-05	Ghiaia medio grossolana loc. ciottoli con sabbia medio fine loc. limosa grigia
	2	27.0	27.5	1.22E-05	Ghiaia medio grossolana e loc. ciottoli con sabbia medio fine deb. Limosa grigia. Loc. presenti trovanti (max 15 cm)
	3	31.5	32.0	4.25E-06	Ghiaia eterometrica e ciottoli in matrice sabbioso limoso grigia. Loc. presenti trovanti (circa 10 cm)
	4	39.5	40.0	2.30E-06	Ghiaia medio grossolana e ciottoli in matrice sabbiosa fine limosa grigia
	5	48.0	48.5	2.43E-06	Ghiaia medio grossolana e ciottoli in matrice sabbiosa fine loc. limosa grigio marrone
	6	59.0	60.0	1.62E-05	Conglomerato poligenico da poco a moderatamente cementato. Loc. presenti interlivelli alterati e degradati in ghiaia medio grossolana e ciottoli in matrice sabbiosa medio fine marrone
	7	63.0	64.0	2.20E-05	
	8	67.0	68.0	3.70E-06	Conglomerato poligenico poco cementato alterato e degradato in ghiaia medio grossolana e ciottoli in matrice sabbiosa medio fine marrone
	9	75.0	76.0	2.15E-06	Ghiaia medio grossolana e ciottoli in matrice sabbiosa limosa grigio marrone. Loc. presenti interlivello di conglomerato poligenico cementato e trovante (25 cm)
	10	89.0	90.0	1.59E-06	Ghiaia medio grossolana e ciottoli con sabbia medio fine limosa grigia. Interlivellati di conglomerato poligenico deb. cementato
	11	94.0	95.0	1.36E-06	
	12	104.0	105.0	2.27E-07	Ghiaia eterometrica loc. alterata e rari ciottoli in matrice sabbiosa fine loc. limosa grigio marrone
S67	1	7.5	8.0	3.41E-06	Terreno di riporto: ghiaia medio grossolana e ciottoli in matrice sabbiosa e limosa
	2	14.5	15.0	1.16E-05	Ghiaia medio grossolana con sabbia medio fine e matrice limosa

Tabella 4 – Risultati delle prove idrauliche di tipo Lefranc realizzate nei sondaggi S65, S66 e S67.

Nell'area di fondovalle è presente una falda libera con una soggiacenza media di circa 30 m che appare alimentata sia dall'idrografia secondaria e dalle acque provenienti dal versante. È il caso delle alimentazioni provenienti dagli ampi conoidi che bordano il fondovalle (conoidi del rio Scaglione - Figura 8 - e del rio Giandula). Le misurazioni della soggiacenza è eseguita nei sondaggi S65, S66 e S67.

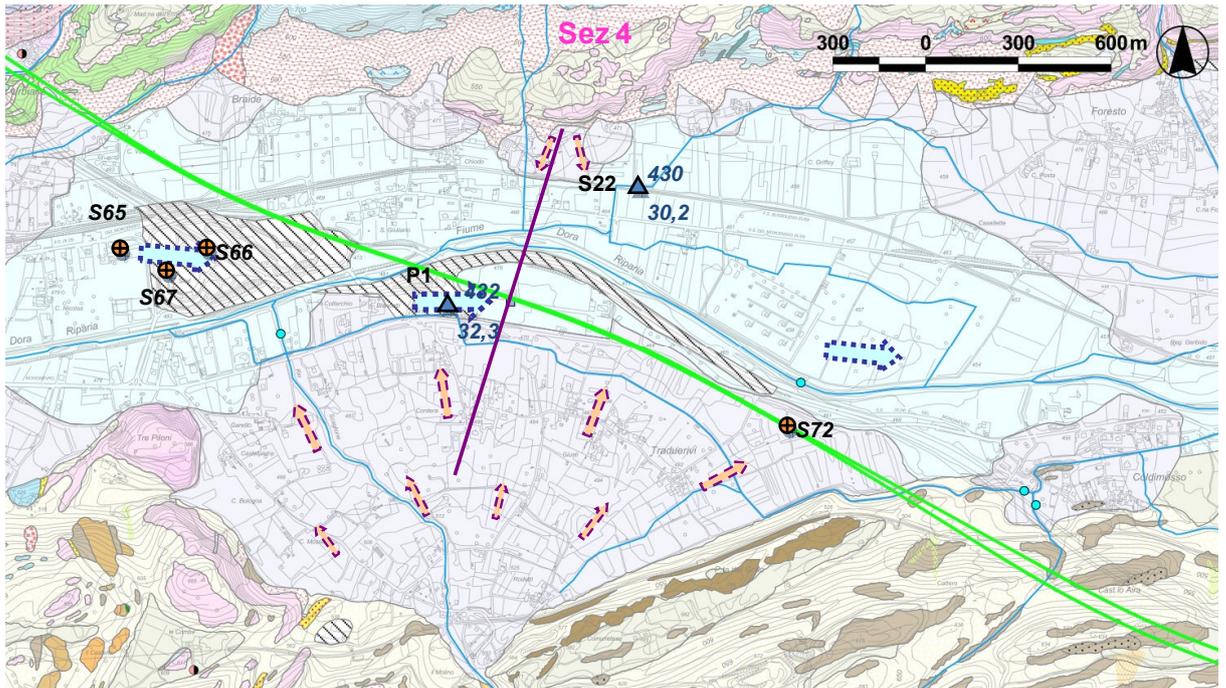


Figura 8 – Linee di flusso che indicano i circuiti idrici principali riconoscibili nel settore della Piana di Susa. Presso i punti di monitoraggio della falda (sondaggi S22 e P1) sono indicati la quota assoluta della falda e la sua soggiacenza. Le linee azzurre indicano la direzione di deflusso della falda di fondovalle. Le linee rosa le linee di flusso associate ai flussi presenti nella vasta zona di conoidi del rio Scaglione. La sezione idrogeologica indicata in figura con la dicitura Sez.4 è riportata in Figura 9 (doc. PP2/C3B/TS3/046 - “Relazione idrogeologica generale di sintesi”)

Le scarse misure di soggiacenza della falda indicano che la direzione di deflusso ha direzione cieca parallelo all’asse vallivo principale. Come indicato in Figura 8 e in Figura 9 sono ipotizzabili dei flussi provenienti dai conoidi laterali con direzione trasversale alla direzione di flusso della falda di fondovalle.

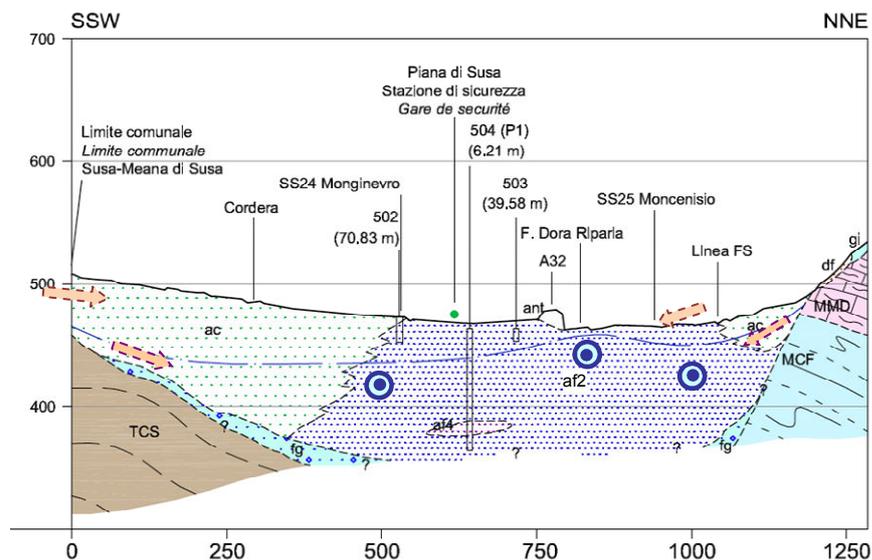


Figura 9 – Sezione idrogeologica (Sez.4 di Figura 8). I cerchi blu con il punto centrale indicano flussi uscenti verso chi guarda la figura. Sono indicati con le frecce rosa i flussi trasversali all’asse vallivo e provenienti dai conoidi laterali (doc. PP2/C3B/TS3/046 - “Relazione idrogeologica generale di sintesi”)

I dati attualmente a conoscenza mostrano come le opere non interagiscano direttamente con la falda freatica essendo questa a una profondità di circa 30 metri dal piano campagna. Inoltre le opere di questo settore, sono all'aperto ovvero non sono previste opere in sotterraneo.

Tuttavia nelle fasi successive la realizzazione di ulteriori indagini permetterà di verificare l'eventuale presenza di falde sospese.

Poco chiari sono i rapporti della circolazione di subalveo della Dora Riparia con la falda freatica che, in coerenza con i dati, sembrano non essere in connessione.

In corrispondenza del portale Coldimosso del Tunnel dell'Orsiera, sarà opportuno verificare se le opere possano in qualche maniera determinare uno sbarramento o deviazione dei flussi provenienti dal conoide Scaglione.

7.1.2 Geotecnica

Nella tabella che segue sono riassunti i risultati delle prove SPT realizzate nei sondaggi S65, S66, S67 e S72 nel settore della Piana di Susa.

Sond.	Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)	NSPT	Descrizione	Presenza falda	γ t/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	Phi (°)
S65	2	6	59	ghiaia medio-grossolana con sabbia medio-fine e matrice limosa	no	2	113,73	34
	3	9	66	ghiaia medio-grossolana con sabbia medio-fine e matrice limosa	no	2	171,57	34
	6	18	65	sabbia limosa con ghiaia medio-fine	no	2	342,16	33,5
S66	1	4,5	18	terreno di riporto: sabbia medio fine con ghiaia medio grossolana (blocchi)	no	2	85,29	30
	7	30	54	sabbia medio-fine debolmente limosa con ghiaia medio-grossolana	no	2	570,59	32
S67	3	7,5	23	terreno di riporto: ghiaia medio-grossolana e ciottoli in matrice sabbiosa e limosa	no	2	143,14	30
	5	12	50	ghiaia medio-grossolana con sabbia medio-fine e matrice limosa	no	2	228,43	33
S72	3	21,5	29	sabbia limosa con ghiaia e ciottoli	si(?)	2	394,12	30

Tabella 5 – Valori dell'angolo di attrito interno (Phi) calcolato con il metodo proposto da De Mello (1971) a partire dai risultati delle prove SPT

7.2 Piana delle Chiuse

7.2.1 Idrogeologia

Il tracciato del Tunnel dell'Orsiera, una volta abbandonato il tratto in roccia, attraversa la piana alluvionale tra l'abitato di Vaie e quello di Chiusa S. Michele tra la pk 80+300 e 82+540 dove comincia il sito d'interconnessione con la linea storica.

In corrispondenza del sito dove è prevista l'interconnessione tra la Nuova Linea Torino-Lione e la Linea Storica, è stato eseguito un sondaggio S87 (Figura 10) la cui stratigrafia è riportata in **allegato 2**.

Il battente idraulico al di sopra del Tunnel dell'Orsiera è di circa 10 - 12 metri. La posizione della galleria è stata considerata coerentemente alle condizioni del tracciato nella Piana delle Chiuse ovvero

con una copertura massima di 14 metri in corrispondenza del punto basso (pk 81+750) e minima (3,5 metri) nel punto in cui il Tunnel dell'Orsiera si innesta nel sito di interconnessione alla pk 82+540.

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

I dati piezometrici indicano la presenza di una falda freatica con soggiacenza generalmente di pochi metri (2 – 3 m) in equilibrio con la Dora Riparia e il complesso reticolo idrico secondario (naturale e artificiale) che a tratti ha funzione alimentante e drenante del deflusso idrico sotterraneo.

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

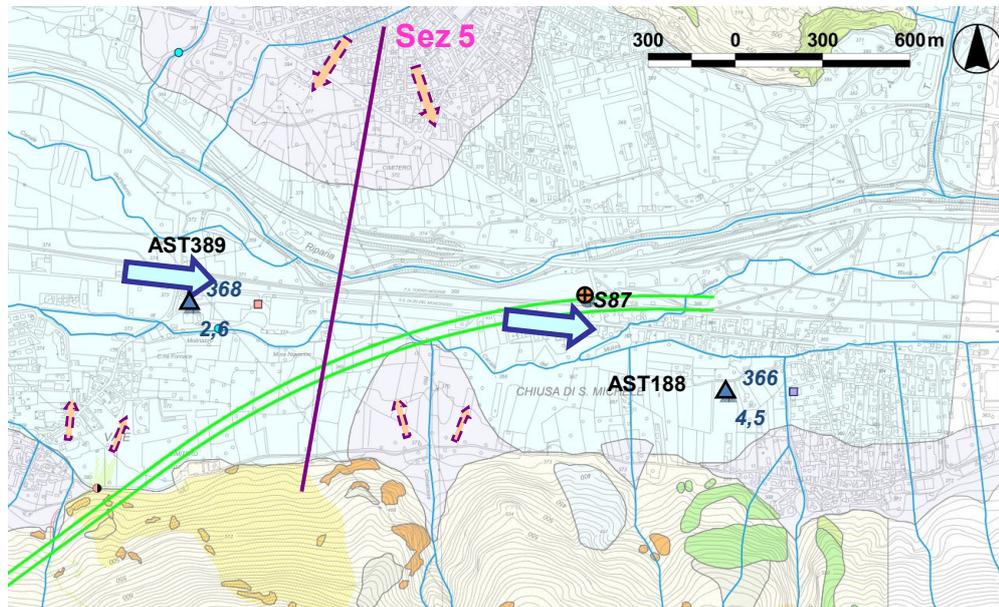


Figura 10 – Linee di flusso dei circuiti idrici principali riconosciuti nel settore della Piana delle Chiuse. Presso i punti di monitoraggio della falda (punti AST188 e 389) sono indicati la quota assoluta della falda e la sua soggiacenza. In azzurro le frecce che indicano la direzione di deflusso della falda del fondovalle; in rosa le frecce che indicano le direzioni dei flussi nei conoidi laterali e che ipoteticamente alimentano la falda principale. In verde è indicato il tracciato delle opere sotterranee. La traccia della sezione (Sez.5) si riferisce alla sezione geo-idrogeologica di Figura 11. (doc. PP2/C3B/TS3/046 - “Relazione idrogeologica generale di sintesi”)

I dati attualmente disponibili non permettono di tracciare le linee isopotenziali che descrivono l'andamento della superficie piezometrica. Tuttavia, è possibile ipotizzare che la direzione principale del deflusso idrico è circa parallelo all'asse vallivo principale (direzione W-E) come indicato in Figura 10.

La presenza delle opere sotterranee in questo settore potrebbe dunque determinare un fenomeno di innalzamento della falda nel settore a monte delle opere stesse (effetto diga). Tale condizione sarebbe dovuta alla diminuzione della sezione filtrante della falda i cui effetti sono stati trattati nel § 7.2.3.

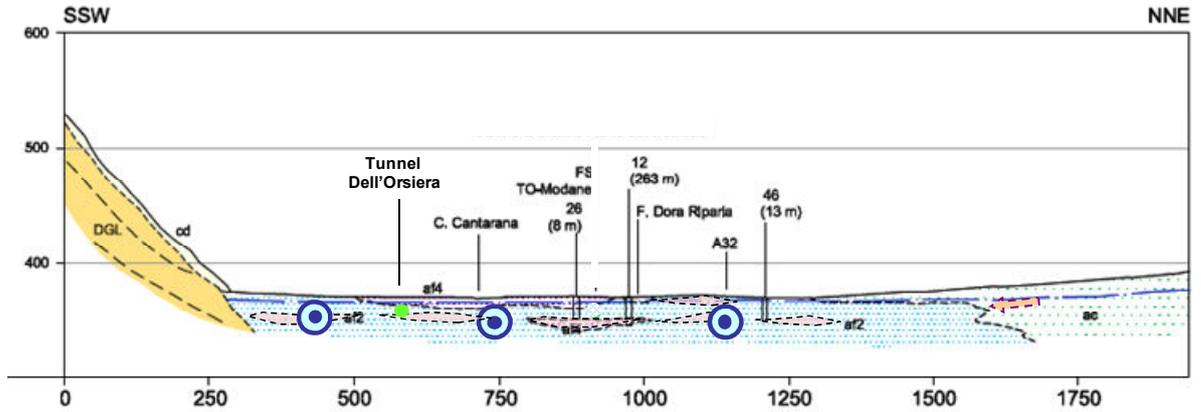


Figura 11 – Sezione idrogeologica in corrispondenza della Sez.5 della Figura 10. I cerchi blu con il punto centrale indicano flussi uscenti verso chi guarda la figura. Sono indicati con le freccette rosa i flussi trasversali all'asse vallivo e provenienti dai conoidi laterali. (doc PP2/C3B/TS3/046 - "Relazione idrogeologica generale di sintesi")

7.2.2 Geotecnica

Nel settore in cui il Tunnel dell'Orsiera è scavato nei depositi alluvionali di fondovalle della Piana delle Chiuse (a valle di Vaie); in questo tratto non sono disponibili dati ricavati da sondaggi. Un sondaggio (S87) è stato invece realizzato in corrispondenza del Sito d'Interconnessione di Chiusa di S. Michele. La stratigrafia preliminare del sondaggio S87, può essere schematizzata raggruppando i terreni attraversati in quattro unità litostratigrafiche con caratteristiche geotecniche specifiche come risulta dalle prove SPT (Tabella 6).

Profondità	Spessore complessivo (m)	Descrizione	Profondità della prova (m da p.c.)	NSPT (2°int)	NSPT (3°int)	NSPT
da 0 a 14 m	5	Ghiaia sabbiosa, sabbie limose con ciottoli	5	1	2	3
da 0 a 14 m	8	Sabbie da grossolane a fini con ciottoli debolmente limose	9	21	14	35
da 14 a 15 m	1	Sabbia fine omogenea	14	18	23	41
da 15 a 22,5 m	8,5	Limi, limi sabbiosi e argille	19	1	2	3

Tabella 6 – Sintesi della caratterizzazione geomeccanica degli ammassi con definizione dei gruppi geomeccanici. (doc. PP2/C3B/TS3/0057 – "Relazione geomeccanica di sintesi")

7.2.3 Valutazione preliminare dell'effetto diga nella Piana delle Chiuse

In ambito del Progetto Preliminare, al fine di valutare l'entità di tale fenomeno, è stato eseguito un calcolo analitico che restituisce la variazione del livello piezometrico in seguito alla diminuzione della sezione di drenaggio della falda. Si rimanda quindi al documento n° PP2/C3B/TS3/0046 "Relazione idrogeologica generale di sintesi" per la descrizione della metodologia utilizzata e la trattazione di dettaglio. Di seguito sono riportati i risultati di tale analisi.

È tuttavia, necessario precisare che questa è un'analisi preliminare che valuta puntualmente la possibile occorrenza di tale fenomeno. Nel proseguo delle fasi di progetto, la disponibilità di dati di maggior dettaglio permetterà di affinare l'analisi per la definizione dell'eventuale occorrenza del fenomeno e per il dimensionamento delle eventuali misure di mitigazione.

Il tratto di galleria per il quale è stata eseguita l'analisi è quello compreso tra le pk 80+300 e 82+500 in cui il Tunnel dell'Orsiera attraversa la piana alluvionale tra l'abitato di Vaie e quello di Chiusa S. Michele dove comincia il sito d'interconnessione con la linea storica. In questo settore il tracciato si pone circa obliquo e poi parallelo rispetto all'asse vallivo e approssimativamente parallelo rispetto alla direzione di deflusso principale della falda ospitata nei depositi quaternari di fondovalle.

È necessario specificare che le opere di progetto non attraversano da parte a parte l'acquifero di fondovalle ma solo parzialmente lasciando libero un corridoio di circa 150 metri tra esso e la Dora (Figura 12); è quindi da ritenere che la presenza delle opere non determini lo sbarramento completo dei flussi e dunque un vero e proprio effetto diga ma piuttosto una deformazione locale delle linee di flusso come indicato in Figura 12. Inoltre, le opere, mano a mano che ci si sposta in prossimità dell'asse vallivo, si dispongono parallelamente alla direzione presupposta di deflusso della falda diminuendo quindi l'effetto di sbarramento della falda stessa. Tale effetto potrebbe invece accrescere nei confronti dei flussi che derivano dai versanti attraverso i conoidi che bordano i fianchi vallivi.

È altresì importante sottolineare che la realizzazione delle opere in questo settore sarà accompagnata dalla messa in opera di provvedimenti atti alla mitigazione di qualsivoglia deviazione delle linee di deflusso della falda superficiale come trincee e campi pozzi drenanti, materassi permeabili.

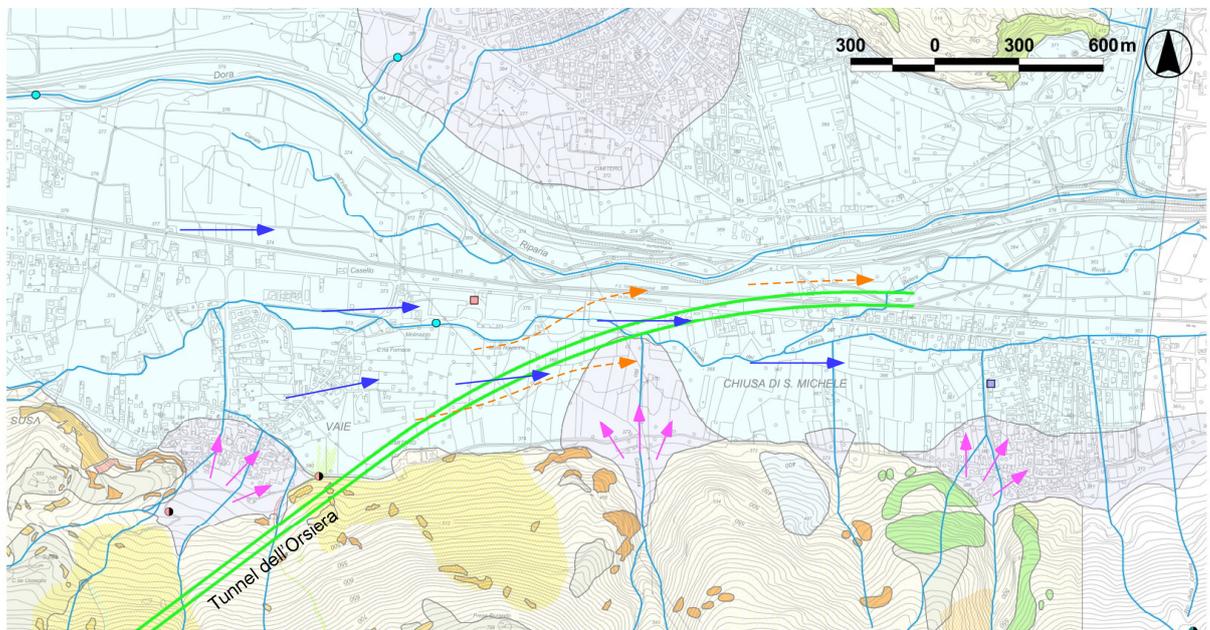


Figura 12 – Scenario ipotetico dell'effetto sulle direttrici di flusso principali dell'acquifero di fondovalle della Piana delle Chiuse. In verde è indicato il tracciato del Tunnel dell'Orsiera nel settore della Piana delle Chiuse; le frecce blu indicano la direzione presunta del flusso idrico in condizioni naturali ovvero attuali; le frecce fucsia indicano le linee di flusso connesse agli apporti laterali dei conoidi dei rii principali che solcano il versante destro della Valle di Susa in questo settore; le frecce tratteggiate arancioni descrivono l'ipotetico andamento dei flussi in conseguenza della presenza delle opere. (doc PP2/C3B/TS3/046 - "Relazione idrogeologica generale di sintesi")

In questo scenario, la possibile deviazione dei flussi idrici sotterranei si manifesterebbe in funzione dello spessore della porzione di acquifero al di sotto delle opere della Piana delle Chiuse.

I dati a disposizione non consentono un'analisi quantitativa della possibilità di innalzamento della falda. Tuttavia, è stata eseguita una valutazione di tipo **qualitativo** ricostruendo le geometrie della falda in due condizioni limite:

1. Il tunnel interferisce con la falda superficiale ed occlude in buona parte un livello acquifero in pressione che poggia su un livello acquicludente di argille, limi e limi sabbiosi posto a una profondità indicativa di 25 m che ne rappresenta la base (Figura 13a); questo, dai dati stratigrafici a

disposizione, corrisponde al più superficiale dei livelli acquiclude incontrati nella perforazione dei sondaggi;

- Il tunnel interagisce con la falda superficiale il cui letto è rappresentato dal più profondo livello acquiclude di argille posto a una profondità indicativa di 76 m (Figura 13b).

Nel primo caso le condizioni considerate costituiscono lo scenario a più elevata criticità con il tunnel che interferisce quasi completamente con un livello acquifero. Nel secondo caso, invece, il tunnel costituisce uno sbarramento solo parziale della sezione di deflusso della falda.

Bisogna però considerare che nel caso reale, il livello piezometrico della falda risulta essere molto superficiale e che quindi un innalzamento della superficie di falda potrebbe determinare la possibilità di allagamento di settori della piana. Tale eventualità è più critica nei settori prossimi ai corsi d'acqua dove la falda risulta più prossima al piano campagna. Per evitare gli effetti negativi di cui sopra, sarà quindi necessario, sulla base di indagini mirate di dettaglio da sviluppare nelle fasi successive di progettazione, procedere alla messa in opera di provvedimenti costruttivi idonei (per es. strutture di drenaggio).

D'altro canto, le opere di progetto, proprio nei settori più prossimi all'alveo della Dora Riparia, si dispongono progressivamente longitudinali all'asse vallivo e alla presunta direzione di deflusso idrico principale ovvero in una condizione più favorevole, meno predisponente all'effetto diga.

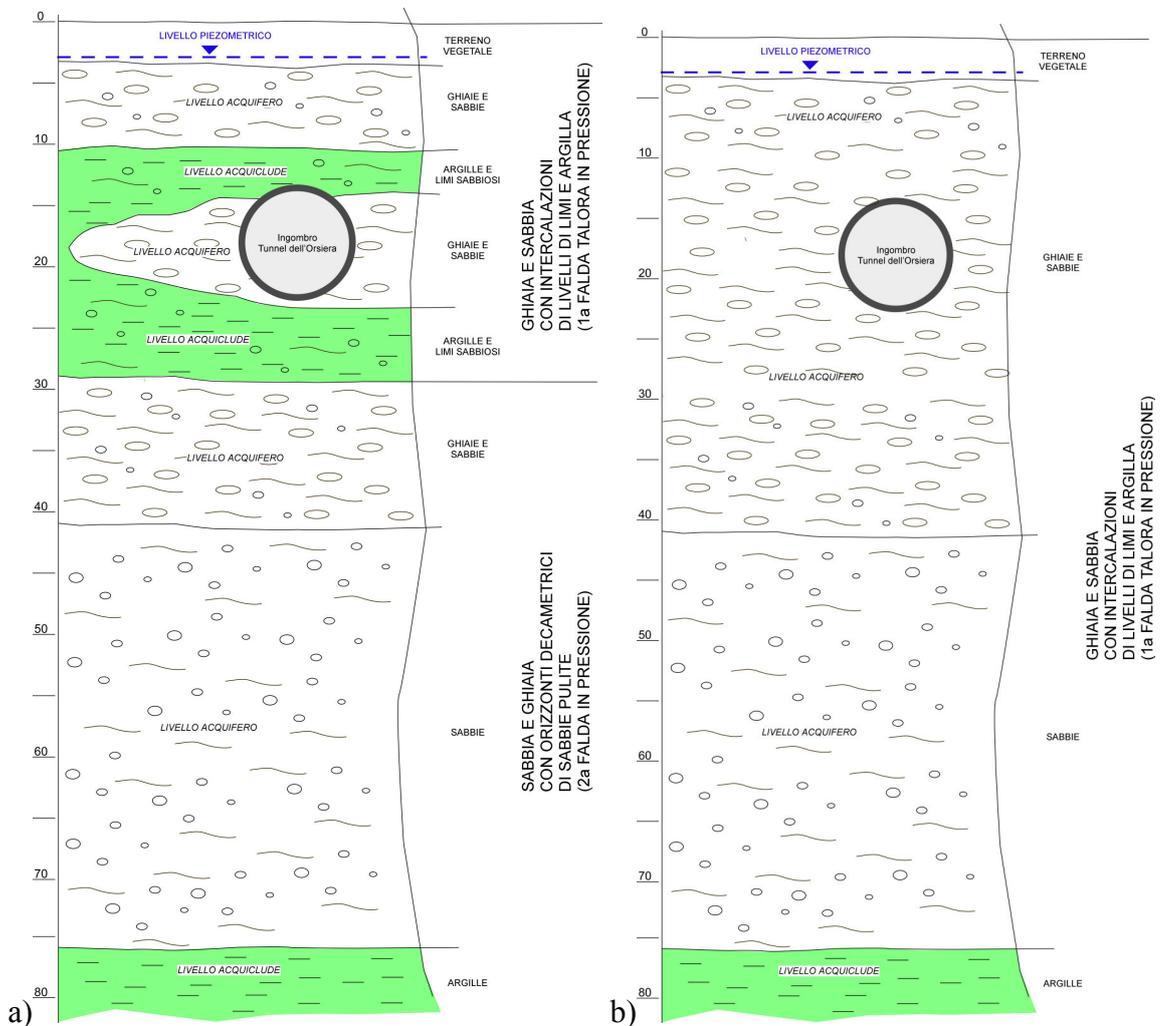


Figura 13 – Sezioni schematiche dell'ingombro del tunnel riportato alle condizioni stratigrafiche osservate nel sondaggio S87 (a) e nel pozzo AST389 (b). In verde sono evidenziati i livelli acquiclude principali. La linea tratteggiata blu indica la quota del livello piezometrico (dedotto dalle misure di soggiacenza eseguite nel pozzo AST389).

Per illustrare la situazione, si possono schematizzare 4 scenari in funzione dello spessore dell'acquifero e della copertura al di sopra delle opere.

<i>CASO</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>CRITICITA'</i>
1	Acquifero con spessore ridotto e copertura massima	MASSIMA
2	Acquifero con spessore ridotto e copertura minima	-
3	Acquifero con spessore elevato e copertura massima	-
4	Acquifero con spessore elevato e copertura minima	MINIMA

Il caso 1 si rivela essere critico in quanto l'interferenza sul deflusso idrico potrebbe determinare condizioni di criticità come la risalita della falda in prossimità o al di sopra del piano campagna. In queste condizioni si verificherebbe quindi la possibilità di allagamento di settori della piana. Per gli altri casi considerati, invece, l'interferenza della falda non sembra determinare condizioni di criticità elevata.

Gli scenari considerati rappresentano una estrema semplificazione delle condizioni che si riscontreranno nel caso reale. Le reali condizioni saranno verificate nelle prossime fasi di progettazione tramite la realizzazione di ulteriori sondaggi e piezometri lungo il tracciato. I dati che scaturiranno dalle indagini e prove in sito permetteranno di caratterizzare la falda della Piana delle Chiuse e di verificare quantitativamente l'interferenza con le opere e quindi di dare indicazioni utili alla progettazione delle opere nonché al dimensionamento delle opere di mitigazione dell'effetto di deviazione dei flussi idrici sotterranei.

8. Sintesi dell'analisi dei rischi idrogeologici nei tratti alluvionali

Le criticità maggiori riscontrabili nei tratti delle piane alluvionali in cui il tracciato dell'opera corre all'aperto, in viadotto o rilevato, o in trincea profonda, con falda a pochi metri o prossima al piano campagna, sono di seguito sintetizzate; per ciascuna di esse sono descritte schematicamente le principali misure di mitigazione previste nel progetto.

8.1 Permeabilità elevate con conseguenti venute d'acqua diffuse

8.1.1 Settori a rischio

Valori di permeabilità elevati sono attesi nelle tratte che attraversano i depositi quaternari a causa del valore di permeabilità primaria intrinseco di tali depositi.

La probabilità di occorrenza è stimata come medio-alta in corrispondenza delle seguenti tratte:

Tunnel di Base

- Tratta tra le Pk 56+100 e 57+200 circa (sotto-attraaversamento del Cenischia);

Tunnel dell'Orsiera

- Tratta compresa tra le Pk 80+250 e 82+500 circa (Imbocco Est).

Al fine di ridurre l'impatto legato a tale criticità sono previsti interventi di impermeabilizzazione e/o consolidamento e l'uso di un metodo di scavo adeguato, come illustrato nel seguito.

8.1.2 Misure di mitigazione previste

- Interventi di impermeabilizzazione per ridurre drasticamente le venute d'acqua in galleria ;
- Per scavo in depositi sciolti uso di TBM con confinamento del fronte (EPB o Slurry Shield).

8.2 Effetto diga

8.2.1 Settori a rischio

Lo scavo all'interno di depositi sciolti che ospitano falde freatiche o in pressione l'orientazione fenomeni di sbarramento dei flussi idrici sotterranei qualora le opere si dispongano ortogonale o comunque trasversale alle direttrici di flusso principali.

La probabilità di occorrenza è stimata come in corrispondenza delle seguenti tratte:

Tunnel di Base (probabilità medio-bassa)

- Tratta tra le Pk 56+100 e 57+200 circa¹;

Tunnel dell'Orsiera (probabilità medio-alta)

- Tratta compresa tra le Pk 80+250 e 82+500 circa.

Al fine di ridurre l'impatto legato a tale criticità è opportuno prevedere oltre che i già previsti interventi di impermeabilizzazione e l'uso di un metodo di scavo adeguato, come illustrato nel seguito, la progettazione di installazioni specifiche.

8.2.2 Misure di mitigazione previste

- Interventi di impermeabilizzazione per ridurre drasticamente le venute d'acqua in galleria ;
- Per scavo in depositi sciolti uso di TBM con confinamento del fronte (EPB o Slurry Shield) ;

¹ Tratta di sottoattraaversamento della Val Cenischia; la descrizione di questa tratta è riportata nel documento R02c di risposta alle osservazioni della Regione Piemonte.

- Messa in opera di strutture drenanti quali, trincee e materassi di materiale permeabile nonché la possibile installazione di pozzi di pompaggio e immissione in grado di riequilibrare l'eventuale interferenza sugli equilibri idrodinamici naturali.

8.3 Instabilità del fronte di scavo

8.3.1 Settori a rischio

Problemi di instabilità del fronte di scavo all'interno dei depositi quaternari sono legati all'eventuale assenza di cementazione e di mancanza di coesione all'interno di tali depositi. Ciò può implicare l'insorgere di cedimenti del fronte durante le operazioni di scavo. La probabilità di occorrenza è da considerarsi come medio-alta, fattore che impone la necessità di un metodo di scavo adeguato o di interventi di consolidamento, come indicato nei paragrafi seguenti.

Le tratte interessate sono le seguenti:

Tunnel di Base

- Tratta tra le Pk 56+100 e 57+200 circa;

Tunnel dell'Orsiera

- Tratta compresa tra le Pk 80+250 e 82+500 circa.

8.3.2 Misure di mitigazione previste

- Esecuzione di indagini in avanzamento per definire le caratteristiche geotecniche dei terreni ;
- Interventi preventivi di consolidamento del fronte o, se le coperture lo consentono, dalla superficie
- Per scavo in depositi sciolti uso di TBM con confinamento del fronte (EPB o Slurry Shield)

8.4 Presenza di fenomeni di subsidenza in superficie

8.4.1 Settori a rischio

La criticità legata allo sviluppo di fenomeni di subsidenza (ovvero cedimenti in superficie) è collegata allo scavo in zone a basse coperture e/o urbanizzate viste le conseguenze che tale fenomeno può implicare sulle opere antropiche. La presenza di fenomeni di subsidenza è peraltro decisamente più accentuata durante lo scavo in depositi sciolti come ad esempio i depositi quaternari.

La criticità è quindi associata allo scavo nei depositi di fondovalle del torrente Cenischia (tra le progressive 56+150 e 57+200 circa) e del fiume Dora-Riparia (tra le progressive 80+350 e 82+500 circa) e la probabilità di occorrenza è valutata come medio-bassa.

8.4.2 Misure di mitigazione previste

- Uso di TBM con confinamento del fronte di scavo per ridurre la perturbazione del fronte di scavo e le caratteristiche geotecniche dei depositi ;
- Controllo delle pressioni di confinamento del fronte durante le operazioni di scavo ;
- Eventuali interventi di consolidamento dalla superficie o dal fronte in avanzamento.

9. Valutazione dell'impatto sulle risorse idriche

La valutazione di impatto sulla risorsa idrica è descritta in dettaglio nella documentazione di progetto a cui si rimanda. In particolare, i documenti specifici sono i seguenti:

- PP2/C3B/TS3/0051 – “Relazione punti acqua e analisi rischio”
- PP2/C3B/TS3/0052 – “Carta Rischio Impatto sorgenti 1di2”
- PP2/C3B/TS3/0053 – “Carta Rischio Impatto sorgenti 2di2”

In questi documenti è descritta nel dettaglio la metodologia utilizzata per valutare l'impatto sui punti acqua, sono elencati i dati di input necessari e la parametrizzazione utile alla definizione dell'indice di isterilimento per ciascun punto acqua considerato nell'analisi.

Il metodo DHI (Dematteis et al., 2001²) si basa sulla descrizione del sistema acquifero – galleria. Esso è definito da 8 variabili la cui interazione determinano la probabilità d'isterilimento di una sorgente in conseguenza del fenomeno di abbassamento della falda potenzialmente determinato durante lo scavo.

Le 8 variabili considerate sono:

- Frequenza di fratturazione (FF)
- Permeabilità del massiccio (MK)
- Spessore della copertura (OV)
- Ampiezza della zona plastica (PZ)
- Distanza dal tunnel (DT)
- Intersezione con canali di permeabilità elevata (CP) definito come la somma dei parametri IF (Intersezione con faglie maggiori) e FD (Fenomeni di dissoluzione)
- Tipo di sorgente (TS)
- Effetto topografico (ET)

Il valore numerico delle 8 variabili è stato assegnato in ciascun caso esaminato secondo i criteri esposti nella tabella seguente.

² Dematteis, A., Kalamaras, G., Eusebio, A. (2001). “A systems approach for evaluating springs drawdown due to tunnelling”, AITES-ITA 2001 World Tunnel Congress, Milano, Italy 10-13 June, II, pp. 257-264.

Codice	Descrizione	Valore numerico
FF	Frequenza di fratturazione	1 = faglie principali e/o zone di fatturazione e dissoluzione con sviluppo di morfologia carsica; 0,75 = faglie principali e/o zone di fatturazione e dissoluzione senza sviluppo di morfologia carsica; 0,4 = faglie principali e/o zone di fatturazione o dissoluzione con sviluppo di morfologia carsica; 0,2 = dissoluzione senza sviluppo di morfologia carsica 0,1 = assenza
MK	Permeabilit� del massiccio	0,9 = permeabilit� alta; 0,75 = permeabilit� medio - alta; 0,5 = permeabilit� media; 0,25 = permeabilit� medio - bassa; 0,1 = permeabilit� bassa
OV	Spessore della copertura	0,9 = copertura < 50m; 0,5 = 50 < copertura < 100; 0,2 = 100 < copertura < 500; 0,1 = copertura > 500
PZ	Estensione della zona plastica	1 = raggio zona plastica > 2 raggio galleria; 0 = raggio zona plastica < 2 raggio galleria
DT	Distanza di tunnel	1,9 = dist. ass. < 200m; 1,5 = 200m < dist. ass. < 500m; 1,2 = 500m < dist. ass. < 1000m; 1,1 = dist. ass. > 1000m; 0 = dist. ass. > 5000m
IF*	Intersezione con faglie maggiori	1,5 = intersezione con faglie che tagliano la galleria; 1 = nessuna intersezione
FD	Fenomeni di dissoluzione	Fenomeni di dissoluzione con sviluppo di regime idrodinamico di tipo carsico = 0,5; dissoluzione senza sviluppo di morfologia carsica = 0,25; assenza di fenomeni di dissoluzione = 0
TS	Tipo di sorgente	2 = sorgente profonda (alimentata dal substrato roccioso); 1,5 = sorgente mista; 1 = sorgente superficiale (legata solo a depositi quaternari)
ET	Effetto Topografico	2 = dist. vert. > 0 e stesso versante; 1,5 = dist. vert > 0 e stesso versante o dist. vert. < 0 e altro versante; 1 = dist. vert. < 0 e altro versante

*Tabella 7 – Descrizione delle variabili del sistema acquifero-galleria e definizione dei valori assegnati alle variabili. *IF e FD vengono sommati per definire la variabile PC (canali di permeabilit ) che pu  variare da 1 a 2. Il valore di PC sar  utilizzato per la valutazione del DHI*

Al fine di realizzare il calcolo dell'indice di probabilit  di inaridimento dei punti d'acqua (DHI), ad ogni sorgente viene assegnato il valore numerico di ognuna delle variabili, valore che rappresenta la condizione idrogeologica tipica per quel punto d'acqua. L'attribuzione del valore numerico della variabile obbedisce sempre al criterio seguente: valore basso per la condizione di minor probabilit  di isterilimento e valore elevato per quella di maggiore probabilit .

Si precisa, inoltre, che le misure di mitigazione saranno sviluppate e definite nel dettaglio durante le prossime fasi di progettazione (Revisione del Progetto Definitivo), soprattutto in funzione dei risultati del monitoraggio della risorsa idrica in corso. In questa fase sono definiti i principi di base per la definizione delle misure da attuarsi per la mitigazione del rischio.

9.1 Risultati dello studio di impatto sui punti acqua

9.1.1 Settore del Tunnel di Base

Nel settore del Tunnel di Base, che si estende dal Confine di Stato (pk 48+606) fino all'imbocco lato Susa (pk 60+950), i punti acqua per i quali   stato calcolato il DHI sono complessivamente 180 di cui 58

inseriti nella rete di monitoraggio. I risultati di questo studio sono presentati in modo schematico nella tabella seguente.

Dall'analisi della distribuzione delle classi di rischio si evince che la maggioranza (93%) dei punti acqua analizzati non presentano alcun rischio d'isterilimento. Il rimanente 7%, ovvero 13 sorgenti, presenta un rischio da basso a medio.

DHI		RISCHIO	N.	%
1	0-0.1	da nullo a molto basso	167	93%
2	0.1-0.2	da basso a medio	13	7%
3	0.2-0.3	medio	0	0%
4	0.3-1	da medio a elevato	0	0%
			180	100%

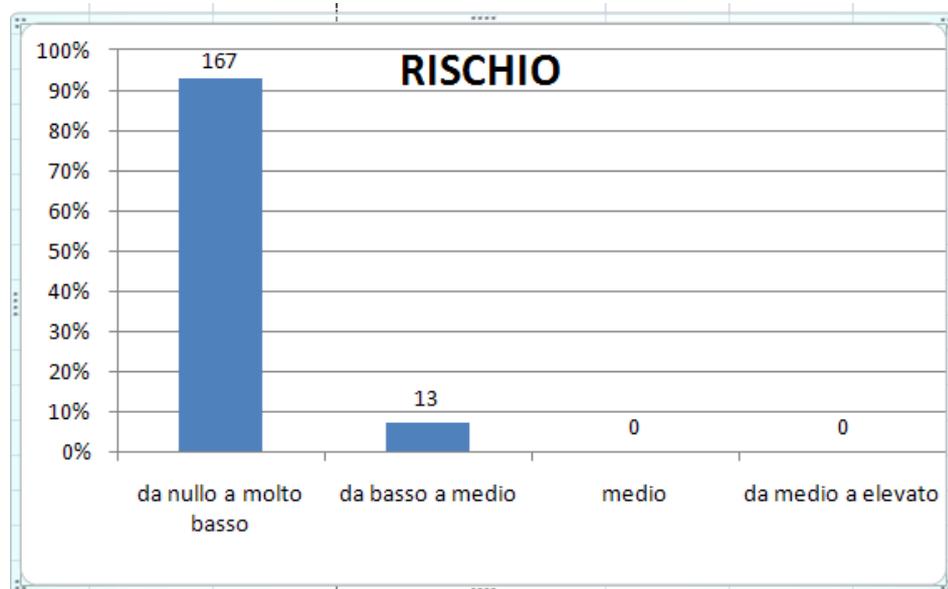


Tabella 8 - Distribuzione percentuale delle sorgenti per grado di rischio di isterilimento riferita al Tunnel di Base lato Italia e numero di sorgenti ricadenti in ciascuna classe

La Tabella 9 riassume i valori DHI e il comune di appartenenza dei punti che presentano rischio di isterilimento, mentre nella tabella in **allegato 3a** sono contenuti i rating attribuiti ai diversi parametri che determinano l'indice DHI per la totalità dei punti analizzati in relazione al tracciato del Tunnel di Base e della Galleria di Clarea. Attraverso quest'ultima è possibile comprendere il percorso logico che ha portato a valutare le probabilità di isterilimento di ogni sorgente.

Cod	Comune	Grado di rischio	Utilizzo
AST_009	Giaglione	da basso a medio	idropotabile
AST_012	Giaglione	da basso a medio	idropotabile
AST_013	Giaglione	da basso a medio	nessuno
AST_025	Mompantero	da basso a medio	idropotabile
AST_026	Mompantero	da basso a medio	idropotabile
AST_029	Mompantero	da basso a medio	nessuno
AST_032	Mompantero	da basso a medio	nessuno
AST_223	Mompantero	da basso a medio	idropotabile
AST_224	Mompantero	da basso a medio	idropotabile
AST_239	Mompantero	da basso a medio	nessuno
AST_265	Giaglione	da basso a medio	nessuno
AST_435	Giaglione	da basso a medio	nessuno
AST_477	Mompantero	da basso a medio	nessuno
AST_011*	Giaglione	da basso a medio	idropotabile
AST_184**	Susa	da basso a medio	altro

Tabella 9 - Valore DHI, ubicazione e tipologia d'utilizzo dei punti acqua a rischio da medio a basso. *AST_011 e **AST_184 presentano un rischio medio-basso rispetto alla galleria esplorativa La Maddalena e alla stazione Susa rispettivamente.

Le sorgenti comprese nel Comune di Giaglione e soggette a rischio basso-medio distano generalmente dal tracciato meno di un chilometro e presentano un'origine mista (sono legate cioè a sistemi idrici in parte superficiali ed in parte profondi). Questa caratteristica, unita alla possibilità di sviluppo di fenomeni di dissoluzione connessi agli orizzonti di carniole e rocce carbonatiche determina condizioni di criticità con conseguente aumento della probabilità di rischio di isterilimento.

Le sorgenti AST032 e AST477 nel Comune di Mompantero presentano anch'esse un rischio medio-basso, che è dovuto in un caso all'origine mista della sorgente (AST477) e nell'altro (AST032) all'intersezione con una faglia che potrebbe creare la connessione idraulica sorgente-galleria. Inoltre, il parametro che ne aumenta la probabilità di rischio è la distanza dal tunnel (DT) in quanto entrambe le sorgenti distano dal tracciato meno di 500 metri. I punti AST_025, AST_026, AST_029, AST_223, AST_224 e AST_239, compresi sempre nel Comune di Mompantero, devono il rischio isterilimento medio-basso alla concomitanza dell'origine mista di queste sorgenti con l'intersezione con faglie.

Ai punti precedentemente descritti va aggiunto il punto AST011 che presenta un rischio basso-medio rispetto al tracciato della galleria esplorativa de La Maddalena secondo quanto riportato dalla relazione geologica e idrogeologica del Progetto Definitivo (n°doc. MA1_0102_A).

Il punto AST_184 consiste in un pozzo ubicato in asse al tracciato nella Piana di Susa, in corrispondenza della tratta in esterno: esso dunque non è influenzato dallo scavo del tunnel di base. Tuttavia si è scelto cautelativamente di classificarlo come pozzo a rischio medio-basso per il presunto impatto generato dalle opere progettate nella piana di Susa.

La medesima tipologia di studio di impatto sulle sorgenti, effettuata nel 2005 in fase del progetto APR, attribuiva ai punti GI/SC/10 e GI/SP/04 un a rischio medio-basso e medio. Nello studio attuale questi punti, ora codificati rispettivamente AST218 e AST016, non presentano alcun rischio data la loro distanza maggiore rispetto al tracciato attuale.

9.1.2 Settore del Tunnel dell'Orsiera

Nel settore del Tunnel dell'Orsiera (pk 63+760 – pk 84+000 circa) i punti per i quali è stato effettuato il calcolo DHI sono complessivamente 216; di questi, 69 sono inseriti nella rete di monitoraggio. Nella Tabella 10 sono mostrati i risultati del calcolo.

Dall'analisi della distribuzione delle classi di probabilità si deduce che 195 punti acqua (90%) presentano rischio di isterilimento da nullo a molto basso, 20 punti presentano rischio medio-basso (circa 10%) mentre un punto soltanto rientra nella classe a rischio medio (AST552).

DHI		RISCHIO	N.	%
1	0-0.1	da nullo a molto basso	195	90%
2	0.1-0.2	da basso a medio	20	9%
3	0.2-0.3	medio	1	0%
4	0.3-1	da medio a elevato	0	0%
			216	100%

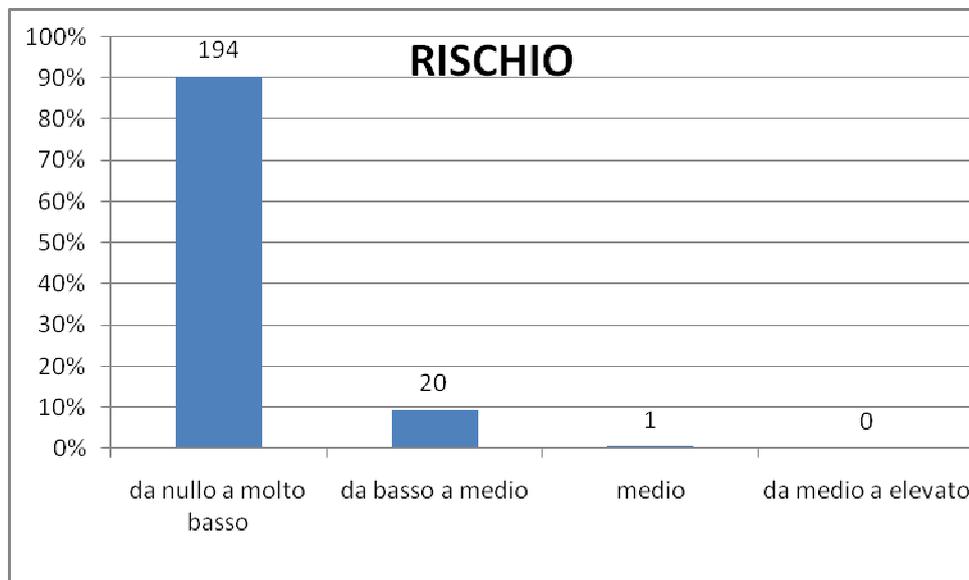


Tabella 10 - Distribuzione percentuale delle sorgenti per grado di rischio di isterilimento riferita al Tunnel dell'Orsiera e numero di sorgenti ricadenti in ciascuna classe

Come riassunto nella che segue i punti acqua a rischio medio-basso sono distribuiti nei comuni di Bussoleno, S. Giorio di Susa, Mattie, Vaie e S. Antonino di Susa. Trattasi sia di sorgenti di origine superficiale che di origine mista, generalmente potenzialmente interconnesse idraulicamente al tracciato mediante strutture tettoniche (faglie). Questo elemento, accoppiato alla distanza del punto acqua dal tracciato determina la probabilità d'isterilimento.

In taluni casi, i circuiti che alimentano queste sorgenti si impostano all'interno delle ampie porzioni di ammasso coinvolte in fenomeni di dissesto profondo (DGPV) che rappresentano dei corpi acquiferi in roccia che si possono spingere anche in profondità.

Tra queste sorgenti c'è la sorgente Penturetto (AST428, Comune di Vaie) captata a uso idropotabile che risulta a rischio da basso a medio.

Nella tabella in **allegato 3b** sono contenuti i rating attribuiti ai diversi parametri che determinano l'indice DHI per la totalità dei punti analizzati in relazione al tracciato del Tunnel dell'Orsiera.

Cod	Comune	DHI	Utilizzo
AST_552	S. Giorio di Susa	medio	nessuno
AST_123	Bussoleno	da basso a medio	nessuno
AST_129	Bussoleno	da basso a medio	idropotabile
AST_144	S. Giorio di Susa	da basso a medio	nessuno
AST_160	S. Giorio di Susa	da basso a medio	irriguo
AST_161	S. Giorio di Susa	da basso a medio	nessuno
AST_163	S. Giorio di Susa	da basso a medio	irriguo
AST_191	Bussoleno	da basso a medio	nessuno
AST_194	Bussoleno	da basso a medio	idropotabile
AST_195	Mattie	da basso a medio	idropotabile
AST_410	S. Antonino di Susa	da basso a medio	idropotabile
AST_428	Vaie	da basso a medio	idropotabile
AST_534	S. Antonino di Susa	da basso a medio	idropotabile
AST_535	S. Antonino di Susa	da basso a medio	nessuno
AST_553	S. Giorio di Susa	da basso a medio	irriguo
AST_577	S. Giorio di Susa	da basso a medio	nessuno
AST_578	Bussoleno	da basso a medio	Nessuno o idropotabile
AST_584	S. Giorio di Susa	da basso a medio	nessuno
AST_590	S. Giorio di Susa	da basso a medio	nessuno
AST_606	Vaie	da basso a medio	nessuno
AST_661	Vaie	da basso a medio	nessuno

Tabella 11 - Valore DHI, ubicazione e tipologia d'utilizzo dei punti acqua a rischio da medio a basso.

9.2 Misure di prevenzione e mitigazione del rischio

Alcune delle sorgenti che presentano una probabilità d'isterilimento almeno bassa sono captate ad uso idropotabile.

Per queste sorgenti e per quelle ritenute di particolare importanza sia da un punto di vista naturalistico – ambientale che socio - culturale, nel prosieguo degli studi sarà opportuno prevedere la progettazione di interventi di prevenzione o mitigazione del rischio.

La progettazione di sistemi di prevenzione, quali impermeabilizzazione dei tratti di galleria nei quali si prevede l'intersezione con i circuiti idrici sotterranei, è subordinata alla realizzazione di una serie di attività preventive che pongono chi progetta l'opera in una condizione di conoscenza del modello idrogeologico sufficientemente elevata. Tali attività sono attualmente in corso, altre sono già previste ma non ancora realizzate. In particolare:

- i. monitoraggio della risorsa idrica: tale attività è in fase di realizzazione. Bisognerà strutturare e sviluppare la campagna di misure in coerenza con le fasi progettuali e l'analisi dei dati raccolti;
- ii. sondaggi geognostici: in progetto; solo alcuni sondaggi sono stati realizzati nelle aree di pianura. Necessari alla caratterizzazione idrogeologica e idrodinamica degli acquiferi in roccia intersecati dalle opere sotterranee in modo da poter dimensionare gli interventi di impermeabilizzazione e in generale di trattamento dei terreni atti a diminuire il potenziale di drenaggio delle opere stesse;
- iii. individuazione di fonti di approvvigionamento alternativo: attività in corso contestualmente al monitoraggio della risorsa idrica. Realizzazione di sistemi di approvvigionamento idrico nel caso in cui si verificassero scenari di emergenza di deficit critico o per far fronte a condizioni di disagio transitorie in attesa che siano realizzate le soluzioni definitive;

- iv. studio naturalistico – ambientale, socio – economico nonché culturale: al fine di individuare i contesti di maggior pregio presenti nell'area di intervento e di evidenziare quali sono i siti da tutelare con ordine di priorità.

9.2.1 Settore del Tunnel di Base

Le sorgenti AST009 (sorgente Supita), 011 (sorgente Boscocedrino) e 012 (sorgente Arnot-Poisattoni), tutte nel Comune di Giaglione e captate dall'ACEA, rappresentano punti di approvvigionamento a scopo idropotabile. Il loro impatto comporterebbe, oltre al danno naturalistico, un danno economico direttamente collegato al loro utilizzo. Il loro impatto, infatti, come segnalato negli studi precedenti (Hydrodata, 2005), potrebbe mettere in crisi le forniture idriche del concentrico di Giaglione e delle frazioni Busignera e Cresto. La portata totale di queste sorgenti è di circa 10 l/s di cui la quasi totalità è però captata presso la sorgente Boscocedrino (AST011).

Per tale motivo ai fini dello studio delle misure di mitigazione è necessario prevedere l'individuazione di misure che possano compensare le quantità messe in crisi.

Nel caso particolare, in accordo a quanto proposto dallo studio di Hydrodata inerente il Progetto del Cunicolo Esplorativo di Venaus, già ripreso in sede di APR/PD, e ai dati forniti dal monitoraggio della risorsa idrica attualmente in corso ad opera di LTF, le misure di compensazione possono essere le seguenti:

Azione	Descrizione	Soluzione
0	Rifornimento tramite autobotti	EMERGENZA
1	Utilizzo di acque superficiali da potabilizzare	EMERGENZA
2	Stazione di sollevamento presso le vasche della rete esistente	TRANSITORIA
3	Alimentazione della Fraz. Busignera tramite l'acquedotto di Fraz. Pra Piano	TRANSITORIA
4	Trivellazione pozzo di Clarea	DEFINITIVA
5	Captazione sorgenti versante ovest Punta Mulatera e loro allacciamento alla rete esistente	DEFINITIVA
6	Potenziamento del sistema di captazione delle sorgenti di Moncenisio e allacciamento con la rete di Giaglione	DEFINITIVA

Le misure di compensazione dovranno essere concordate con le amministrazioni coinvolte e con il Soggetto Gestore del Servizio Idrico Integrato (ACEA) sia delle sorgenti che della rete acquedottistica attualmente in funzione.

9.2.2 Settore del Tunnel dell'Orsiera

Allo stato attuale dell'analisi eseguita nel settore del Tunnel dell'Orsiera, è possibile solamente fornire elementi di principio per la gestione delle misure di mitigazione del rischio d'isterilimento dei punti acqua.

La valutazione delle probabilità d'isterilimento mostra come alcune delle sorgenti che presentano una probabilità d'isterilimento almeno bassa sono captate ad uso idropotabile.

Per queste sorgenti e per quelle ritenute di particolare importanza, si procederà nelle prossime fasi di progettazione con l'individuazione di fonti di approvvigionamento alternative e, contemporaneamente, sarà opportuno prevedere la progettazione di interventi di prevenzione o mitigazione del rischio in accordo con i principi generali esposti al § 9.2.

Nella tabella che segue sono elencate, in via esemplificativa, alcune azioni volte a mitigare le conseguenze d'impatto su un punto acqua captato a fini idropotabili.

Azione	Descrizione	Soluzione
0	Rifornimento tramite autobotti	EMERGENZA
1	Utilizzo di acque superficiali da potabilizzare	EMERGENZA
2	Stazione di sollevamento presso le vasche della rete esistente	TRANSITORIA
3	Allacciamento ad acquedotti locali	TRANSITORIA
4	Trivellazione pozzi	DEFINITIVA
5	Captazione sorgenti allo stato non utilizzate a fini idropotabili	DEFINITIVA

Anche in questo caso, le misure di compensazione dovranno essere comunque concordate con le amministrazioni coinvolte e con il Soggetto Gestore del Servizio Idrico Integrato sia delle sorgenti che della rete acquedottistica attualmente in funzione.

10. Zone di criticità idrogeologica nello scavo delle gallerie

La tabella seguente riporta le tratte di tracciato in cui si stima possibile incontrare venute d'acqua significative.

Tratta	Portate attese [l/s/km]	Metodo di scavo applicata
Tunnel di Base Da pk 54+700 pk 55+000 Zona a scaglie	33 /98	Scavo in tradizionale
Tunnel di Base Da pk 55+000 a pk 56+100 Zona a scaglie	4/12	Scavo in tradizionale
Tunnel di Base DA pk 56+100 a pk 57+150 Materiale alluvionale	Tratta completamente impermeabilizzata	TBM Slurry Shield
Tunnel dell'Orsiera Da pk 80+400 a pk 82+500 Materiale alluvionale	Tratta completamente impermeabilizzata	TBM EPB

Tabella 12 - Zone di criticità idrogeologica.

Si riportano di seguito gli stralci dei profili idrogeologici del Tunnel di Base e del tunnel dell'Orsiera

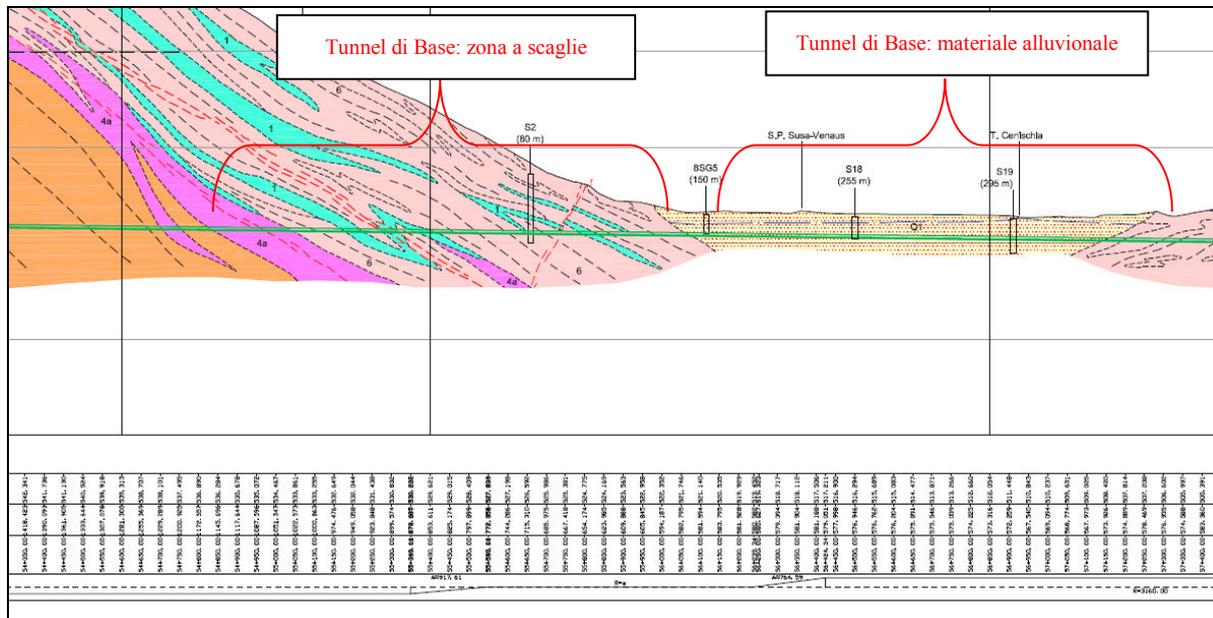


Figura 14 - Tunnel di Base - Stralcio profilo idrogeologico: C3B_0090_26-60-01-40-02_Tunnel di Base_Profilo idrogeologico longitudinale

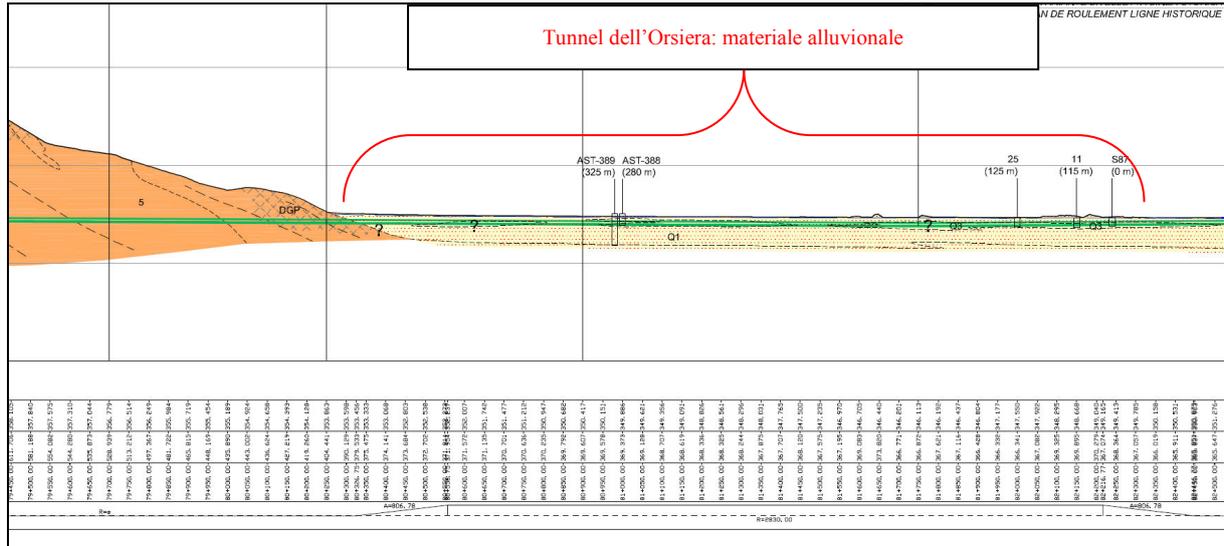


Figura 15 - Tunnel dell'Orsiera - Stralcio profilo idrogeologico: C3B_0116_60-01-01-40-02_Tunnel Orsiera_Profilo idrogeologico longitudinale

11. Soluzioni progettuali per lo scavo in presenza di acqua

Si riportano di seguito le soluzioni che saranno attuate per la realizzazione degli scavi in condizioni di sicurezza nelle zone critiche individuate nel paragrafo precedente.

Per minimizzare le venute d'acqua in galleria, e quindi il possibile disturbo agli acquiferi preesistenti, la scelta di fondo del progetto laddove il battente idrico esterno è inferiore ad una soglia convenzionale di 80-100 m circa, considerata il limite tecnico della resistenza del rivestimento di galleria, si prevede il rivestimento delle gallerie completamente impermeabile (impermeabilizzazione "full-round").

11.1 Scavo in tradizionale

A seconda della tipologia di terreno incassante, ove necessario per ridurre le venute d'acqua in fase di scavo, o quelle in fase di esercizio sotto battenti elevati e quindi dove non è possibile l'impermeabilizzazione "full round" si sono identificate due possibili soluzioni tecniche per la riduzione dei volumi di venute d'acqua dettagliati nel seguito:

Soluzione N°1 in roccia o terreni rocciosi fratturati

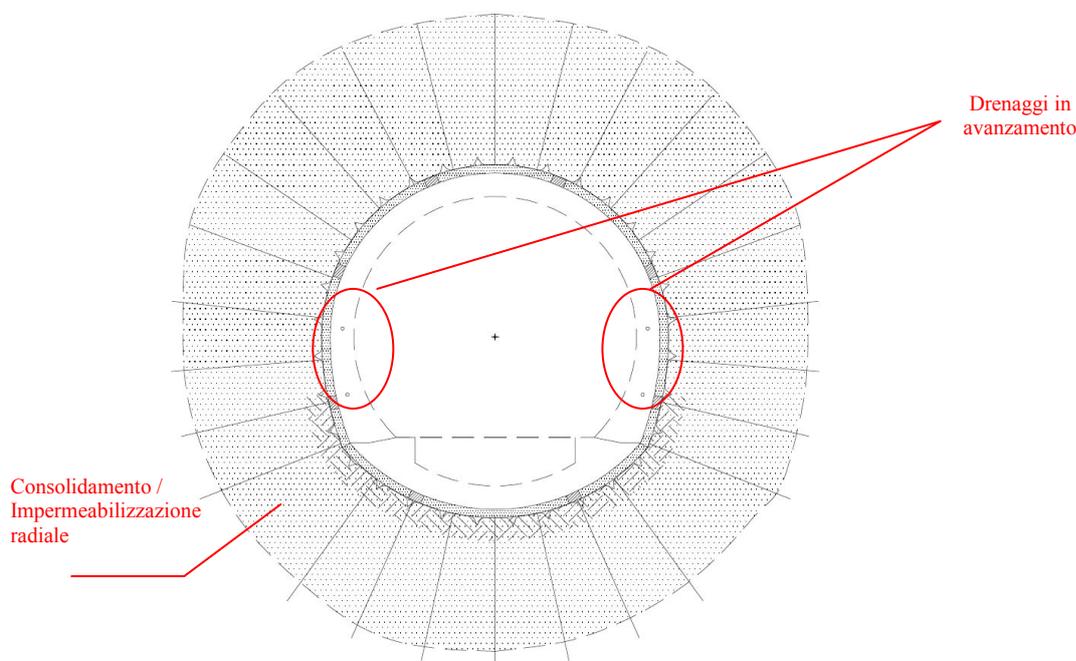


Figura 16 - Tipologico degli interventi di impermeabilizzazione - Soluzione 1

- Drenaggi longitudinali in avanzamento di lunghezza di 30 m (utile di 20m).
 - Tale intervento consente di drenare le acque in avanzamento e il convogliamento puntuale delle stesse ne facilita la gestione (captazione, eduazione) durante lo scavo.
 - Le lavorazioni in avanzamento si svolgeranno quindi in condizioni di venute d'acqua minime che verranno evacuate a gravità o per pompaggio.
- A fine scavo: ove necessario in aggiunta alla impermeabilizzazione del rivestimento consolidamento e impermeabilizzazione del cavo mediante iniezioni radiali (puntuali o diffuse secondo le caratteristiche delle venute d'acqua) di resine.

Soluzione N°2 in terreni sciolti o alluvioni

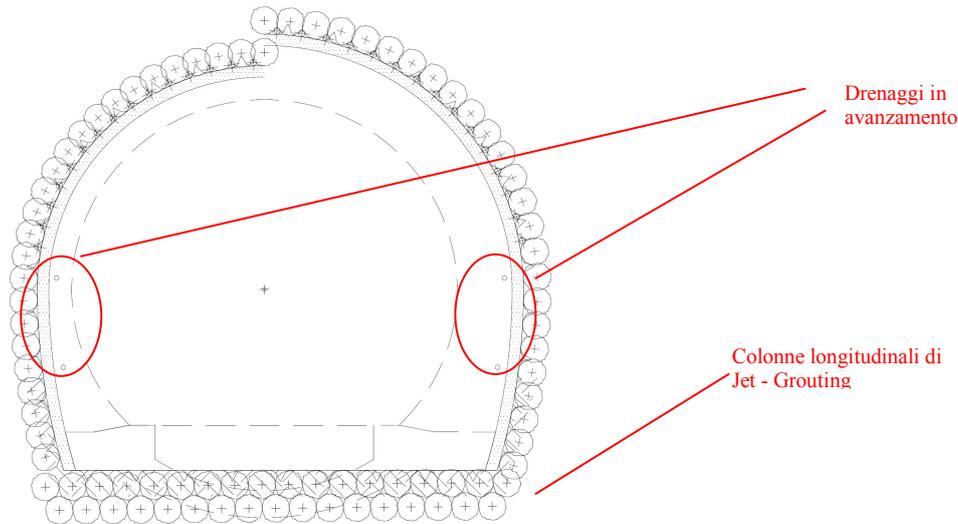


Figura 17 - Tipologico degli interventi di impermeabilizzazione - Soluzione 2

- Drenaggi longitudinali in avanzamento di lunghezza di 30 m (utile di 20m).
 - Tale intervento consente di drenare le acque in avanzamento e il convogliamento puntuale delle stesse ne facilita la gestione (captazione, eduazione).
 - Le lavorazioni in avanzamento si svolgeranno quindi in condizioni di venute d'acqua minime.
 - Consolidamento e impermeabilizzazione del cavo mediante la realizzazione di colonne di terreno consolidato/impermeabile (jet grouting) longitudinalmente all'asse della galleria.

L'applicabilità delle diverse soluzioni sarà determinata in relazione alle caratteristiche idrogeologiche effettivamente riscontrate in sito.

11.2 Scavo in meccanizzato

Gli interventi si differenziano in relazione alla metodologia di scavo meccanizzato adottato.

11.2.1 Fresa da roccia (TBM aperta)

Benché le modalità di scavo siano completamente differenti rispetto a quelle dello scavo in tradizionale, gli interventi applicabili per la riduzione delle venute d'acqua sono simili a quelli descritti al capitolo 11.1.

La differenza principale è nelle modalità operative e nelle attrezzature utilizzabili in quanto nello scavo meccanizzato gli spazi a disposizione al fronte sono estremamente ridotti (vedere *Figura 18*).

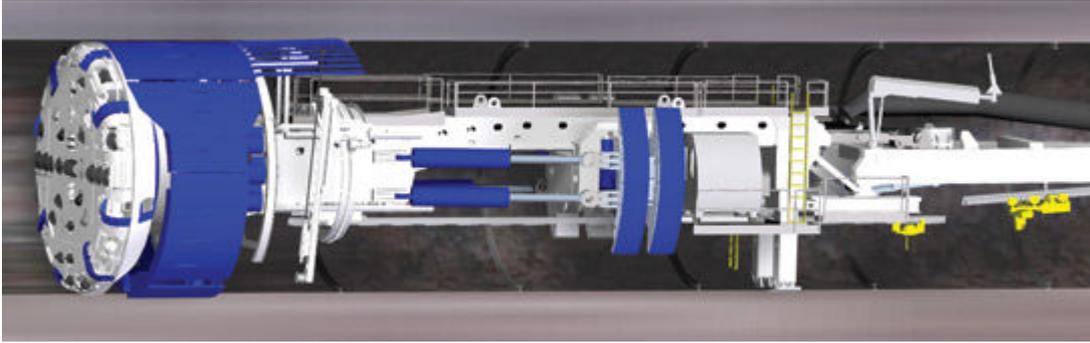


Figura 18 - Fresa aperta TBM

Si riporta di seguito una soluzione proposta per la riduzione delle venute d'acqua al fronte. Tale soluzione è confrontabile con la soluzione N°1 descritta per lo scavo in tradizionale.

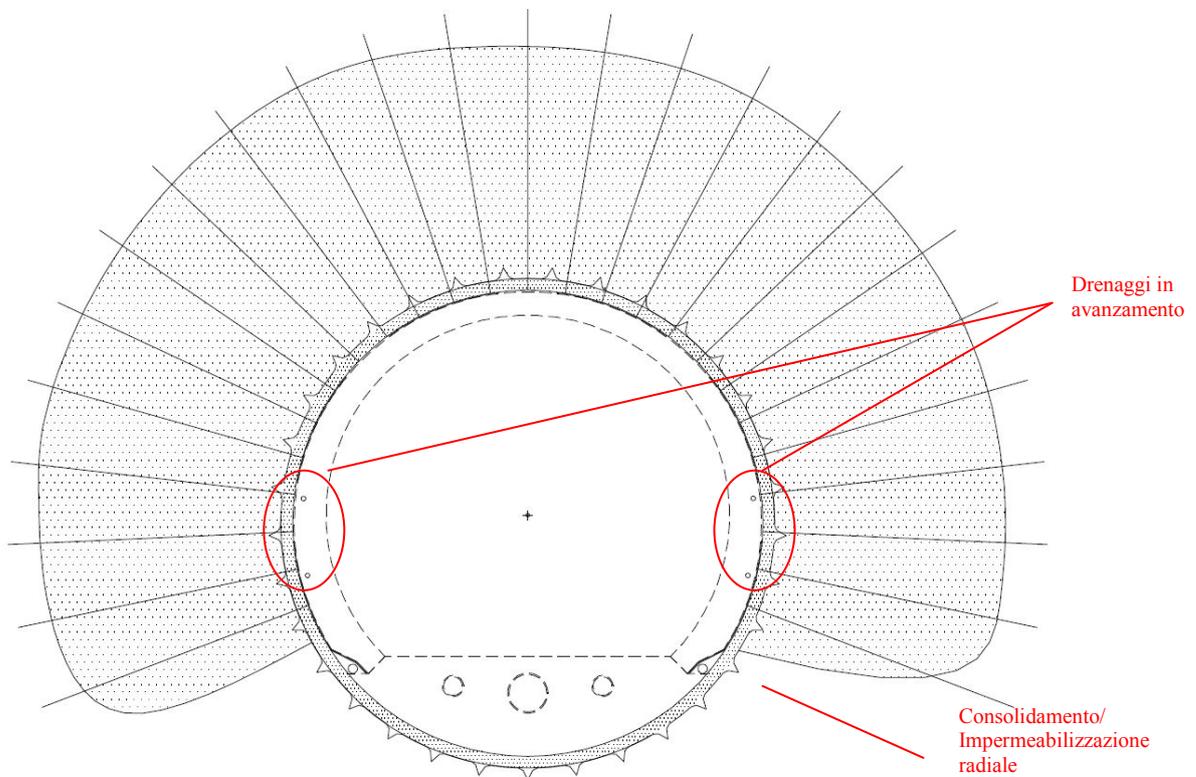


Figura 19 - Tipologico degli interventi di impermeabilizzazione – Scavo meccanizzato con fresa aperta

- Drenaggi longitudinali in avanzamento di lunghezza di 30 m (utile di 20m).
Tale intervento consente di drenare le acque in avanzamento ed il convogliamento puntuale delle stesse ne facilita la gestione (captazione, eduazione) in fase di scavo.
Le lavorazioni in avanzamento si svolgeranno quindi in condizioni di venute d'acqua minime.
- Consolidamento e impermeabilizzazione del cavo mediante iniezioni radiali (puntuali o diffuse secondo le caratteristiche delle venute d'acqua) ove necessario per controllare e ridurre per controllare le venute a lungo termine.

11.2.2 Fresa da terreno (EPB/Slurry shield)

La soluzione tecnica proposta nel paragrafo precedente per lo scavo meccanizzato con fresa aperta non risulta applicabile con questa tipologia di scavo in quanto sia il fronte di scavo che il cavo non sono accessibili (nello scavo con fresa scudata tutte le lavorazioni avvengono all'interno dello scudo e il rivestimento definitivo costituito da conci prefabbricati viene installato direttamente all'interno dello scudo).

In questo tipo di frese “a fronte confinato” si applica, al fronte ed al contorno, una contropressione che permette, tra l'altro, di evitare venute d'acqua nello scavo. Ciò è possibile per pressioni d'acqua sino a 3-4 bars per frese EPB e 7 bars per frese “slurry” (motivo per cui queste ultime, più costose, sono previste per l'attraversamento della val Cenischia).

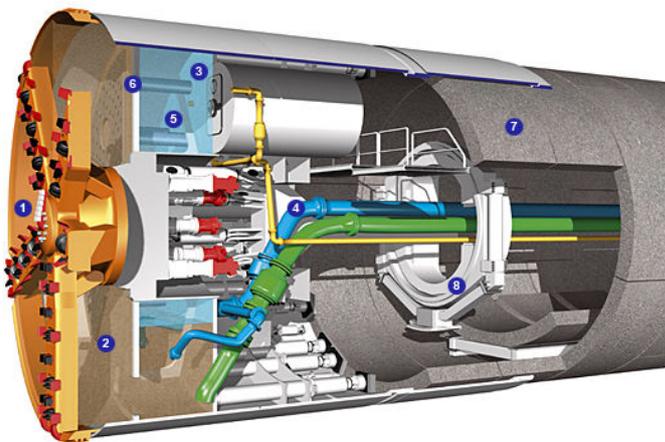


Figura 20 - Fresa scudata tipo Slurry

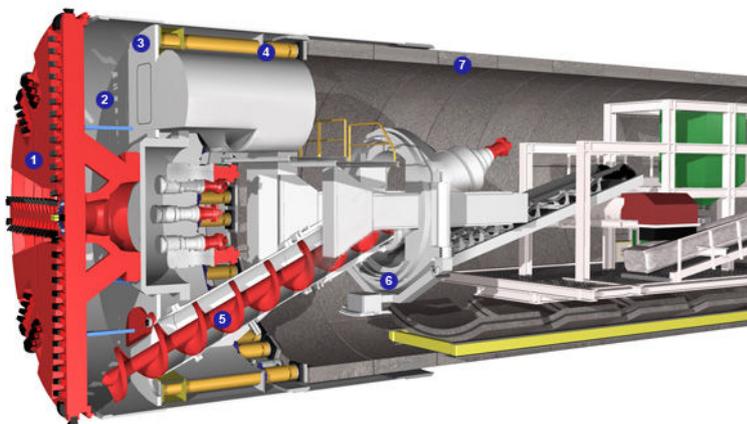


Figura 21 - Fresa scudata tipo EPB.

Sono scudi che garantiscono la chiusura completa fra il fronte di scavo e l'interno dello scudo, il supporto del fronte è garantito in continuo mediante una pressione applicata dalla fresa sul materiale di scavo e il rivestimento definitivo, costituito da conci prefabbricati, è installato all'interno dello scudo stesso.

La pressione al fronte è controllata bilanciando la spinta della macchina e la velocità di estrazione dello smarino.

L'applicazione continua di una pressione al fronte e l'installazione del rivestimento definitivo direttamente all'interno dello scudo consentono di evitare:

- collassi al fronte di scavo;
- collassi al contorno del cavo;
- il drenaggio dell'acqua di falda.

La scelta del tipo di tecnologia da utilizzarsi per lo scavo (EPB o Slurry shield) è fatta considerando le caratteristiche geomeccaniche e idrogeologiche del terreno.

11.3 Sondaggi in avanzamento

Indipendentemente dalla metodologia di scavo adottata (meccanizzato o tradizionale) potranno essere realizzati sondaggi in avanzamento.

Tali sondaggi avranno una lunghezza determinata.

A bocca foro sarà installato un BOP (Blow Out Preventer), sistema di derivazione petrolifera che consente di realizzare le perforazioni in presenza di venute d'acqua ad elevata pressione (> 50 Mpa).

In questo modo è possibile effettuare il rilascio delle pressioni in modo controllato e in condizioni di sicurezza. Il monitoraggio della venuta d'acqua (portata e pressione) consente inoltre di valutare la tipologia e le caratteristiche della stessa e quindi prevedere e successivamente attuare le misure tecniche più idonee.

11.4 Salubrità dei luoghi di lavoro

Le soluzioni tecniche descritte nei paragrafi precedenti hanno anche lo scopo di rendere i luoghi di lavoro adatti all'esecuzione dei lavori in condizioni di sicurezza adeguate e rispondenti alle normative vigenti.

Per quanto riguarda l'intercettazione di acque particolarmente calde, gli accorgimenti da adottare per la salubrità e la sicurezza delle maestranze possono consistere nell'utilizzo di opportuni Dispositivi di Protezione Individuale (indumenti e calzature impermeabili) e nell'applicazione provvisoria sulle pareti del pre - rivestimento di scossaline e membrane in PVC al fine di convogliare gli stillicidi lungo il contorno della sezione (tra parete e membrana).

Per gli aspetti specifici in materia di sicurezza si faccia riferimento alla nota "PP2-C30-TS3-1021.

Allegato 1 - Sintesi delle caratteristiche dei punti acqua relativi al monitoraggio 2009 - 2010

<i>Punto Acqua</i>		<i>Proprietario / Gestore</i>	<i>Nome punto acqua</i>	<i>Numero misure in sito</i>	<i>Portata media</i>	<i>Soggiacenza</i>	<i>Temperatura media</i>	<i>Conducibilità elettrica</i>	<i>pH</i>	<i>Salinità ionica</i>	<i>FACIES</i>	<i>Tipo sistema di flusso</i>	<i>Tipo acquifero</i>
<i>[codice]</i>	<i>[tipo]</i>			<i>[n°]</i>	<i>[l/s]</i>	<i>[m dal p.c.]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[μS/cm]</i>		<i>[meq/l]</i>			
AST_002	Sorgente non potabile			5	0.1		7.4	397	7.9	6.88247	HCO3-At	SQ	P
AST_003	Sorgente non potabile			5	0.0		9.6	389	7.9	6.76766	HCO3-At	SQ	P
AST_004	Sorgente non potabile			5	0.2		8.6	363	7.6	7.20111	HCO3-At	SQ	P
AST_005	Sorgente non potabile			5	0.2		9.3	323	7.9	7.06357	HCO3(Cl,SO4)-At	SQ	P
AST_006	Sorgente non potabile			5	0.6		8.3	171	7.7	3.72637	HCO3-At	SQ	P
AST_007	Sorgente non potabile		Pratonero	1	0.1		7.3	202	8.0	4.01294	HCO3-At	SQ	P
AST_008	Sorgente non potabile		Pra Piano	5	0.2		5.6	230	8.0	5.21442	HCO3-At	SQ	P
AST_009	Sorgente potabile		Supita	5	0.4		7.5	275	7.8	4.83263	HCO3-At	SR	A
AST_011	Sorgente potabile		Boscocedrino	5	4.8		7.7	170	7.6	3.16206	HCO3-At	SQ	P
AST_012	Sorgente potabile			1	0.8		9.3	233	7.0			SR	A
AST_013	Sorgente non potabile		Tre Merii	5	0.1		7.3	275	8.1	12.36984	HCO3-At	SR	A
AST_014	Sorgente non potabile		S.Chiara fontana	5	0.1		5.1	228	8.1	5.21187	HCO3-At	SQ	P
AST_015	Sorgente non potabile		S.Chiara tubo	5	0.2		4.7	229	8.0	5.62745	HCO3-At	SQ	P
AST_016	Sorgente non potabile		Contraerea	5	0.1		13.0	286	7.0			SQ	P
AST_017	Sorgente non potabile		Fontani' o Supita	5	0.1		5.9	220	7.9	4.00666	HCO3-At	SQ	P
AST_018	Sorgente potabile		Escosa	5	1.1		7.8	647	7.5	40.83071	HCO3-At	SQ	P
AST_024	Sorgente non potabile		Fogassa	4	0.1		10.7	341	7.7			SQ	P
AST_025	Sorgente potabile		Fontana Maria inf	5	3.1		8.1	299	7.8	15.16234	HCO3-At	SQ	P

Bureau d'études TSE3 – Gruppo di progetto TSE3
 BG-AMBERG–LOMBARDI-ARCADIS-TECNIMONT-STUDIO QUARANTA-SEA CONSULTING-ITALFERR-INEXIA-SYSTRA

<i>Punto Acqua</i>		<i>Proprietario / Gestore</i>	<i>Nome punto acqua</i>		<i>Portata media</i>	<i>Soggiacenza</i>	<i>Temperatura media</i>	<i>Conducibilità elettrica</i>	<i>pH</i>	<i>Salinità ionica</i>	<i>FACIES</i>	<i>Tipo sistema di flusso</i>	<i>Tipo acquifero</i>
<i>[codice]</i>	<i>[tipo]</i>				<i>[l/s]</i>	<i>[m dal p.c.]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[μS/cm]</i>		<i>[meq/l]</i>			
AST_026	Sorgente potabile		Fontana Maria sup	5	4.1		8.7	299	7.8	17.75439	HCO3-At	SQ	P
AST_030	Sorgente non potabile		Nicoletto	5	0.4		11.7	394	7.4	8.33439	HCO3-At	SQ	P
AST_032	Sorgente non potabile			5	0.3		11.6	518	7.2	9.79893	HCO3-At	SR	F, P
AST_033	Sorgente non potabile		Murisi	5	0.1		11.7	376	7.4	8.14007	HCO3(SO4)-At	SR	F, D, P
AST_034	Sorgente non potabile		Iclia	4	0.8		10.0	390	7.3	15.36838	HCO3-At	SQ	P
AST_035	Sorgente non potabile		Mocchietti	2									
AST_036	Sorgente non potabile		Praletto1	1								SQ	P
AST_104	Sorgente non potabile			5	0.1		10.5	421	7.7			SR	F, P
AST_107	Sorgente non potabile			5	0.0		9.0	587				SQ	P
AST_116	Sorgente non potabile			5	0.0		7.7	489	7.5	9.33230	HCO3-At	SR	F, f, P
AST_121	Sorgente potabile	Rif. Amprino			0.3		9.8	92	7.9			SQ	P
AST_123	Sorgente non potabile			5	0.0		13.3	463	7.4			SR	F, P
AST_125	Sorgente non potabile			5	1.0		10.5	306	7.7	7.13877	HCO3-At	SR	F, P
AST_129	Sorgente potabile		Borello	5	0.4		10.9	449	7.4	9.67523	HCO3-At	SQ	P
AST_132	Sorgente non potabile			5	0.1		8.9	373	7.8	7.59775	HCO3-At	SQ	P
AST_140	Sorgente non potabile			5	0.0		6.9	313	7.6	6.77464	HCO3-At	SR	A, P
AST_149	Sorgente non potabile			4	0.0		10.7	470	7.2	8.84297	HCO3-At	SQ	P
AST_152	Sorgente non potabile			5	0.1		7.5	223	7.1	5.24480	HCO3-At	SQ	P

<i>Punto Acqua</i>		<i>Proprietario / Gestore</i>	<i>Nome punto acqua</i>		<i>Portata media</i>	<i>Soggiacenza</i>	<i>Temperatura media</i>	<i>Conducibilità elettrica</i>	<i>pH</i>	<i>Salinità ionica</i>	<i>FACIES</i>	<i>Tipo sistema di flusso</i>	<i>Tipo acquifero</i>
<i>[codice]</i>	<i>[tipo]</i>				<i>[l/s]</i>	<i>[m dal p.c.]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[μS/cm]</i>		<i>[meq/l]</i>			
AST_153	Sorgente potabile			1	0.7		11.4	246	7.6			SQ	P
AST_154	Sorgente potabile												
AST_157	Sorgente potabile			1	1.0		10.4	246	7.5			SQ	P
AST_160	Sorgente non potabile			4	0.0		9.6	274	7.1			SR	F, P
AST_161	Sorgente non potabile			4	0.1		9.6	323	7.2	6.56493	HCO3(SO4)-At	SR	F, P
AST_163	Sorgente non potabile			4	0.7		10.3	351	7.1	6.55916	HCO3(SO4)-At	SR	F, P
AST_167	Sorgente non potabile			4	0.1		12.4	43				SQ	P
AST_171	Sorgente potabile											SQ	P
AST_181	Pozzo potabile	Com. Susa	Pozzo Privato Enel	3		46.0	11.2	721	7.4	15.53295	HCO3(SO4)-At		P, D, F
AST_184	Pozzo non potabile	Com. Susa	Pozzo Autoporto	3		36.1							
AST_186	Sorgente non potabile		Castagneretto	2									
AST_187	Pozzo potabile	Com. Sant'Antonino di	Pozzo Chodrei	5		2.3	10.8	313	7.7	7.00621	HCO3-At	SQ	P
AST_188	Pozzo potabile	Com. Chiusa di S. Michele	Pozzo CMG11	5		4.0	11.1	362	7.8	8.05921	HCO3-At	SQ	P
AST_192	Sorgente non potabile			2									
AST_193	Sorgente potabile		Bessetti	5	3.3		10.0	344	7.6	8.01940	HCO3-At	SQ	P
AST_194	Sorgente potabile			5	0.2		8.5	496	7.3	11.54424	HCO3-At	SR	F, P
AST_218	Sorgente potabile		Greisone	2	0.2		8.8	180	7.6	3.22455	HCO3-At	SQ	P
AST_222	Sorgente potabile			5	0.2		10.1	289	7.6	5.57625	HCO3-At	SQ	P

Bureau d'études TSE3 – Gruppo di progetto TSE3
 BG-AMBERG-LOMBARDI-ARCADIS-TECNIMONT-STUDIO QUARANTA-SEA CONSULTING-ITALFERR-INEXIA-SYSTRA

<i>Punto Acqua</i>		<i>Proprietario / Gestore</i>	<i>Nome punto acqua</i>		<i>Portata media</i>	<i>Soggiacenza</i>	<i>Temperatura media</i>	<i>Conducibilità elettrica</i>	<i>pH</i>	<i>Salinità ionica</i>	<i>FACIES</i>	<i>Tipo sistema di flusso</i>	<i>Tipo acquifero</i>
<i>[codice]</i>	<i>[tipo]</i>				<i>[l/s]</i>	<i>[m dal p.c.]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[μS/cm]</i>		<i>[meq/l]</i>			
AST_244	Piezometro non potabile	LTF		4		4.5	15.1	393	8.4	6.42286	HCO3(SO4)-At(A)	SR	P, F
AST_266	Sorgente non potabile			5	0.0		6.4	234	7.5	4.20812	HCO3-At	SQ	P
AST_283	Pozzo potabile	Com. Susa	Pozzo Mompantero	3		1.0	11.8	631	7.4	13.89758	SO4(HCO3)-At	SR	P, F
AST_355	Sorgente non potabile			5	0.0		6.6	451	7.8	9.80615	HCO3-At	SQ	P
AST_373	Sorgente non potabile			1									
AST_381	Sorgente non potabile			5	0.0		5.5	172	7.9	3.38669	HCO3-At	SQ	P
AST_388	Pozzo non potabile	SOC.ASCAM	Fonti San Michele										
AST_389	Pozzo non potabile	ALCAR	Fonti San Michele	4		2.6	11.6	315	7.8	5.69616	HCO3-At	SQ	P
AST_390	Sorgente potabile		Gipperà									SQ	P
AST_392	Sorgente non potabile		Ave Maria	4	0.0		14.3	505				SQ	P
AST_394	Sorgente potabile		Pian Sufi	1	0.7		6.2	449	7.3	8.72079	SO4(HCO3)-At	SR	D
AST_410	Sorgente potabile	SMAT	Vignassa	5	1.7		10.8	206	7.1	4.54798	HCO3-At	SR	F, P
AST_441	Sorgente potabile			5	0.6		8.0	177	7.8	3.54626	HCO3-At	SQ	P
AST_445	Sorgente potabile			1	0.2		6.1	228	8.1	4.17877	HCO3-At	SR	A
AST_446	Sorgente potabile			1	0.1		6.1	254	8.1	4.57518	HCO3-At	SR	A
AST_452	Sorgente non potabile		Boissonat 3	4	0.0		6.3	232	8.0			SR	A
AST_463	Piezometro non potabile	SITAF	PZ10	2		2.1	10.7	743	7.2	15.25463	HCO3(SO4)-At	SQ	P, (D)
AST_464	Piezometro non potabile	SITAF	PZ7	2		2.7	11.7	362	8.2	7.18581	SO4(HCO3)-At	SQ	P, (D)

Bureau d'études TSE3 – Gruppo di progetto TSE3
BG-AMBERG–LOMBARDI-ARCADIS-TECNIMONT-STUDIO QUARANTA-SEA CONSULTING-ITALFERR-INEXIA-SYSTRA

<i>Punto Acqua</i>		<i>Proprietario / Gestore</i>	<i>Nome punto acqua</i>		<i>Portata media</i>	<i>Soggiacenza</i>	<i>Temperatura media</i>	<i>Conducibilità elettrica</i>	<i>pH</i>	<i>Salinità ionica</i>	<i>FACIES</i>	<i>Tipo sistema di flusso</i>	<i>Tipo acquifero</i>
<i>[codice]</i>	<i>[tipo]</i>				<i>[l/s]</i>	<i>[m dal p.c.]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[μS/cm]</i>		<i>[meq/l]</i>			
AST_466	Pozzo non potabile	privato		1									
AST_467	Pozzo non potabile	privato		1									
AST_469	Sorgente non potabile		Prariondetto Centralina	4	0.5		7.0	299	8.2			SR	P, F
AST_477	Sorgente non potabile		Seghino	5	0.1		8.5	349	7.7	7.90750	HCO3-At	SR	P, F
AST_478	Piezometro non potabile	SITAF	PZ6	2		2.2	12.8	330	7.6	6.85336	HCO3-At	SQ	P
AST_479	Piezometro non potabile	SITAF	S9	2		3.4	11.0	679	7.4	14.29798	SO4(HCO3)-At	SQ	P
AST_480	Piezometro non potabile	SITAF	S10	2		1.9	9.7	879	7.4	18.67719	Cl(HCO3,SO4)-A(At)	SQ	P
AST_486	Sorgente potabile			5	3.7		6.4	136	7.9	2.80420	HCO3-At	SQ	P
AST_492	Sorgente non potabile			4	0.1		7.5	219	8.3	4.45717	HCO3-At	SQ	P
AST_493	Sorgente non potabile			1	0.0		10.6	222	7.9			SQ	P
AST_494	Sorgente non potabile			1	0.8		7.5	234	7.8			SQ	P
AST_495	Sorgente non potabile			1	0.3		8.6	222	8.2			SQ	P
AST_496	Sorgente non potabile			5	0.1		10.3	202	8.0	3.65510	HCO3-At	SQ	P
AST_500	Sorgente non potabile			5	0.5		14.8	148	8.2			SQ	P
AST_502	Sorgente non potabile			5	0.0		9.1	181	7.7			SQ	P
AST_510	Piezometro non potabile	IRIDE	PZ7	4		26.5	10.0	213	8.0			SQ	P
AST_511	Sorgente non potabile			5	0.1		7.5	184	8.0			SQ	P
AST_512	Sorgente non potabile			6	0.2		6.8	201	8.0	4.46439	HCO3-At	SQ	P

<i>Punto Acqua</i>		<i>Proprietario / Gestore</i>	<i>Nome punto acqua</i>		<i>Portata media</i>	<i>Soggiacenza</i>	<i>Temperatura media</i>	<i>Conducibilità elettrica</i>	<i>pH</i>	<i>Salinità ionica</i>	<i>FACIES</i>	<i>Tipo sistema di flusso</i>	<i>Tipo acquifero</i>
<i>[codice]</i>	<i>[tipo]</i>				<i>[l/s]</i>	<i>[m dal p.c.]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[μS/cm]</i>		<i>[meq/l]</i>			
AST_522	Sorgente non potabile			4	0.0		7.3	422	7.7			SQ	P
AST_531	Sorgente potabile	SMAT		5	0.2		12.8	383	7.0	8.42571	HCO3-At	SQ	P
AST_541	Sorgente potabile	Com. Villar Focchiardo											
AST_543	Pozzo potabile												
AST_544	Sorgente non potabile			4	0.1		11.2	41				SQ	P
AST_545	Sorgente non potabile			4	0.0		7.5	422	7.6	7.68890	HCO3-At	SQ	P
AST_546	Sorgente non potabile			4	0.3		5.4	196	7.9	3.41168	HCO3-At	SQ	P
AST_550	Sorgente non potabile			4	0.1		8.5	472	7.7	8.73130	HCO3-At	SQ	P
AST_552	Sorgente non potabile			5	0.0		7.9	293	7.6	6.01898	HCO3(SO4)-At	SR	A, F, D
AST_553	Sorgente non potabile			5	0.1		7.9	343	7.5			SR	A, F, D
AST_554	Sorgente non potabile			5	0.2		4.7	70	7.1	1.56935	HCO3(SO4)-At	SR	A, D
AST_555	Sorgente potabile												
AST_561	Sorgente potabile												
AST_564	Sorgente non potabile			5	0.0		7.8	327	7.7			SQ	P
AST_567	Sorgente non potabile			5	0.2		6.3	309	7.6	6.98540	HCO3-At	SR	A
AST_573	Sorgente non potabile			5	0.2		5.0	261	7.8	4.20350	HCO3-At	SR	A, P
AST_576	Sorgente non potabile			5	0.2		8.4	390	7.6	9.30463	HCO3-At	SR	A, P
AST_578	Sorgente non potabile			5	0.1		8.1	503	7.5	11.77140	HCO3-At	SR	A, P

Bureau d'études TSE3 – Gruppo di progetto TSE3
 BG-AMBERG-LOMBARDI-ARCADIS-TECNIMONT-STUDIO QUARANTA-SEA CONSULTING-ITALFERR-INEXIA-SYSTRA

<i>Punto Acqua</i>		<i>Proprietario / Gestore</i>	<i>Nome punto acqua</i>		<i>Portata media</i>	<i>Soggiacenza</i>	<i>Temperatura media</i>	<i>Conducibilità elettrica</i>	<i>pH</i>	<i>Salinità ionica</i>	<i>FACIES</i>	<i>Tipo sistema di flusso</i>	<i>Tipo acquifero</i>
<i>[codice]</i>	<i>[tipo]</i>				<i>[l/s]</i>	<i>[m dal p.c.]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[μS/cm]</i>		<i>[meq/l]</i>			
AST_579	Sorgente potabile	Com. Bussoleno		5	1.1		10.2	349	7.4	7.22132	HCO3-At	SR	A, P
AST_581	Sorgente potabile	Com. S. Giorio di Susa											
AST_582	Sorgente potabile	Com. S. Giorio di Susa											
AST_583	Sorgente potabile	Com. S. Giorio di Susa											
AST_587	Sorgente non potabile			3	0.0		11.4	462	7.1	8.33364	HCO3-At	SQ	P
AST_589	Sorgente non potabile	Com. S. Giorio di Susa		1									
AST_590	Sorgente non potabile			4	0.0		8.7	421	7.9	9.76649	HCO3-At	SR	F, P
AST_598	Sorgente non potabile			5	0.0		6.8	374	7.7			SQ	P
AST_599	Sorgente non potabile			2	0.0		13.0	209				SQ	P
AST_633	Pozzo non potabile	privato		2		2.3							
AST_634	Pozzo non potabile	privato		2		3.1	10.9	577	7.3	10.09738	HCO3-At	SQ	P
AST_636	Sorgente potabile			1			6.2	168	6.5			SQ	P
AST_642	Sorgente potabile			2	1.0		8.0	242	7.2	4.07601	HCO3-At	SQ	P
AST_643	Sorgente non potabile			5	12.1		3.2	373	8.1	5.28853	HCO3-At	SR	D, P
AST_649	Sorgente non potabile			5	0.1		5.9	271	7.9	12.23446	HCO3-At	SQ	P
AST_652	Sorgente non potabile			2	35.2		9.2	551	7.8			SR	D, P

Allegato 2 – Stratigrafie dei sondaggi realizzati da LTF nella campagna d'indagini
geognostiche 2009 - 2010

Allegato 3a - Elenco dei punti acqua per i quali la valutazione della probabilità d'isterilimento è stata realizzata in riferimento al Tunnel di Base, con i valori dei principali parametri che determinano l'indice DHI

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_002	Sorgente	1.2	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.38	0.03	1
AST_003	Sorgente	1.2	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.38	0.03	1
AST_004	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.9	1	0.47	0.04	1
AST_005	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_006	Sorgente	1.2	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.03	1
AST_007	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_008	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_009	Sorgente	1.2	1	0.25	1.25	1.5	2	0.20	0.25	1	0.35	0.11	2
AST_011	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_012	Sorgente	1.2	1	0.25	1.25	1.5	2	0.20	0.25	1	0.35	0.11	2
AST_013	Sorgente	1.2	1	0.25	1.25	1.5	2	0.20	0.25	1	0.35	0.11	2
AST_014	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_015	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_016	Sorgente	1.2	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.38	0.03	1
AST_017	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_018	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.5	1	0.44	0.03	1
AST_020	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.38	0.03	1
AST_022	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.45	0.03	1
AST_024	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_025	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.20	2
AST_026	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.20	2
AST_029	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.20	2
AST_030	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.30	0.04	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_031	Sorgente	1.9	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.09	1
AST_032	Sorgente	1.5	1	0.25	1.25	1.5	2	0.20	0.25	1	0.37	0.14	2
AST_033	Sorgente	1.2	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.38	0.09	1
AST_034	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_035	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_036	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_038	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_039	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_040	Sorgente	1.9	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.09	1
AST_042	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_053	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_055	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_057	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_058	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.38	0.03	1
AST_059	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.45	0.03	1
AST_062	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_064	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_065	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_067	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_069	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_070	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_074	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_079	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_080	Pozzo	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.45	0.03	1
AST_092	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_181	Pozzo	1.2	1	0	1	1	1.2	0.10	0.25	1	0.33	0.03	1
AST_184	Pozzo	1.9	1	0	1	1	0.2	0.10	0.25	1	0.30	0.01	1
AST_190	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.30	0.03	1
AST_218	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.31	0.07	1
AST_220	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.31	0.04	1
AST_221	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.31	0.04	1
AST_222	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.31	0.04	1
AST_223	Sorgente	1.1	1.5	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.15	2
AST_224	Sorgente	1.2	1.5	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.17	2
AST_225	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.38	0.04	1
AST_226	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.5	1	0.44	0.05	1
AST_228	Sorgente	0	1	0	1	1	1	0.10	0.5	1	0.44	0.00	1
AST_231	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_233	Sorgente	0	1	0	1	2	1	0.10	0.25	1	0.31	0.00	1
AST_234	Sorgente	0	1	0	1	2	1	0.10	0.25	1	0.31	0.00	1
AST_239	Sorgente	1.1	1.5	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.15	2
AST_244	Piezometro	1.5	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.10	1
AST_261	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_265	Sorgente	1.2	1	0.25	1.25	1.5	2	0.20	0.25	1	0.35	0.11	2
AST_266	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_283	Pozzo	1.5	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.10	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_319	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.33	0.04	1
AST_321	Sorgente	0	1	0	1	1	1	0.10	0.5	1	0.44	0.00	1
AST_323	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.31	0.04	1
AST_325	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_339	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_355	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_368	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_369	Sorgente	1.1	1	0	1	2	1	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_373	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_378	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_381	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_394	Sorgente	1.1	1	0.25	1.25	1	2	0.20	0.25	1	0.35	0.07	1
AST_411	Sorgente	0	1	0	1	2	1	0.10	0.25	1	0.31	0.00	1
AST_412	Sorgente	0	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.45	0.00	1
AST_432	Pozzo	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.5	1	0.44	0.05	1
AST_433	Pozzo	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.5	1	0.44	0.05	1
AST_435	Sorgente	1.1	1	0.5	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.44	0.15	2
AST_437	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_439	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_441	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_442	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_444	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_445	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_446	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_447	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_448	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_450	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.38	0.03	1
AST_451	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_452	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_453	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_454	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_455	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_456	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.38	0.03	1
AST_457	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.5	1	0.44	0.03	1
AST_458	Sorgente	1.1	1	0	1	2	2	0.10	0.25	1	0.33	0.10	1
AST_459	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_460	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_461	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_468	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.10	1
AST_469	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.10	1
AST_470	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_471	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_472	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.31	0.04	1
AST_473	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.31	0.04	1
AST_474	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_477	Sorgente	1.5	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.14	2

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_486	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_487	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_489	Sorgente	0	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.00	1
AST_490	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_491	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_492	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_493	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_494	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_495	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_496	Sorgente	1.2	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.03	1
AST_497	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_498	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_499	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_500	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_502	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_503	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_504	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_505	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_506	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_507	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_508	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_509	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1
AST_510	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_511	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_512	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_513	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_515	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_517	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_518	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_519	Pozzo	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_520	Sorgente	1.9	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.09	1
AST_521	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_522	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_523	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_524	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_525	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_527	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.30	0.02	1
AST_637	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_638	Sorgente	0	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.45	0.00	1
AST_639	Sorgente	0	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.45	0.00	1
AST_641	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.30	0.04	1
AST_642	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_643	Sorgente	1.1	1	0	1	2	2	0.10	0.25	1	0.31	0.09	1
AST_644	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_645	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_646	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_647	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_648	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.9	1	0.47	0.05	1
AST_649	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.06	1
AST_650	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.9	1	0.47	0.04	1
AST_651	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.9	1	0.47	0.04	1
AST_652	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.31	0.07	1
AST_653	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_654	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_655	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_656	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_657	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_658	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_659	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_665	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.31	0.04	1
AST_666	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.31	0.04	1
AST_667	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_668	Piezometro	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.06	1
AST_669	Piezometro	1.2	1	0	1	1	1	0.10	0.9	1	0.47	0.04	1
AST_670	Piezometro	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.33	0.04	1

Allegato 3b - Elenco dei punti acqua per i quali la valutazione della probabilità d'isterilimento è stata realizzata in riferimento al Tunnel dell'Orsiera, con i valori dei principali parametri che determinano l'indice DHI

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_098	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_099	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_100	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_101	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_102	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_103	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_104	Sorgente	1.2	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.08	1
AST_107	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_109	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_111	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_115	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_116	Sorgente	1.5	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.10	1
AST_119	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_120	Sorgente	0	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.00	1
AST_121	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_123	Sorgente	1.5	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.14	2
AST_125	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_126	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_129	Sorgente	1.5	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.14	2
AST_132	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_133	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_134	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_138	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_140	Sorgente	1.5	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.10	1
AST_142	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_144	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.11	2
AST_145	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_149	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_152	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_153	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_154	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_156	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_157	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_160	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.17	2
AST_161	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.17	2
AST_162	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_163	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.17	2
AST_165	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_167	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_170	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.06	1
AST_171	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.06	1
AST_185	Pozzo	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.33	0.04	1
AST_186	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_187	Pozzo	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.31	0.07	1
AST_188	Pozzo	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.10	1
AST_191	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.11	2

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_192	Sorgente	1.5	0	0	0	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.00	1
AST_193	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_194	Sorgente	1.5	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.14	2
AST_195	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.15	2
AST_196	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_197	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_198	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_199	Sorgente	1.2	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.08	1
AST_200	Sorgente	1.2	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.08	1
AST_206	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_207	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_208	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.38	0.06	1
AST_209	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_210	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.38	0.06	1
AST_212	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.38	0.06	1
AST_213	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_214	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_215	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_216	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_235	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.5	1	0.50	0.04	1
AST_237	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.5	1	0.50	0.04	1
AST_238	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.5	1	0.50	0.04	1
AST_387	Pozzo	1.2	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.08	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_388	Pozzo	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.10	1
AST_389	Pozzo	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.10	1
AST_390	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_391	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_392	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_399	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_400	Sorgente	1.2	1	0	1	2	2	0.10	0.25	1	0.31	0.10	1
AST_401	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_402	Sorgente	1.2	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.31	0.08	1
AST_403	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_404	Sorgente	1.2	1	0	1	2	2	0.10	0.25	1	0.31	0.10	1
AST_405	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_406	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_407	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_408	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_409	Sorgente	1.2	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.31	0.08	1
AST_410	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.44	0.11	2
AST_413	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.38	0.06	1
AST_414	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.38	0.06	1
AST_415	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_416	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.38	0.06	1
AST_417	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.38	0.06	1
AST_418	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_419	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_420	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_421	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_422	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_423	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_424	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_425	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_426	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_427	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_428	Sorgente	1.5	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.14	2
AST_429	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_430	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_431	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_434	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_463	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_464	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_465	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_466	Pozzo	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_467	Pozzo	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_475	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_476	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_478	Piezometro	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.10	1
AST_479	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.31	0.02	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_480	Piezometro	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_481	Piezometro	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_530	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_531	Sorgente	1.1	1	0	1	1	1	0.10	0.25	1	0.33	0.02	1
AST_532	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	1	0.10	0.25	1	0.33	0.04	1
AST_534	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.44	0.11	2
AST_535	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.44	0.11	2
AST_536	Sorgente	0	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.00	1
AST_537	Sorgente	0	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.00	1
AST_538	Sorgente	0	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.00	1
AST_539	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_540	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_541	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_542	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.10	1
AST_543	Pozzo	1.2	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.08	1
AST_544	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_545	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_546	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_547	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_548	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.06	1
AST_549	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.06	1
AST_550	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_551	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_552	Sorgente	1.5	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.21	3
AST_553	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.17	2
AST_554	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_555	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_556	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_557	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_558	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.10	1
AST_559	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.10	1
AST_560	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_561	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_562	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_563	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_564	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_565	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_567	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.10	1
AST_568	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_569	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_570	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_571	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_572	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_573	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_576	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_577	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.17	2

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_578	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.17	2
AST_579	Sorgente	1.5	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.10	1
AST_580	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_581	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_582	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_583	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_584	Sorgente	1.5	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.14	2
AST_587	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_588	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_589	Sorgente	1.5	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_590	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1.5	2	0.40	0.25	1	0.45	0.17	2
AST_596	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_597	Sorgente	0	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.00	1
AST_598	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_599	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_600	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_601	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_602	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_603	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_605	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.10	1
AST_606	Sorgente	1.2	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.11	2
AST_607	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_608	Sorgente	1.1	1.5	0	1.5	1	2	0.40	0.25	1	0.45	0.10	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_609	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_611	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_612	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_613	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_614	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_615	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_616	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_617	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_618	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_619	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_620	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_621	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_622	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_623	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_624	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_625	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_626	Sorgente	1.1	1	0	1	2	2	0.10	0.5	1	0.50	0.15	2
AST_627	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_628	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.5	1	0.50	0.08	1
AST_631	Sorgente	1.2	1	0	1	2	2	0.10	0.25	1	0.31	0.10	1
AST_632	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_633	Pozzo	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_634	Pozzo	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1

Codice Sorgente	Tipo punto acqua	Distanza di Tunnel	Intersezione con Faglie maggiori	Fenomeni di dissoluzione	Canali di permeabilità	Tipo di Sorgente	Effetto topografico	Frequenza di Fratturazione	Permeabilità del Massiccio	Ampiezza della Zona Plastica	Potenziale di Drenaggio	Indice di Probabilità di Isterilimento	Classe DHI
		DT	IF	FD	CP	TS	ET	FF	MK	PZ	PI	DHI	
AST_635	Sorgente	1.2	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.31	0.05	1
AST_636	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_660	Sorgente	1.5	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.10	1
AST_661	Sorgente	1.9	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.38	0.15	2
AST_662	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_671	Sorgente	1.1	1	0	1	1	2	0.10	0.25	1	0.33	0.05	1
AST_672	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_673	Sorgente	1.1	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.07	1
AST_674	Sorgente	1.5	1	0	1	1.5	2	0.10	0.25	1	0.33	0.10	1