



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben


Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee







Ausbau Eisenbahnachse München-Verona  
**BRENNER BASISTUNNEL**  
Ausführungsplanung


Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona  
**GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
Progettazione esecutiva

<b>D0700: Baulos Mauls 2-3</b>	<b>D0700: Lotto Mules 2-3</b>
<b>Projekteinheit</b> Gesamtbauwerke Teil 3	<b>WBS</b> Opere generali Parte 3
<b>Dokumentenart</b> Technischer Bericht	<b>Tipo Documento</b> Relazione tecnica
<b>Titel</b> Schutz der Grundwasserreserven	<b>Titolo</b> Relazione sulla salvaguardia delle risorse idriche

 <b>RTI 4P</b> Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P <small>cto Pio Iler S.r.l., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026767911, Fax: +39 0287152612</small>	Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470
--	--

<b>Mandataria</b>  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	<b>Mandante</b>  PÖYRY	<b>Mandante</b>  pini swiss engineers	<b>Mandante</b>  PASQUALI-RAUSA ENGINEERING S.r.l./G.m.b.H.
Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista Ing. Rodrigo Correa	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista

	<b>Datum / Data</b>	<b>Name / Nome</b>	<b>Gesellschaft / Società</b>
<b>Bearbeitet / Elaborato</b>	30.01.2015	Ceriani / Zanelli	Pöyry
<b>Geprüft / Verificato</b>	30.01.2015	Correa	Pöyry

 <b>BBT</b> Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE	<b>Name / Nome</b> R. Zurlo	<b>Name / Nome</b> K. Bergmeister
--	--------------------------------	--------------------------------------

<b>Projekt-kilometer / Chilometro progetto</b>	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	<b>Bau-kilometer / Chilometro opera</b>	von / da 32.0+88 bis / a 44.1+92 bei / al	<b>Status Dokument / Stato documento</b>		<b>Massstab / Scala</b>	-
--	---	---	---	--	--	-------------------------	---

<b>Staat</b> Stato	<b>Los</b> Lotto	<b>Einheit</b> Unità	<b>Nummer</b> Numero	<b>Dokumentenart</b> Tipo Documento	<b>Vertrag</b> Contratto	<b>Nummer</b> Codice	<b>Revision</b> Revisione
02	H61	OP	035	KTB	D0700	23058	21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für die Ausschreibung / Emissione per Appalto	Correa	30.01.2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.2014	Correa	04.12.2014
11	Revision Definitive Version / Revisione Versione Definitiva	Correa	09.10.2014
10	Definitive Version / Versione Definitiva	Correa	31.07.2014
00	Erstversion / Prima Versione	Correa	22.05.2014

<b>1</b>	<b>BESCHREIBUNG DER BAUWERKE</b>	
<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE</b> .....	<b>4</b>
1.1	DEFINITION DER BAUWERKE DES BAULOSES MAULS 2-3	
1.1	DEFINIZIONE DELLE OPERE DEL LOTTO DI COSTRUZIONE MULES 2-3 .....	4
1.2	UNTERTEILUNG DES BAULOS MAULS 2-3	
1.2	SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO MULES 2-3 .....	6
<b>2</b>	<b>ABSCHNITTE MIT MÖGLICHEN INTERFERENZEN DER GEWÄSSERN</b>	
<b>2</b>	<b>SETTORI CON POSSIBILI INTERFERENZE CON LE RISORSE IDRICHE</b> .....	<b>10</b>
2.1	VORWORT	
2.1	GENERALITA' .....	10
2.2	MIT QUELLEN INTERFERIERENDEN ABSCHNITTE	
2.2	SETTORI CON POSSIBILI INTERFERENZE CON LE RISORSE IDRICHE .....	10
2.2.1	Abschnitt der prealpinischen Basement (Zentralgneis) und der unteren Schieferhülle	
2.2.1	Settore del Basamento pre-alpino (Gneiss centrale) e dell'Untere Schieferhülle .....	11
2.2.2	Abschnitt der Schiefer von Pfitscher und Glockner	
2.2.2	Settore dei calcescisti delle falde di Vizze e Glockner.....	11
2.3	GESCHÜTZTEN WASSERQUELLEN	
2.3	ACQUIFERI PREGIATI .....	12
2.3.1	Brenner Thermalquellen	
2.3.1	Terme del Brennero.....	12
2.3.2	Kaltwasserquelle	
2.3.2	Sorgente Kaltwasser .....	13
2.4	QUERUNG DER ZONEN MIT ZU SCHÜTZENDEN WASSERRESOURCEN	
2.4	ATTRAVERSAMENTO DELLE ZONE CON RISORSE IDRICHE DA PRESERVARE .....	14
<b>3</b>	<b>ERKUNDUNGEN WÄHREND DER VORTRIEBSPHASE ZUR ORTUNG DER GEOLOGISCH KRITISCHEN BEREICHE</b>	
<b>3</b>	<b>INDAGINI IN AVANZAMENTO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE GEOLOGICAMENTE PIÙ CRITICHE</b> .....	<b>17</b>
3.1	ERKUNDUNGSSTOLLEN	
3.1	CUNICOLO ESPLORATIVO .....	17
3.2	HAUPTRÖHREN	
3.2	GALLERIE DI LINEA.....	17
<b>4</b>	<b>RISIKOMANAGEMENT BEI POTENTIELLEN INTERFERENZEN MIT GESCHÜTZTEN WASSERQUELLEN</b>	
<b>4</b>	<b>PROCEDURA DI GESTIONE DEL RISCHIO DELL'INTERFERENZA CON GLI ACQUIFERI PREGIATI</b> .....	<b>19</b>
4.1	ALLGEMEINES	
4.1	GENERALITÀ.....	19
4.2	BRENNER THERMALQUELLEN	
4.2	TERME DEL BRENNERO.....	19
4.2.1	Sichere Bedingungen (Szenario 1)	
4.2.1	Situazione di sicurezza (tipo1).....	20
4.2.2	Vorwarnstufe (Szenario 2)	
4.2.2	Situazione di attenzione (tipo2) .....	20
4.2.3	Warnstufe (Szenario 3)	
4.2.3	Situazione di allerta (tipo3).....	21
4.2.4	Alarmstufe (Szenario 4)	
4.2.4	Situazione di allarme (tipo4).....	22
4.2.5	Weitere Überlegungen	
4.2.5	Ulteriori considerazioni .....	23

4.2.5.1	Bedingter Vortrieb	
4.2.5.1	Avanzamento condizionato .....	23
4.2.5.2	Aquifer nicht problematisch hinsichtlich des Erhalts des Brennerbades	
4.2.5.2	Acquiferi non problematici ai fini della preservazione delle Terme del Brennero.....	24
4.3	KALTWASSERQUELLE	
4.3	SORGENTE DI KALTWASSER .....	27
<b>5</b>	<b>BESONDERE MASSNAHMEN</b>	
<b>5</b>	<b>INTERVENTI PARTICOLARI .....</b>	<b>28</b>
5.1	VORWORT	
5.1	PREMESSA .....	28
5.2	PREVENTERGESTÜTZTE BOHRUNGEN	
5.2	PERFORAZIONI DI DRENAGGIO .....	28
5.3	KONSOLIDIERUNG UND ABDICHTUNG IM VORTRIEB	
5.3	CONSOLIDAMENTI E IMPERMEABILIZZAZIONI IN AVANZAMENTO .....	29
5.3.1	Störzonenbewältigung Typ 2	
5.3.1	Intervento tipo 2.....	29
5.4	RADIALE ABDICHTUNGEN – STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 4	
5.4	IMPERMEABILIZZAZIONI RADIALI – INTERVENTO TIPO 4 .....	30
<b>6</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	
<b>6</b>	<b>ELENCHI.....</b>	<b>32</b>
6.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
6.1	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	32
6.2	REFERENKDOKUMENTE	
6.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	32

## 1 BESCHREIBUNG DER BAUWERKE

Der Brenner Basistunnel umfasst ein System mit zwei eingleisigen Tunneln, welche auf einem Großteil der Strecke parallel zueinander bei einem konstanten Achsabstand von 70m verlaufen. Zwischen km 48.2 und km 50.6 ca. (Oströhre) nähern sich die zwei Tunnel bis auf einen Mindestabstand von 40 m einander an, den sie dann bis zum Ende des Bauloses Mails 2-3 (km 54.0) beibehalten.

Zwischen den zwei Tunneln liegen alle 333m Verbindungsquerstellen.

Das System wird durch einen Pilotstollen ergänzt, der tiefer als die Hauptröhren liegt, um nicht mit den Verbindungsquerstellen zu interferieren. Laut Lageplan liegt der Servicestollen generell zwischen den zwei Hauptröhren; Bei km 51.6 (Oströhre) entfernt sich der Stollen von seiner zentralen Lage zwischen den zwei Röhren und verläuft bis zum Portal in Aicha außerhalb der Achse der Haupttunnels.

Die Trassenführung im Baulos Mails 2-3 weist einen meist gradlinigen Verlauf in Lage und Höhe auf, die sich ab dem Nordende des Bauloses durch eine 5 km lange gerade Strecke, eine kurze Linkskurve mit weitem Radius ( $R=10'000$  m) und eine nachfolgende Gerade von ca. 10 km auszeichnet; Dieser folgt eine weitere engere Linkskurve mit größerer Ausdehnung, welche hauptsächlich das bestehende Baulos Mails 1 betrifft. Die Streckenführung beginnt erneut mit einer geraden Strecke (ca. 1 km), der eine Rechtskurve ( $R=6'000$  m) folgt, um im Bereich der Gleisverdoppelung, wo sich die Verbundstrecken anbinden, mit einer Geraden von ca. 1.500m zu enden. Die Details zum Verlauf in Lage und Höhe sind in den Plänen [1] [2] erfasst.

In Bezug auf den Höhenverlauf weist die Oströhre eine Steigungsstrecke mit entgegengesetzten Neigungen, -3.907‰ und +7.399‰ auf, deren höchster Punkt bei km 49.6+35 bzw. deren niedrigster Punkt bei km 49.5+90 liegt. Um die Steigungsstrecke mit der Streckenführung des bereits erstellten Bauloses Mails 1 zu verbinden, mussten für die Weströhre zahlreiche geringfügige Neigungsänderungen eingeführt werden, welche jedenfalls auf die Enden des Bauloses Mails 1 begrenzt sind. Die Details zum Höhenverlauf sind in den Plänen [4] [5] erfasst.

### 1.1 DEFINITION DER BAUWERKE DES BAULOSES MAULS 2-3

Die in der Ausführungsplanung des Bauloses Mails 2-3 geplanten und auf dem Bauwerkslageplan [3], dargestellten Bauwerke sind folgende: (NB: die Kilometrierungen des Erkundungsstollens steigen nach Norden, die der Haupttunnel und des Zugangsstollens nach Süden an.)

## 1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La Galleria di Base del Brennero prevede un sistema con due gallerie a binario semplice che corrono parallele per la maggior parte del tracciato con interasse costante di 70m. Tra il km 48.2 e il km 50.6 circa (canna est), le due gallerie tendono ad avvicinarsi fino a ridurre l'interasse a 40m, mantenendo tale distanza fino all'estremità sud del Lotto Mules 2-3 (km 54.0).

Tra le due gallerie sono posizionati ogni 333m cunicoli trasversali di collegamento.

Integra il sistema un cunicolo "pilota" collocato ad una quota inferiore rispetto alle canne principali per non interferire con i cunicoli trasversali di collegamento. Planimetricamente il cunicolo di servizio è collocato generalmente in posizione intermedia alle due canne principali; in corrispondenza del km 51.6 (canna est) il cunicolo si allontana dalla sua posizione centrale tra le due canne e si mantiene fuori dall'asse delle Gallerie di Linea fino all'imbocco ad Aica.

Il tracciato ferroviario nel Lotto Mules 2-3 si presenta con andamento planimetrico principalmente in rettilineo caratterizzato, a partire dall'estremo nord del lotto, da un tratto rettilineo di circa 5 km, da una breve curva sinistrorsa di ampio raggio ( $R=10'000$  m) e da un successivo rettilineo di circa 10 km cui segue un'ulteriore curva sinistrorsa più stretta e di maggiore estensione che interessa principalmente il lotto esistente Mules 1. Il tracciato riprende con un tratto in rettilineo (circa 1 km) cui segue una curva destrorsa ( $R=6'000$  m), per terminare, nella zona di sdoppiamento dei binari in cui si innestano i rami di interconnessione, con un tratto in rettilineo di circa 1'500m. I dettagli dell'andamento planimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [1] [2]

Altimetricamente si distingue per la canna est una livelletta con due pendenze opposte, -3.907‰ e +7.399‰, il cui vertice risulta ubicato al km 49.6+35 e il punto di minimo altimetrico del tracciato al km 49.5+90. Per la canna ovest, invece, la necessità di raccordare la livelletta con il tracciato del Lotto Mules 1 già realizzato, ha comportato l'introduzione di numerosi cambi di pendenza della livelletta limitati, in ogni caso, agli estremi del lotto Mules 1. I dettagli dell'andamento altimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [4] [5]

### 1.1 DEFINIZIONE DELLE OPERE DEL LOTTO DI COSTRUZIONE MULES 2-3

Le opere previste nel Progetto Esecutivo del lotto Mules 2-3, rappresentate sulla Planimetria delle opere [3], sono le seguenti: (N.B.: le progressive del Cunicolo Esplorativo sono crescenti verso nord; quelle delle Gallerie di Linea e della Galleria di Accesso, verso sud).

## **Bauwerke nördlich der Einbindung des Fensterstollens Mauls mit den Haupttunneln**

- 1) Haupttunnel (GL) Ost (Gleis 1) "Ende Baulos Mauls 1 – Staatsgrenze", ca. von km 47.2+59 bis ca. km 32.0+88 (Vortrieb und Innenschale);
- 2) Haupttunnel (GL) Ost (Gleis 1) „Tunnelausbau Baulos Mauls 1“: Innenschale der bestehenden Haupttunnelstrecke, die im Abschnitt des Bauloses Mauls 1 von km 47.2+59 ca. bis zu den TBM-Montagekavernen (km 48.9+02 ca.) vorgetrieben wird sowie Endgestaltung der TBM-Montagekavernen, die sich an der Kreuzung mit dem Fensterstollen Mauls befinden (von km 48.9+02 bis 49.0+83 ca.)
- 3) Haupttunnel (GL) West (Gleis 2) „Ende Baulos Mauls 1 – Staatsgrenze“, von km 47.2+22 ca. bis km 32.0+47 ca. (entspricht km 32.0+87 der Regelplanung) (Vortrieb und Innenschale)
- 4) Haupttunnel (GL) West (Gleis 2) „Tunnelausbau Baulos Mauls 1“: Innenschale der bestehenden Haupttunnelstrecke, die im Bereich des Bauloses Mauls 1, von km 47.2+22 ca. bis zu den TBM-Montagekavernen (km 48.8+73 ca.) vorgetrieben wird sowie Endgestaltung der TBM-Montagekavernen, die sich am Schnittpunkt mit dem Fensterstollen Mauls befinden (von km 48.8+73 bis 49.0+57 ca.)
- 5) Fensterstollen Mauls (M): Innenschale des Tunnels und alle dazugehörigen schon bestehenden Bauwerke, bestehend aus: „Zweig A“, „Zweig B“ Logistikkaverne und dazugehörigem Verbindungstunnel, Lüftungszentralkaverne mit entsprechenden Verbindungstunneln und Absaugschacht;
- 6) Nothaltestelle (FdE) "Trens" – System von Tunneln, Kavernen, Stollen, usw., dessen Projektion auf die Oströhre der Haupttunnels von km 44.5+15 bis km 45.0+25 (Vortrieb und Innenschale) liegt;
- 7) Zugangstunnel (GA) zur Nothaltestelle Trens, die sich zwischen dem Fensterstollen Mauls und dem Mittelstollen Trens befindet (Vortrieb und Innenschale)
- 8) Neuer Logistikknoten (NL): Er befindet sich seitlich der Trasse des Zugangstollens und besteht aus einer Logistikkaverne, drei Verbindungstunneln mit dem Zugangstunnel, einem logistischen Bypass

## **Opere situate a nord del punto d'innesto della Finestra di Mules con le gallerie principali**

- 1) Galleria di Linea (GL) est (dispari) "fine lotto Mules 1 – Confine di stato": da km 47.2+59 circa a km 32.0+88 circa (scavo e rivestimento definitivo);
- 2) Galleria di Linea (GL) est (dispari) "rivestimenti lotto Mules 1": rivestimento definitivo della tratta della Galleria di Linea esistente, scavata nell'ambito del lotto Mules 1, compresa tra km 47.2+59 circa e camerone di Montaggio TBM (km 48.9+02 circa) e sistemazione definitiva dei camerone di montaggio TBM posti in corrispondenza dell'intersezione con la Finestra di Mules (tra km 48.9+02e 49.0+83 circa)
- 3) Galleria di Linea (GL) ovest (pari) "fine lotto Mules 1 – confine di stato": da km 47.2+22 circa a km 32.0+47 circa (corrispondente alla 32.0+87 della Progettazione di Sistema) (scavo e rivestimento definitivo)
- 4) Galleria di Linea (GL) ovest (pari) "rivestimenti lotto Mules 1": rivestimento definitivo della tratta della Galleria di linea esistente, scavata nell'ambito del lotto Mules 1, compresa tra km 47.2+22 circa e camerone di Montaggio TBM(km 48.8+73 circa) sistemazione definitiva dei camerone di montaggio TBM posti in corrispondenza dell'intersezione con la Finestra di Mules (tra km 48.8+73 e 49.0+57 circa)
- 5) Finestra di Mules (M): rivestimento definitivo della galleria e di tutte le opere afferenti alla stessa già realizzate e costituite da: "Ramo A", "Ramo B" Camerone logistico e connessa Galleria di Collegamento, Caverna Centrale di Ventilazione con relative Gallerie di Collegamento e Pozzo di Aspirazione;
- 6) Fermata di Emergenza (FdE) Trens – sistema di gallerie, caverne, cunicoli, ecc. la cui proiezione sulla Galleria principale est è compresa dal km 44.5+15 alla km 45.0+25 (scavo e rivestimento definitivo);
- 7) Galleria di Accesso (GA) alla Fermata di Emergenza Trens, compresa tra la Finestra di Mules e il cunicolo centrale di Trens (scavo e rivestimento definitivo)
- 8) Nuovo Nodo Logistico (NL): ubicato lateralmente al tracciato della Galleria di Accesso e costituito da un camerone logistico, tre gallerie di collegamento con la GA, un by-pass logistico di collegamento tra la

zwischen dem Zugangstunnel (GA) und den beiden Hauptrohren sowie einem Verbindungsschacht zum Erkundungsstollen [7].

- 9) Erkundungsstollen (CE) "Ende Baulos Muls 1 – Staatsgrenze", von km 12.4+59 ca. bis km 27.2+17 (Vortrieb und Innenschale).
- 10) Es ist außerdem die Rohbauausrüstung für den Erkundungsstollen geplant, die hauptsächlich aus der Beleuchtungsanlage, der MS/NS-Verteilung, der Löschwasserversorgung, dem GSM-Fernmeldenetz sowie den selektiven Wasserdrainageanlagen bestehen.
- 11) Erkundungsstollen: „Stollenausbau der vorhergehenden Baulose“: Innenschale der bestehenden Erkundungsstollenstrecke, die im Rahmen der vorhergehenden Baulose, von km 10.4+19 ca. bis zu km 12.4+60 ca. vorgetrieben wurden; Endgestaltung des Verbindungstunnels zwischen der Weströhre und dem Erkundungsstollen.

#### **Bauwerke südlich des Anbindungspunktes des Fensterstollens Muls mit den Haupttunneln**

- 12) Haupttunnel (GL) Ost (Gleis 1) „TBM-Montagekaverne Muls – Eisack-Unterquerung“, von km 49.0+83 ca. bis km 54.0+15 ca. (Vortrieb und Innenschale);
- 13) Haupttunnel (GL) West (Gleis 2) „TBM Montagekavernen Muls 1 – Eisack-Unterquerung“, von km 49.0+57 ca. bis km 54.0+02 ca. (entspricht 54.0+42 ca. der Regelplanung) (Vortrieb und Innenschale).
- 14) Im nachfolgend aufgeführten Abschnitt verlaufen die Haupttunnel bis zur Südgrenze des Bauloses Muls 2-3 zweigleisig: ab km 52.6+29 ca. bis ca. 54.0+15 in der Oströhre und von km 52.8+66 ca. bis km 54.0+02. ca. in der Weströhre.

Die Baulosgrenzen gehen aus den Plänen [3] hervor, auf die verwiesen wird.

#### **1.2 UNTERTEILUNG DES BAULOS MULS 2-3**

Aufgrund der baulichen Eigenschaften der zuvor ermittelten Bauwerke ist das Baulos Muls 2-3 wie folgt in drei Teile gegliedert worden:

GA e le Gallerie di Linea e un pozzo di collegamento con il Cunicolo Esplorativo [6].

- 9) Cunicolo Esplorativo (CE) " fine lotto Muls 1 – Confine di stato": da km 12.4+59 circa a km 27.2+17 (scavo e rivestimento definitivo).
- 10) Sono inoltre previste le dotazioni impiantistiche a servizio del Cunicolo Esplorativo, costituite essenzialmente dall'impianto di illuminazione, distribuzione MT/BT, dalla rete idrica antincendio, dalla rete di telecomunicazione GSM e dagli impianti di drenaggio selettivo delle acque.
- 11) Cunicolo Esplorativo "rivestimenti lotti precedenti": rivestimento definitivo della tratta del Cunicolo Esplorativo esistente, scavato nell'ambito dei lotti precedenti, compresa tra km 10.4+19 circa e km 12.4+60 circa; sistemazione definitiva della galleria di collegamento tra la canna ovest e il Cunicolo Esplorativo.

#### **Opere situate a sud del punto d'innesto della Finestra di Muls con le gallerie principali**

- 12) Galleria di Linea (GL) est (dispari) "camerone montaggio TBM Muls – Sottoattraversamento Isarco": da km 49.0+83 circa a km 54.0+15 circa (scavo e rivestimento interno);
- 13) Galleria di Linea (GL) ovest (pari) "camerone montaggio TBM – Sottoattraversamento Isarco": da km 49.0+57 circa a km 54.0+02 circa (corrispondente alla 54.0+42 circa della Progettazione di Sistema) (scavo e rivestimento definitivo).
- 14) In questa tratta le gallerie principali est ed ovest a partire dalla km 52.6+29 circa, per la galleria est, e dalla km 52.8+66 circa, per la galleria ovest, fino al limite sud del lotto Muls 2-3 (km 54.0+15 per la canna est, km 54.0+02 circa per la canna ovest), si presentano a doppio binario.

I limiti del lotto di costruzione sono rilevabili nelle tavole [3] alle quali si rimanda.

#### **1.2 SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO MULS 2-3**

In funzione delle caratteristiche costruttive delle opere individuate precedentemente, il lotto Muls 2-3 è stato suddiviso in tre parti così definite:

**Teil 1 - Haupttunnel von km 46+769 bis km 54+015  
Oströhre und Innenschalen der vorhergehenden Baulose,  
konventioneller Vortrieb des Erkundungsstollens:**

- Haupttunnel (GL), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 47.2+59 ca. bis km 46.7+69 - Oströhre;
  - von km 47.2+22 ca. bis km 46.7+32 - Weströhre.
- Haupttunnel (GL), Innenschale der bestehenden Haupttunnelstrecke, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgebrochen wurde:
  - von km 47.2+59 ca. bis km 48.9+02 ca. (Anfang TBM Montagekaverne) - Oströhre;
  - von km 47.2+22 ca. bis km 48.8+73 ca. (Anfang TBM Montagekaverne) - Weströhre.
- Haupttunnel (GL), Innenschale der Strecke auf Höhe der bestehenden TBM-Montagekavernen, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgebrochen wurden:
  - von km 48.9+02 ca. bis km 49.0+83 ca. - Oströhre;
  - von km 48.8+73 ca. bis km 49.0+57 ca. - Weströhre.
- Fensterstollen Muls (M) und dazugehörige Bauwerke, Innenschale und Endgestaltung der bereits in den vorhergehenden Baulosen errichteten Bauwerke, bestehend aus:
  - Fensterstollen Muls (M), 1'607 m ca. lang;
  - Zweig A (M-A), ca. 172 m lang;
  - Zweig B (M-B), ca. 176 m lang;
  - Logistikkaverne, 40 m ca, und dazugehöriger Verbindungstunnel, ca. 142m lang;
  - Zentrale Lüftungskaverne, 67 m, Verbindungszweige zum Fensterstollen Muls (212 m ca.) und Absaugschacht ca. 47 m hoch.
- Erkundungsstollen (CE), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - Verbreiteter Querschnitt (CL) von km 12.4+59,5 bis km 13.2+30
  - Logistische Ausweichstellen (PL), an km 12.6+42,5 und km 12.9+42,5
  - TBM-Montagekaverne Richtung Norden (CMC), ca. 60m lang, von km 13.2+30 bis km 13.2+90
- Erkundungsstollen (CE): Innenschale der bereits in den vorhergehenden Baulosen errichteten Erkundungsstollenabschnitte, die Folgendes umfassen:
  - Demontagekaverne der aus Aicha kommenden TBM (MCSS), ca. 40 m lang, von km 10.4+19 bis km 10.4+54.
  - Verbreiteter Querschnitt (CL) von km 10.4+54 bis km 10.9+16;
  - Regelquerschnitt (CE) von km 10.9+16 bis km 12.4+59,5
  - Bestehende logistische Ausweichstellen (PL-E), an km 11.1+97,5; km 11.4+93,5; km 11.7+19,5; km 12.0+15; km 12.3+42,5

**Parte 1 -Gallerie di Linea dal km 46+769 al km 54+015  
canna est e rivestimenti definitivi lotti precedenti,  
Cunicolo Esplorativo in tradizionale:**

- Gallerie di Linea (GL), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 47.2+59 circa al km 46.7+69 - canna est;
  - da km 47.2+22 circa a km 46.7+32 - canna ovest.
- Galleria di Linea (GL), rivestimento definitivo della tratta della Galleria di Linea esistente, scavata nell'ambito del lotto Muls 1:
  - da km 47.2+59 circa a km 48.9+02 circa (inizio camerone di montaggio TBM) - canna est;
  - da km 47.2+22 circa a km 48.8+73 circa (inizio camerone di montaggio TBM) - canna ovest.
- Galleria di Linea (GL), rivestimento definitivo della tratta in corrispondenza dei cameroni di montaggio TBM esistenti, scavati nell'ambito del lotto Muls 1:
  - da km 48.9+02 circa a km 49.0+83 circa - canna est;
  - da km 48.8+73 circa a km 49.0+57 circa - canna ovest.
- Finestra di Muls (M) e opere annesse, rivestimento e sistemazione definitiva delle opere già realizzate in lotti precedenti e costituite da:
  - Finestra di Muls (M), lunghezza di 1'607 m circa;
  - Ramo A (M-A), lunghezza di 172 m circa;
  - Ramo B (M-B), lunghezza di 176 m circa;
  - Camerone logistico, 40 m circa, e relativa galleria di collegamento, lunghezza di 142 m circa;
  - Caverna Centrale di Ventilazione, 67 m, rami di collegamento alla Finestra di Muls (212 m circa) e pozzo di Aspirazione di altezza 47 m circa.
- Cunicolo Esplorativo (CE), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - Sezione corrente (CE) tra km 12.4+59,5 e km 13.2+30
  - Piazzole logistiche (PL), ubicate al km 12.6+42,5 e km 12.9+42,5
  - Camerone di montaggio della TBM verso nord (CMC), della lunghezza di circa 60m tra km 13.2+30 e km 13.2+90
- Cunicolo Esplorativo (CE): rivestimento definitivo del tratto di cunicolo già realizzato in lotti precedenti e costituito da:
  - Camerone di smontaggio della TBM proveniente da Aicha (MCSS), della lunghezza di 40 m circa, tra km 10.4+19 e km 10.4+54.
  - Sezione allargata (CL) tra km 10.4+54 e km 10.9+16;
  - Sezione corrente (CE) tra km 10.9+16 e km 12.4+59,5
  - Piazzole logistiche esistenti (PL-E), ubicate al km 11.1+97,5; km 11.4+93,5; km 11.7+19,5; km 12.0+15; km 12.3+42,5



- Verbindungstunnel (GC): Endgestaltung des bereits im Baulos Muls 1 errichteten Bauwerks, zwischen der Weströhre und dem Erkundungsstollen auf einer Länge von ca. 420 m.
- Haupttunnel (GL) südlich des Fensterstollens; hauptsächlich mit offener TBM aufgefahrener Abschnitt (Vortrieb und Innenschale):
  - von km 49.0+83 ca. (Ende TBM-Montagekaverne, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgeführt wurde) bis km 52.6+22 ca. - Oströhre;
  - von km 49.0+57 ca. (Ende TBM-Montagekaverne, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgeführt wurde) bis km 52.8+44 ca.
- In diesem Abschnitt erfolgt der Vortrieb der Oströhre von km 49.0+83 ca. bis km 49.1+18 und der Weströhre von km 49.0+57 ca bis km 49.2+41 jeweils auf einer Länge von 35 m und 184 m, im konventionellen Vortrieb mit einem verbreiterten Querschnitt, der die Durchfahrt der TBM ermöglicht.
- Doppelgleisige Haupttunnel (GL -D), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 52.6+29 ca. bis km 54.0+15 - Oströhre;
  - von km 52.8+66 ca. bis km 54.0+02 ca. - Weströhre (entspricht ca. km 54.0+42 der Regelplanung).
- Galleria di collegamento (GC): sistemazione definitiva dell'opera già realizzata nel lotto Muls 1, compresa tra la Galleria di Linea, canna ovest, e il Cunicolo Esplorativo, per una lunghezza di 420 m circa.
- Galleria di Linea (GL) a sud dalla Finestra di Muls, tratta realizzata prevalentemente con TBM aperta (scavo e rivestimento definitivo):
  - da km 49.0+83 circa (fine camerone di montaggio TBM realizzato nell'ambito del Lotto Muls 1) a km 52.6+22 circa - canna est;
  - da km 49.0+57 circa (fine camerone di montaggio TBM realizzato nell'ambito del Lotto Muls 1) a km 52.8+44 circa
- In questa tratta le gallerie principali est ed ovest a partire dalla km 49.0+83 circa, per la galleria est, e dalla km 49.0+57 circa, per la galleria ovest, fino alla km 49.1+18 est e 49.2+41 ovest, rispettivamente per una lunghezza di 35m e 184m, vengono scavate con metodi tradizionali con una sezione allargata che permette il passaggio della TBM.
- Gallerie di Linea a doppio binario (GL-D), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 52.6+29 circa al km 54.0+15 - canna est;
  - da km 52.8+66 circa a km 54.0+02 circa - canna ovest (corrispondente alla 54.0+42 circa della Progettazione di Sistema).

## Teil 2 - Nothaltestelle, Zugangstunnel und dazugehörige Bauwerke von km 46+769 bis km 44+191:

- Haupttunnel (GL), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 46.7+69 ca. bis km 45.0+25 (Anfang NHS) und von km 44.5+55 (Ende NHS) bis km 44.3+51 (TBM-Montagekaverne) - Oströhre;
  - von km 46.7+32 ca. bis km 44.9+88 (Anfang NHS) und von km 44.5+18 (Ende NHS) bis km 44.3+15 (TBM-Montagekaverne) - Weströhre.
- TBM-Montagekavernen entlang der Haupttunnel (GL-CM), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 44.3+52 ca. bis km 44.1+92- Oströhre;
  - von km 44.3+15 ca. bis km 44.1+55 - Weströhre.
- Nothaltestelle (FdE) und entsprechende Verbindungsstollen, konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 45.0+25 ca. bis km 44.5+55 – FdE Oströhre;
  - von km 44.9+88 ca. bis km 44.5+18 – FdE Weströhre;
  - Verbindungsstollen für die Nothaltestelle FdE-C01 ÷ FdE-C06,
  - Querkaverne Trens: Querschlag Typ 5 (km 45.3+75 Oströhre).

## Parte 2- Fermata di Emergenza, Galleria di Accesso e Opere connesse dal km 46+769 al km 44+191:

- Gallerie di Linea (GL), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 46.7+69 circa a km 45.0+25 (inizio FdE) e da km 44.5+55 (fine FdE) al km 44.3+51 (camerone di montaggio TBM) - canna est;
  - da km 46.7+32 circa a km 44.9+88 (inizio FdE) e da km 44.5+18 (fine FdE) al km 44.3+15 (camerone di montaggio TBM) - canna ovest.
- Cameroni di montaggio TBM lungo le Gallerie di Linea (GL-CM), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 44.3+52 circa a km 44.1+92- canna est;
  - da km 44.3+15 circa al km 44.1+55 - canna ovest.
- Fermata di Emergenza (FdE) e i relativi cunicoli trasversali di collegamento, scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 45.0+25 circa a km 44.5+55 - FdE canna est;
  - da km 44.9+88 circa a km 44.5+18 - FdE canna ovest;
  - cunicoli di collegamento a servizio della Fermata di Emergenza FdE-C01 ÷ FdE-C06,
  - caverna di Trens: cunicolo trasversale di collegamento tipo 5 (km 45.3+75 canna est).

- Mittelstollen Trens und Abluftquerstollen, konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 0.0+00 bis km 0.6+90, entsprechend den Kilometrierungen der Oströhre km 44.5+15 und km 45.1+92;
  - Abluftquerstollen FdE-V-01 ÷ FdE-V06 und Entlastungsstollen (km 44.5+35 Oströhre)
- Zugangstunnel (GA) zur Nothaltestelle, konventioneller Vortrieb und Innenschale: der 3.805 m lange Tunnel beginnt an eine Abzweigung bei km 1.4+79 ca. des Fensterstollen Mauls.
- Neuer Logistikknoten (NL), konventioneller Vortrieb und Endgestaltung; befindet sich seitlich der Trasse des Zugangstunnels (zwischen km 0.5+00 und 0.8+60 ca. des GA) und besteht aus:
  - einer 110 m langen Logistikkaverne;
  - drei Verbindungstunnel zum Zugangstunnel (38 m, 91 m und 179 m ca.);
  - Logistik Bypass zwischen dem Zugangstunnel und der Weströhre (148m ca.) und zwischen der Weströhre und der Oströhre (137 m ca.)
  - Verbindungsschacht zum Erkundungsstollen bei km 00.0+71.6 mit Bezug auf die Bauwerkskilometrierung.
- Cunicolo centrale di Trens e cunicoli trasversali di aspirazione d'aria, scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 0.0+00 a km 0.6+90, corrispondenti rispettivamente alle progressive della canna est km 44.5+15 e km 45.1+92;
  - cunicoli di ventilazione FdE-V-01 ÷ FdE-V06 e cunicolo di scarico (km 44.5+35 canna est)
- Galleria di Accesso (GA) alla Fermata di Emergenza di Trens, scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo: la galleria, della lunghezza di 3'805 m circa, ha origine, mediante diramazione, dalla progressiva km 1.4+79 circa della finestra di Mules.
- Nuovo Nodo Logistico (NL), scavo con metodi tradizionali e sistemazione definitiva; situato lateralmente al tracciato della Galleria di Accesso (posizionato tra km 0.5+00 e 0.8+60 circa della GA), risulta costituito da:
  - camerone logistico della lunghezza di 110 m;
  - tre gallerie di collegamento con la GA (38 m, 91 m e 179 m circa);
  - by-pass logistico di collegamento tra la GA e la GL ovest (148m circa) e tra la GL ovest e la GL est (137 m circa)
  - pozzo di collegamento con il Cunicolo Esplorativo, ubicato al km 00.0+71.6 con riferimento delle progressive dell'opera.

**Teil 3 - Erkundungsstollen von km 13+290 (betr. Oströhre 46+013) bis km 27+217 (betr. Oströhre 32+088) und Haupttunnels von km 32+088 bis km 44+192:**

- Haupttunnel (GL), TBM-Vortrieb und Innenschale:
  - von km 44.1+92 ca. (Ende TBM-Montagekaverne) bis km 32.0+88 - Oströhre;
  - von km 44.1+55 ca. (Ende TBM-Montagekaverne) bis km 32.0+47 ca. (entsprechend dem km 32.0+87 der Regelplanung) - Weströhre.
- Erkundungsstollen (CE), TBM-Vortrieb und Innenschale:
  - von km 13.2+90 ca. (TBM-Montagekaverne) bis km 27.2+17 (Staatsgrenze).
  - In diesem Abschnitt sind außerdem im Abstand von jeweils 2 km sieben Ausweichstellen geplant.
- Rohbauausrüstung des Erkundungsstollens (CE), die im Wesentlichen aus der Beleuchtungsanlage, der MS/NS-Verteilung, der Löschwasserversorgung, dem GSM-Fernmeldenetz sowie den selektiven Wasserdrainageanlagen besteht.

**Parte 3 - Cunicolo Esplorativo dal km 13+290 (rif. canna est 46+013) al km 27+217 (rif. canna est 32+088) e Gallerie di Linea dal km 32+088 al km 44+192:**

- Gallerie di Linea (GL), scavo meccanizzato e rivestimento definitivo:
  - da km 44.1+92 circa (fine camerone di montaggio TBM) a km 32.0+88 - canna est;
  - da km 44.1+55 circa (fine camerone di montaggio TBM) a km 32.0+47 circa (corrispondente al km 32.0+87 della Progettazione di Sistema) - canna ovest.
- Cunicolo Esplorativo (CE), scavo meccanizzato e rivestimento definitivo:
  - da km 13.2+90 circa (camerone di montaggio TBM) a km 27.2+17 (confine di stato).
  - nella presente tratta inoltre è prevista la realizzazione di sette piazzole logistiche distribuite lungo tale tratta, posizionate ad un interasse costante di 2km.
- Dotazioni impiantistiche a servizio del Cunicolo Esplorativo (CE), costituite essenzialmente dall'impianto di illuminazione, distribuzione MT/BT, dalla rete idrica antincendio, dalla rete di telecomunicazione GSM e dagli impianti di drenaggio selettivo delle acque.

## **2 ABSCHNITTE MIT MÖGLICHEN INTERFERENZEN DER GEWÄSSERN**

### **2.1 VORWORT**

In vorliegendem Bericht werden die technischen Lösungen erläutert, die zum Auffahren von geologisch besonderen Bereichen zum Einsatz kommen, die wegen hydrogeologischer Probleme bezüglich möglicher Interferenzen mit geschützten Wasserquellen und / oder mit bedeutenden oberflächenleitenden Abflüssen als „kritisch“ bezeichnet werden.

Insbesondere wird Bezug auf die Bereiche genommen, innerhalb derer sich Abschnitte befinden, deren Auffahren den Einsatz von besonderen Maßnahmen erfordert, um die Auswirkungen auf die Grundwasserreserven zu reduzieren.

Die Maßnahmen zur Bewältigung der Störungszonen sollen die Auswirkungen auf zwei der wichtigsten Quellen reduzieren, die die Verwirklichung der oben genannten Bauwerke betreffen. Es handelt sich dabei um die Quelle Kaltwasser im Pfitschtal und um die Brenner Therme im Eisacktal, zwischen den Projektkilometern km 36+000 ca. und km 41+000 ca. (Kilometrierung Oströhre).

Die möglichen Massnahmen, um die Auswirkungen auf kleinere Quellen zu minimieren, werden in der Ausführungsphase anhand der während des Ausbruches aufgetretenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse abgeschätzt.

Unter diesen Umständen wird es erwähnt, dass der Ausbruch der Hauptröhre und des Erkundungsstollens mittels maschinellen Vortriebes mit Schild-TBM realisiert wird. Dieser Vortriebstyp erlaubt die Minimierung der Gebirgsstörung, daher auch deren hydrogeologischen Verhältnisse. Ausserdem wird der Ausbruch des Erkundungsstollens den der Hauptröhre vorangehen, damit eine vorbeugend und vertiefte Analyse der Ausbruchsverhältnisse geführt werden kann.

### **2.2 MIT QUELLEN INTERFERIERENDEN ABSCHNITTE**

Entlang der Abschnitte nördlich von Muls sind die Wasserzutritte bei den Störungszonen oder bei sich chemisch auflösenden Gebirgsarten (z.B. Marmor und Anhydrit) erwartet.

Die Zonen der Wasserzutritte können also durch die Anwesenheit von möglichst fließendem Bergsturz gekennzeichnet werden, wegen chemischen Auflösungsphänomenen oder mechanischen Brüchen.

## **2 SETTORI CON POSSIBILI INTERFERENZE CON LE RISORSE IDRICHE**

### **2.1 GENERALITA'**

Nel presente documento si illustrano le soluzioni tecniche adottate per l'attraversamento di zone geologicamente "critiche" dal punto di vista idrogeologico in relazione a possibili interferenze dello scavo con acquiferi pregiati e / o aventi potenziali significative connessioni con emergenze idriche di superficie (sorgenti, corsi d'acqua).

In particolare si farà riferimento ad aree all'interno delle quali sono presenti tratte il cui attraversamento comporterà misure particolari per ridurre gli impatti sulle risorse idriche.

Gli interventi particolari sono volti soprattutto a minimizzare gli impatti su due delle sorgenti più importanti che interesseranno la realizzazione delle opere suddette, ossia: la sorgente Kaltwasser in Val di Vizze e le sorgenti delle Terme del Brennero in Valle Isarco, tra le progressive km 36+000 e km 41+000 circa (progressive canna est).

Possibili interventi per minimizzare l'impatto su sorgenti minori potranno essere valutati anche in fase di esecuzione in base alle condizioni geologiche ed idrogeologiche effettivamente incontrate durante lo scavo.

Si premette che lo scavo del Cunicolo Esplorativo e delle Gallerie di Linea della tratta oggetto della presente relazione avverrà con TBM scudata. Questa tipologia di avanzamento consente di minimizzare il disturbo arrecato all'ammasso roccioso e quindi alle sue condizioni idrogeologiche. Inoltre lo scavo del Cunicolo Esplorativo precederà sempre quello delle Gallerie di Linea, consentendo un'analisi preventiva e approfondita delle reali condizioni in cui gli avanzamenti devono svolgersi.

### **2.2 SETTORI CON POSSIBILI INTERFERENZE CON LE RISORSE IDRICHE**

Lungo il tracciato delle gallerie a nord di Muls le venute d'acqua principali sono attese in corrispondenza di zone di faglia o di rocce soggette a soluzione chimica come i marmi e le anidriti.

Le zone di venuta possono essere quindi caratterizzate dalla presenza di livelli con materiale sciolto, potenzialmente fluente, a causa di fenomeni di dissoluzione chimica o di fratturazione meccanica.

In zwei verschiedenen Abschnitten zwischen Mauis und der Stadtgrenze ist ein hohes oder mittleres Risiko von Interferenz der Untertagbauwerke mit den oberflächlichen Gewässern vorgesehen.

Sonst ist das Risiko der Interferenzen zwischen dem Ausbruch von Mauis 2-3 und den oberflächlichen Gewässern für jede anwesende Quelle und Bach sehr niedrig bis null abgeschätzt worden

#### **2.2.1 Abschnitt der prealpinischen Basement (Zentralgneis) und der unteren Schieferhülle**

In diesem Abschnitt erwartet man ein hohes Interferenzrisiko mit Thermalquellen des Brenners in den folgenden Strecken (Kilometrierung Oströhre) [7]:

- km 35+960 – km 36+090 ca. (siehe Kapitel 2.3.1)
- km 37+245 – km 37+330 ca. (siehe Kapitel 2.3.1)

Außerdem erwartet man in diesem Abschnitt ein mittleres Interferenzrisiko mit (Kilometrierung Oströhre) [7]:

- Larchhof Quellen.
- Eisack vor dem Zusammenfluss mit dem Pflerscherbach, Möserbach (Talseite), Wiedenbach (Talseite).
- Gemsgruberbach (gesamte Ersteckung).

Die Fließsysteme der Larchhof Quellen und vom Eisack, Möserbach und Wiedenbach sind oberflächliche, könnten jedoch in der Tiefe ein hydrodynamisches Gleichgewicht mit dem Brenner Thermalsystem zeigen. Aus diesem Grunde könnte der Tunnelvortrieb - durch die Destabilisierung dieser Systeme - auch diese Quellen beeinflussen.

Der Gemsgruberbach fließt oberhalb der sedimentären Bedeckungen, die der Aigerbachformation zuzuordnen sind (km 37+300 ca. Oströhre) und könnte in hydrodynamischem Gleichgewicht mit dem oberflächigen Fließsystem FSI-Q-1a stehen, für das das potentielle Risiko einer Verarmung zu erwarten ist. Im Falle, dass dieses Fließsystem z.T. die Schüttung des Gemsgruberbach speisen würde, ist die Auswirkung auf den Bach allerdings nicht als quantifizierbar anzunehmen

#### **2.2.2 Abschnitt der Schiefer von Pfitscher und Glockner**

Hierbei erwartet man auch ein mittleres Interferenzrisiko mit (Kilometrierung Oströhre) [7]:

In due differenti settori della tratta tra Mules ed il Confine di Stato è previsto un rischio alto o medio di interferenza delle opere in sotterraneo con le risorse idriche di superficie.

Negli altri settori il rischio di interferenze dello scavo del lotto Mules 2-3 con le risorse idriche di superficie è stato valutato come basso o nullo per tutte le sorgenti e torrenti presenti nella zona di progetto.

#### **2.2.1 Settore del Basement pre-alpino (Gneiss centrale) e dell'Untere Schieferhülle**

In questo settore è previsto un rischio elevato di interferenza con le Terme del Brennero nelle seguenti tratte (progressive canna est) [7]:

- km 35+960 – km 36+090 circa (si veda capitolo 2.3.1).
- km 37+245 – km 37+330 circa (si veda capitolo 2.3.1).

In questo settore è inoltre previsto un rischio medio di interferenza con (progressive canna est) [7]:

- Le sorgenti del Larchhof-Quellen.
- Il fiume Isarco a monte della confluenza con il Rio Fleres, il Rio Caminata (parte di valle), il Rio Saletto (parte di valle).
- Il Rio Fosse dei Camosci (tutto lo sviluppo).

I sistemi di flusso delle sorgenti del Larchhof-Quellen e dei torrenti Isarco, Caminata e Saletto sono superficiali ma in profondità potrebbero presentare un equilibrio idrodinamico con i sistemi che alimentano le Terme del Brennero, per i quali sono possibili interferenze. Per tale motivo, destabilizzando tali sistemi, lo scavo del tunnel potrebbe avere ripercussioni anche su queste risorse .

Il Rio delle Fosse dei Camosci scorre al di sopra delle coperture sedimentarie ascrivibili alla formazione dell'Aigerbach e Seidlwinkl (km 37+300 circa canna est) e potrebbe essere in equilibrio idrodinamico con il sistema di flusso superficiale FSI-Q-1a, per il quale è stato evidenziato il rischio potenziale di depauperamento. Nel caso in cui tale sistema di flusso alimenti in parte la portata del Rio delle Fosse dei Camosci, è ipotizzabile un impatto sul torrente tuttavia non quantificabile.

#### **2.2.2 Settore dei calcescisti delle falde di Vizze e Glockner**

Anche in questo settore è previsto un rischio medio di interferenza con (progressive canna est) [7]:

- Thermalquellen des Brenners, aus der Schnittstelle mit der Trennfläche S05 zwischen km 37+920 – km 37+985 ca. (siehe Kapitel 2.3.1)<sup>1</sup>
- Gefasste Kaltwasserquelle zwischen km 39+460 – km 40+170 ca. (siehe Kapitel 2.3.2)<sup>2</sup>
- Mögliche Oettelquellen zwischen km 39+460 – km 40+170 (siehe Kapitel 2.3.1).
- Saegequelle zwischen 43+740-43+780, deren Fließsystem wird mit der S15 Störung in Verbindung gebracht, die vom Tunnel zwischen km 43+740 – km 43+780 gequert wird.
- Schusterwaldquellen, die jedoch zu Wasserkreisläufen gehören, die an die Auswaschung von Gips und Anhydrit führenden Gesteinen gebunden sind; die als wahrscheinlich vorhanden betrachtet werden, obwohl deren genaue Lage entlang der Tunneltrasse nicht bekannt ist.
- Burgumberbach, für den wurden zwei Speisungspunkte von Fließsystemen angenommen, die in den Störungszonen der NNO-SSW gerichteten Systeme beherbergt sind; diese Systeme könnten dass sie Auswirkung seitens des Tunnelvortriebes erfahren,.
- Sengesbach. aufgrund der potentiellen Auswirkung der Interferenzen mit der Sägequelle.
- Le Terme del Brennero, a causa dell'intersezione della faglia S05 tra le progressive km 37+920 – km 37+985 circa (si veda capitolo 2.3.1).<sup>1</sup>
- La sorgente captata Kaltwasser tra le progressive km 39+460 – km 40+170 circa (si veda capitolo 2.3.2).<sup>2</sup>
- Le sorgenti Oettelquellen potenzialmente intercettate tra le progressive km 39+460 – km 40+170 (si veda capitolo 2.3.1).
- La sorgente Saegequelle, il cui sistema di flusso è stato messo in relazione alla faglia S15 intercettata dal tunnel tra le progressive km 43+740 – km 43+780.
- Le sorgenti Schusterwaldquellen, che fanno parte di circuiti legata a lisciviazione di rocce contenenti gesso e anidriti, la cui localizzazione lungo lo sviluppo del tunnel non è prevedibile nel dettaglio ma la cui esistenza è ritenuta probabile.
- Il Rio Borgone, per il quale erano stati ipotizzati due punti di alimentazione da parte dei sistemi di flusso ospitati lungo le zone di faglia del sistema a direzione NNE-SSW; questi sistemi potrebbero subire degli impatti da parte dello scavo del tunnel.
- Il Rio Senges., a causa del possibile effetto sul torrente dell'interferenza con la sorgente Saegequelle.

## 2.3 GESCHÜTZTEN WASSERQUELLEN

### 2.3.1 Brenner Thermalquellen

Für die Brenner Thermalquellen ist das hydrogeologische Modell ziemlich komplex. Die geochemischen und die Überwachungsdaten weisen eher deutlich darauf hin, dass die Quellen das Ergebnis einer Vermischung zwischen einem oberflächigen Fließ-system rasch zirkulierender Kaltwässer und einem tiefen Thermalwassersystem sind. Dieses zweite

## 2.3 ACQUIFERI PREGIATI

### 2.3.1 Terme del Brennero

Per le Terme del Brennero il modello idrogeologico è piuttosto complesso. I dati geochimici e di monitoraggio indicano che le sorgenti sono il risultato di un miscelamento tra un sistema di flusso superficiale di acque fredde rapidamente circolanti e un sistema profondo di acque termali. Questo secondo sistema è ovviamente quello di maggior importanza ai fini della valutazione delle interferenze.

<sup>1</sup> Diese Interferenzen werden im Bericht [7] bei den Kilometrierungen km 37+715 – km 37+780 (Kilometrierungen Oströhre) angeführt; da in den geologischen [8] und hydrogeologischen [8] Profilen die Störung S05 weiter südlich geführt wird, werden in diesem und den folgenden Dokumenten die Kilometrierungen km 37+920 – km 37+985 ca. herangezogen

Le progressive di questa interferenza indicate nella relazione [7] sono km 37+715 – km 37+780 (progressive canna Est); dal momento però che nei profili geologico [8] e idrogeologico [9] la faglia S05 è posizionata più a sud, nella presente relazione e nelle successive elaborazioni si sono considerate le progressive km 37+920 – km 37+985 circa.

<sup>2</sup> Im Bericht [7] wird der gesamte Abschnitt zwischen den Kilometrierungen km 39+515 und km 40+870 (Kilometrierungen Oströhre) als potentieller Interferenzbereich mit der Kaltwasserquelle geführt; nach weiterer Abklärung geht man allerdings davon aus, dass der Abschnitt mit der höchsten Inferenzwahrscheinlichkeit zwischen km 39+460 und km 40+170 liegt.

Nella relazione [7] si indica, come possibile tratta di interferenza con la sorgente Kaltwasser l'intera tratta tra km 39+515 e km 40+870 (progressive canna Est); in base a ulteriori approfondimenti, si ritiene tuttavia che la tratta di maggiore probabilità di interferenza sia tra km km 39+460 e km 40+170 circa.

System ist offensichtlich wichtiger zur Bewertung der Interferenzen.

Gemäss dem Bericht [7] werden drei mögliche Modelle für den Ursprung des tiefen Systems in Aussicht gestellt.

Nach einem ersten Modell, das als das wahrscheinlichste gilt angesichts der heute verfügbaren Daten, entwickeln sich die Thermalzirkulationen im Hochstegen-Marmor, der zwischen dem Pfitschtal (linke Seite) und dem Eisacktal auftritt.

Bei dieser Hypothese besteht das Risiko durch den Vortrieb darin, dass die Marmore zwischen km 35+960 – km 36+090 ca. (Kilometrierung Oströhre) durchquert werden. Aufgrund des diskontinuierlichen Charakters der Permeabilität in von Mikrokarstphänomenen betroffenen durchbrochenen Elementen ist nicht sicher, dass die Aquiferlage überall permeabel ist, und der Vortrieb könnte auch einen Sektor mit geringer Permeabilität betreffen.

Ein zweites Modell ähnelt dem ersten. In diesem Fall wäre der Aquifer der Thermalquellen jedoch aus einem Bereich der chemischen Lösung des karbonatischen Gesteins der Aigerbachserie wenig südlich vom Hochstegen-Marmor gebildet.

Bei dieser Hypothese besteht das Risiko durch den Vortrieb darin, dass die triasischen Gesteins zwischen km 37+245 – km 37+330 (Kilometrierung Oströhre) durchquert werden. Aufgrund des diskontinuierlichen Charakters der Permeabilität in von Mikrokarstphänomenen betroffenen durchbrochenen Elementen ist nicht sicher, dass die Aquiferlage überall permeabel ist, und der Vortrieb könnte auch einen Sektor mit geringer Permeabilität betreffen.

Nach einem dritten Modell erfolgt ein Teil der Zirkulation jedenfalls entlang einer der beiden bisher genannten Lagen, wobei ein Teil aber auch durch eine Verwerfung mit hohem Winkel in NO-SW-Richtung, bekannt als Störung S05 begünstigt ist, die ihn versetzt. Diese Störung, deren Bestehen ausschließlich auf fotogeologischer Grundlage angenommen wurde, könnte von einer ziemlich ausgedehnten und permeablen Zerklüftungszone begleitet sein.

Wenn sich herausstellen sollte, dass dieses dritte Modell zutrifft, wäre das größte Risiko für die Thermalquellen sowohl auf die Überschneidung mit der Störungszone zwischen km 37+920 – km 37+985 (Kilometrierung Oströhre) als auch auf die Überschneidung mit einer der Aquiferlagen des Hochstegen-Marmors und der Aigerbachserie zurückzuführen.

### 2.3.2 Kaltwasserquelle

Die Kaltwasserquelle leitet relativ unreifes Wasser, das ausschließlich von Berührung mit Kalkschiefern oder allgemein mit Karbonatgestein zeugt. Die Daten aus der

In base alla relazione [7], si prospettano tre possibili modelli per l'origine del sistema profondo.

Un primo modello che è ritenuto quello più probabile alla luce dei dati oggi disponibili, prevede che le circolazioni termali si sviluppino all'interno dei Marmi di Hochstegen, che affiorano tra la Val di Vizze (versante sinistro) e la Valle Isarco.

Nel caso di questo primo modello il rischio derivante dallo scavo è rappresentato dal fatto che i marmi vengono attraversati tra le progressive km 35+960 – km 36+090 circa (progressive canna est). Peraltro, visto il carattere discontinuo della permeabilità in mezzi fratturati interessati da fenomeni di microcarsismo, non è sicuro che il livello acquifero sia ovunque permeabile, e lo scavo potrebbe anche interessare un settore con scarsa permeabilità.

Il secondo modello è simile al precedente, però in questo caso l'acquifero delle sorgenti termali sarebbe rappresentato da una zona di dissoluzione chimica delle rocce carbonatiche della Serie dell'Aigerbach (Trias), localizzato poco a sud dei Marmi di Hochstegen.

Nel caso di questo secondo modello il rischio derivante dallo scavo è rappresentato dal fatto che le rocce triassiche vengono attraversate tra le progressive km 37+245 – km 37+330 circa (progressive canna est). Peraltro, visto il carattere discontinuo della permeabilità in mezzi fratturati interessati da fenomeni di dissoluzione, non è sicuro che il livello acquifero sia ovunque permeabile, e lo scavo potrebbe anche interessare un settore con scarsa permeabilità.

Un terzo modello prevede che comunque la circolazione avvenga lungo uno dei due livelli acquiferi sopra citati ma che in parte sia anche favorita dalla presenza di una faglia ad alto angolo a direzione NE-SW, nota come Faglia S05, che li disloca. Tale faglia, la cui esistenza è stata ipotizzata esclusivamente su base fotogeologica, potrebbe essere accompagnata da una fascia di fratturazione piuttosto estesa e permeabile.

Qualora questo terzo modello dovesse risultare verificato, il rischio maggiore per le sorgenti termali deriverebbe sia dall'intersezione con la zona di faglia tra le progressive km 37+920 – km 37+985 (progressive canna est), sia dall'intersezione con uno dei due livelli acquiferi dei Marmi di Hochstegen e della Serie dell'Aigerbach.

### 2.3.2 Sorgente Kaltwasser

La sorgente Kaltwasser scarica delle acque relativamente poco mature che mostrano interazione esclusiva con i calcescisti o, più in generale, con rocce carbonatiche. I dati di monitoraggio

Beweissicherung der physikalischen Parameter verweisen in jedem Fall auf einen Kreislauf, der nicht die typischen Merkmale sehr oberflächlicher Systeme zeigt. Vermutlich handelt es sich um den Aufschluss eines Fließsystems, das aus Zutritten und Wasserkreisläufen entlang der vorwiegend NNO-SSW und O-W ausgerichteten Störungen auf der orographisch rechten Seite des Pfitschtales im Hangabschnitt stromoberseitig zur Quelle stammt. Der letzte Abschnitt des Kreislaufes vor dem Austritt befindet sich in den terrassenförmigen Alluvialablagerungen in der Talsohle.

Die Trasse der Haupttunnel gelangt nicht unmittelbar mit den genannten Störungen in Berührung. Dennoch bleibt eine gewisse Gefährdung bestehen, da die Störungen in der Tiefe innerhalb einer Marmorschicht im Kalkschiefer eingebunden sein könnten, der eine durch Mikrokarstphänomene bedingte Permeabilität aufweisen könnte und von dem man annimmt, dass hieraus das Fließsystem der Oettelquellen angereichert wird. Es könnte mithin ein hydrodynamisches Gleichgewicht zwischen diesem Quellensystem und jenem der Kaltwasserquelle bestehen.

Die Marmorschicht, in der voraussichtlich das System der Oettelquellen verläuft, wird vom Tunnel zwischen den Streckenkilometern km 39+460 – km 40+170 ca. geörtet (Streckenkilometer der Oströhre).

Dennoch sei vermerkt, dass das System der Oettelquellen in dieser Schicht an der Oberfläche verläuft, während in der Tiefe der Tunnel die Marmorschichten im Wesentlichen undurchlässig sein könnten, wie der Aufschluss Vi-B-12/11 belegt, der die Fortführung der o.g. Schicht nach Süden geörtet hat, wo keinerlei Karstphänomene und somit Durchlässigkeit angetroffen wurden.

Die Möglichkeit, dass der Tunnelausbruch das Fließsystem der Oettelquellen und damit indirekt auch die Kaltwasserquelle beeinträchtigt, ist als kaum wahrscheinlich zu betrachten, wenngleich die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden kann.

#### **2.4 QUERUNG DER ZONEN MIT ZU SCHÜTZENDEN WASSERRESOURCEN**

Für den Gewässerschutz der Brennerthermen und der Kaltwasserquelle werden spezielle Behandlungen entlang einigen Abschnitten des Erkundungsstollens und der Hauptröhre ausgeführt, damit ihre Auffüllungszirkulationen von dem Vortrieb nicht beeinträchtigt werden.

Die genaue Lage und geologischen Verhältnisse der Interferenzpunkte zwischen den Röhren und den Brennerthermen sind logischerweise unbekannt.

Die zum Quellenschutz vorgesehenen Massnahmen müssen also diese verschiedenen Möglichkeiten abdecken, und eine

dei parametri fisici indicano comunque che il circuito non ha caratteri tipici dei circuiti molto superficiali. Si tratta verosimilmente dell'emergenza di un sistema di flusso legato ad infiltrazione e circolazione lungo le faglie a direzione prevalente NNE-SSW ed E-W in destra orografica della Val di Vizze, nella porzione di versante a monte della sorgente stessa. L'ultimo tratto del circuito, prima dell'emergenza avviene all'interno dei depositi alluvionali terrazzati di fondovalle.

Il tracciato delle gallerie principali non intercetterà direttamente le faglie in questione. Permane tuttavia un certo grado di pericolosità poiché in profondità le faglie potrebbero essere radicate all'interno di un livello di marmi presente nei calcescisti, che potrebbe presentare una permeabilità per microcarsismo e che si ritiene ospitare il sistema di flusso che alimenta le sorgenti Oettelquellen. Potrebbe quindi esistere un equilibrio idrodinamico tra il sistema di queste sorgenti e il sistema della sorgente Kaltwasser.

Il livello di marmi in cui presumibilmente si sviluppa il sistema delle sorgenti Oettelquellen verrà intersecato dalle gallerie tra le progressive km 39+460 – km 40+170 circa (progressive canna est).

Va comunque precisato che il sistema delle Oettelquellen si sviluppa in questo livello in superficie, mentre alle profondità del tunnel i marmi potrebbero risultare sostanzialmente impermeabili, come dimostrato dal sondaggio Vi-B-12/11, che ha intercettato la continuazione del sopracitato livello verso sud, ove esso è risultato del tutto privo di carsismo e di permeabilità.

L'eventualità che lo scavo del tunnel produca delle perturbazioni sul sistema di flusso delle Oettelquellen e indirettamente di conseguenza sulla sorgente Kaltwasser, va considerata poco probabile, sebbene possibile.

#### **2.4 ATTRAVERSAMENTO DELLE ZONE CON RISORSE IDRICHE DA PRESERVARE**

Per la salvaguardia delle sorgenti delle Terme del Brennero e di Kaltwasser si prevede l'esecuzione di trattamenti specifici in alcuni tratti del Cunicolo Esplorativo e delle gallerie Principali, per preservare i loro circuiti di ricarica nel caso vengano intercettati dallo scavo.

È chiaro che l'esatta posizione e le condizioni geologiche dei punti d'interferenza delle gallerie con le Terme del Brennero non possono essere previste con esattezza.

Gli interventi previsti per preservare questa sorgente devono quindi coprire diverse possibilità e garantire

Abdichtung des Gebirges sowohl in den Trennflächen als auch in karsitischen Gesteinen gewährleisten.

Wie erwähnt, betreffend die Brennerthermen sind die am gefährdetsten Anschnitte (Kilometrierung Oströhre):

- 1) Marmore von Hochstegen (km 35+960 – km 36+090).
- 2) Kontaktzone zwischen Glocknerschiefer und Aigerbach-Fm. (km 37+245 – km 37+330 ca.).
- 3) Kontaktzone mit der S05 / OS-NNE-1 Trennfläche (km 37+920 – km 37+985).

Betreffend der Kaltwasserquelle ist der am gefährdetste Abschnitt:

- 4) Schiefer des Pfitschertals (km 39+460 – km 40+170 Oströhre).

Für diese Abschnitte stellt sich die Gelegenheit dar, mit dementsprechenden Injektionsmassnahmen die hydrologische Zirkulation auch nach dem Tunnelbau zu schützen.

Weitere eventuelle Milderungsmassnahmen werden während der Ausbruchphase abgewogen, ausgehend von den geologischen und hydrogeologischen Auffindungen.

Die hauptsächlichen Schwierigkeiten bei der Realisierung der Injektionsmassnahmen sind die Anwesenheit von hoch durchlässigen, karsischen Kanälen und ein starker Wasserabfluss.

Die hauptsächlichen Schwierigkeiten im zweiten Abschnitt könnten bei Anwesenheit von Lagen mit gelöstem Material und starkem Wasserabfluss auftreten.

Die dritte und vierte Zone zeigen stark zerklüftete und detensionierte Eigenschaften.

In diesen Zonen ist die Anwesenheit von Hochdruckwasser zusammen mit stark zerklüftetem Material sehr wahrscheinlich, dieses kann in der Vortriebsphase Probleme von unkontrolliertem Materialabfluss innerhalb des Ausbruchs verursachen.

Gemäss diesen Betrachtungen sind die Massnahmen zum Gewässerschutz für die Brennerthermen und der Kaltwasserquelle entwickelt worden, die in der Folge beschrieben werden, mit dem Ziel:

- Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Gebirges und Verminderung der hydrostatischen Drücke auf den Ausbruchsumfang, um den Vortrieb zu erlauben;

un'impermeabilizzazione dell'ammasso sia in zone di faglia o altamente fratturate sia in rocce carsificate.

Come detto, per quanto riguarda le sorgenti delle Terme del Brennero i settori più a rischio sono (progressive canna est):

- 1) Marmi di Hochstegen (km 35+960 – km 36+090).
- 2) Interfaccia tra calcescisti del Glockner e formazione di Aigerbach (km 37+245 – km 37+330 circa).
- 3) Intersezione con la faglia S05 /OS-NNE-1 (km 37+920 – km 37+985).

Per quanto riguarda la sorgente Kaltwasser il settore a rischio è quello dei:

- 4) Calcescisti della falda di Vizze (km 39+460 – km 40+170 canna est).

Per queste zone si prospetta l'opzione di intervenire con consistenti trattamenti di iniezione per preservare i circuiti idrici anche dopo la costruzione della galleria.

Eventuali altri interventi di mitigazione dovranno essere valutati in fase di scavo, in base alle reali condizioni geologiche ed idrogeologiche incontrate.

Le difficoltà principali per la realizzazione di iniezioni nella prima tratta potrebbero essere rappresentate, sia dalla presenza di canali carsici con alta permeabilità, sia di un forte flusso idrico.

Le difficoltà principali nella seconda tratta potrebbero essere rappresentate sia dalla presenza di livelli con materiale sciolto, sia dalla presenza di un forte flusso idrico.

Le caratteristiche della terza e quarta zona prospettano invece condizioni di ammasso altamente fratturato e detensionato.

In tutte queste zone è probabile la presenza d'acqua con pressioni elevate unitamente a materiale molto frammentato che potrebbe creare dei problemi in fase di avanzamento derivanti dall'afflusso incontrollato di materiale all'interno dello scavo.

In conformità a questa considerazione sono stati sviluppati per le sorgenti delle Terme del Brennero e di Kaltwasser degli interventi di salvaguardia delle risorse idriche, descritti nel seguito, che hanno lo scopo di:

- migliorare le caratteristiche meccaniche dell'ammasso, ridurre la permeabilità, e ridurre le pressioni idrostatiche agenti sul cavo per permettere lo scavo della galleria;



- Abdichtung des Gebirges entlang dem Ausbruchsumfang, damit die abgefangene Wasserzirkulation wiederhergestellt werden kann.
- impermeabilizzare l'ammasso all'intorno del cavo in modo da ripristinare i circuiti idrici intercettati.

Die Zonen, die von diesen Massnahmen betroffen sind, müssen mittels Untersuchungen während des Vortriebs festgestellt werden, und dementsprechend die Kalibrierung der Massnahmen angepasst werden, damit die Zeiten und Kosten optimiert werden können.

Le zone oggetto di questi interventi dovranno essere individuate tramite le prospezioni conoscitive in avanzamento che permetteranno di ricalibrare in corso d'opera gli interventi, ottimizzando i tempi e i costi previsti.

### **3 ERKUNDUNGEN WÄHREND DER VORTRIEBSPHASE ZUR ORTUNG DER GEOLOGISCH KRITISCHEN BEREICHE**

#### **3.1 ERKUNDUNGSSTOLLEN**

Der Untersuchungsvorgang zur Lokalisierung der kritischen Zonen während des Vortriebs des Erkundungsstollens ist:

- Vollbohrung der Länge 150m in Vortriebsphase alle 100m Vortrieb (Überlappung 50 m).
- Reflexionsseismische Untersuchung Typ TRT alle 100m Vortrieb mit einer Überdeckung von 150m nach dem Ortsbrustfront (Überlappung 50 m).
- Kontinuierliche geoelektrische Untersuchungen (Typ BEAM) am TBM-Kopf.

Dank diesen Untersuchungen werden die "kritische" Zone und die Wasseranwesenheit mit gewissem Vorabzug identifiziert.

Wenn die Anwesenheit der Störungszone bestätigt wird, wird der Ausbruch in einem 30m Sicherheitsabstand unterbrochen; dort wird eine kontinuierliche Bohrung mithilfe eines „preventer“ durchgeführt. Mit der Bohrung werden der Materialzustand, die Wasseranwesenheit und der Wasserdruck überprüft.

Durch spezifische Wasserentnahme werden die chemisch-physikalische Eigenschaften des Zirkulationswassers bestimmt, und diese mit der ursprünglichen Modellmassnahme verglichen.

Eine schematische Darstellung des Vorganges für den Erkundungsstollen ist in Abbildung 1 gezeigt.

#### **3.2 HAUPTRÖHREN**

Der im Voraus realisierte Erkundungsstollen erlaubt beim Ausbruch der Hauptröhre eine erhöhte Sicherheit bei der Identifizierung der massnahmenerforderlichen Zonen:

Während dem Vortrieb der Hauptröhren werden folgenden Untersuchungen ausgeführt:

- Reflexionsseismische Untersuchung Typ TRT alle 100m Vortrieb mit einer Überdeckung von 150m nach dem Ortsbrustfront (Überlappung 50 m).
- Kontinuierliche geoelektrische Untersuchungen (Typ BEAM) am TBM-Kopf.
- Vollbohrungen werden nur dort ausgeführt, wo beim Erkundungsstollen die Notwendigkeit erkannt wurde.

### **3 INDAGINI IN AVANZAMENTO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE GEOLOGICAMENTE PIÙ CRITICHE**

#### **3.1 CUNICOLO ESPLORATIVO**

La procedura d'indagine prevista per individuare eventuali zone critiche durante l'avanzamento del Cunicolo Esplorativo è la seguente:

- Sondaggio a distruzione in avanzamento ogni 100m di avanzamento con lunghezza di 150m (50m di sovrapposizione).
- Indagine sismica a riflessione tipo TRT ogni 100m di avanzamento con copertura di circa 150m oltre al fronte di scavo (50m di sovrapposizione).
- Indagini geoelettriche (tipo BEAM) continue sulla testa della fresa.

Attraverso queste indagini si individua con un certo anticipo la presenza o meno della zona "critica" e/o la presenza di acqua.

Accertata la presenza di tale zona, l'avanzamento viene interrotto indicativamente a una distanza di sicurezza di 50m dall'inizio della zona stessa; da questa posizione si realizza un sondaggio a carotaggio continuo eventualmente con l'ausilio di "preventer". Tramite il sondaggio si accerta lo stato del materiale nonché la presenza e la pressione dell'eventuale acqua circolante.

Attraverso prelievi specifici si identificano le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua circolante, confrontando il risultato con le ipotesi alla base del modello idrogeologico.

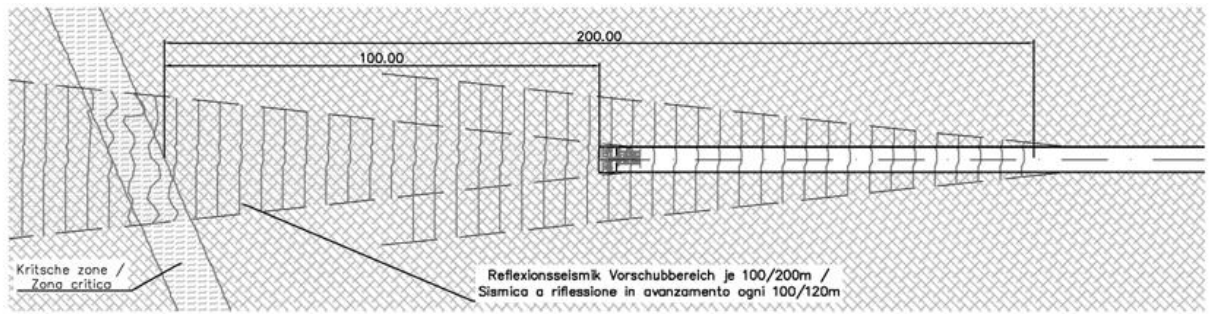
Uno schema di quanto previsto per il Cunicolo Esplorativo è mostrato nella Figura 1.

#### **3.2 GALLERIE DI LINEA**

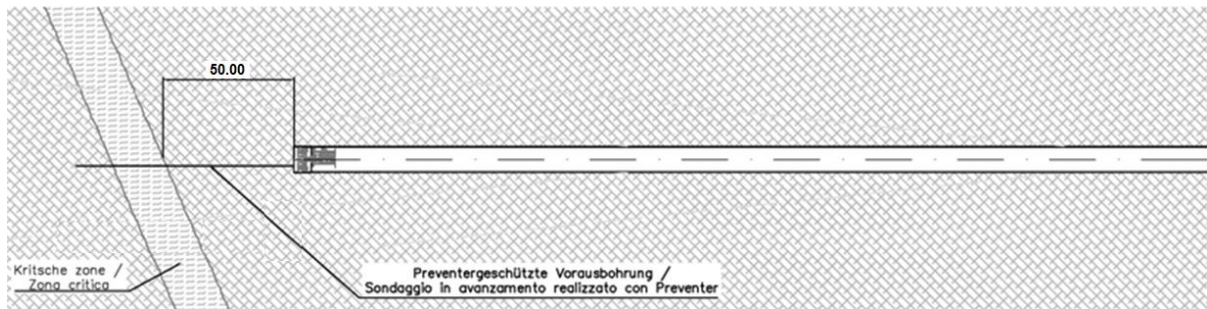
Per lo scavo delle Gallerie di Linea il Cunicolo Esplorativo realizzato anticipatamente consentirà una maggiore sicurezza nell'identificazione del tratto in cui intervenire:

Durante lo scavo delle gallerie di linea saranno eseguite le seguenti indagini in avanzamento:

- Indagine sismica a riflessione tipo TRT ogni 100m di avanzamento con copertura di circa 150m oltre al fronte di scavo (50m di sovrapposizione).
- Indagini geoelettriche (tipo BEAM) continue sulla testa della fresa.
- Sondaggi a distruzione, eseguiti unicamente nelle zone critiche precedentemente individuate durante lo scavo del Cunicolo Esplorativo.



a)



b)

Abbildung 1: Untersuchungsverfahren im Vorschubbereich des Erkundungsstollen. a) Seismische Untersuchung, b) Kontinuierliche Bohrung.

Figura 1: Procedura di indagine in avanzamento del Cunicolo Esplorativo. a) Indagini sismiche, b) Sondaggio a carotaggio continuo.

## 4 RISIKOMANAGEMENT BEI POTENTIELLEN INTERFERENZEN MIT GESCHÜTZTEN WASSERQUELLEN

### 4.1 ALLGEMEINES

Es folgt die Beschreibung der Risikomanagementverfahren bei potentiellen Interferenzen mit geschützten Wasserquellen (Brenner Thermalquellen und Kaltwasserquelle). Weitere Ausführungen zur Beweissicherung während der Bauausführung können dem Kapitel 3 und dem Bericht [6] entnommen werden.

Im Hinblick auf die kritischen Schüttmengen (nachstehend  $Q_{\text{kritisch}}$ ) sei vermerkt, dass bis heute kein genauer Schwellenwert (sprich 5 oder 15 l/s oder auch ein Zwischenwert) festgelegt wurde, weil eine solche Festlegung verfrüht wäre. Zweifelsohne muss man rechtzeitig, bevor der Ausbruch in die kritischen Bereiche vordringt, einen einzigen Schwellenwert festlegen. Allerdings ist es wichtig, dass ein solcher Wert, der erhebliche Auswirkungen auf den Vortrieb und die Zuverlässigkeit der Prognosen zur den Auswirkungen hat, nicht nur auf der Grundlage theoretischer Grundsätze, sondern auch von empirischen Erfahrungswerten, die im Zuge des Vortriebs des Erkundungsstollens in nicht kritischen Abschnitten gewonnen werden, festgelegt wird.

### 4.2 BRENNER THERMALQUELLEN

Die Beweissicherungsverfahren für die kritischen Abschnitte beim Brennerbad müssen bereits in gebührendem Abstand vom Vortrieb in den besagten Abschnitten eingeleitet werden, um so die unsicheren Faktoren zur Standortbestimmung der hydrogeologischen Strukturen zu berücksichtigen. Hierzu sind eigene Beweissicherungsverfahren für die kritischen Abschnitte 100m vor dem voraussichtlichen Eintritt in den Bereich der potentiellen Interferenzen geplant, die sich dann über auch 100m nach dem Streckenkilometer des voraussichtlichen Verlassens des kritischen Abschnitts fortsetzen. Damit werden die einschlägigen Aufschlüsse und Beweissicherungen in folgenden Bereichen durchgeführt (Kilometrierung Oströhre):

- Von km 35+860 bis km 36+190 ca.
- von km 37+145 bis km 37+430 ca.
- von km 37+820 bis km 38+085 ca.

Die o.g. Abschnitte werden der Klarheit halber nachstehend als "kritische Abschnitte" bezeichnet. In den Bereichen vor und nach dem Ausbruch in diesen Abschnitten erfolgt der Vortrieb in jedem Fall mit den Untersuchungen der Ausführungsplanung [6], so dass etwaige, wenn auch unwahrscheinliche, ausgeprägte Abweichungen von der Prognosesituation in jedem Fall erfasst werden.

## 4 PROCEDURA DI GESTIONE DEL RISCHIO DELL'INTERFERENZA CON GLI ACQUIFERI PREGIATI

### 4.1 GENERALITÀ

Nel seguito si descrive la procedura di gestione del rischio di interferenza con gli acquiferi pregiati (Terme del Brennero e sorgente di Kaltwasser). Ulteriori indicazioni sul monitoraggio previsto in corso d'opera sono rintracciabili nel capitolo 3 e nella relazione [6].

A proposito delle portate critiche prescelte (di seguito indicate con la sigla  $Q_{\text{critica}}$ ) va ancora notato che ad oggi non è stata identificata una soglia esatta (ovvero 5 piuttosto che 15 l/s o un qualche valore intermedio), poiché si ritiene prematura una tale scelta. Indubbiamente prima che gli scavi inizino a interessare le zone critiche sarà necessario fissare un valore unico di soglia. Si ritiene però importante che un tale valore, che ha delle notevoli ripercussioni sull'avanzamento degli scavi e sulla affidabilità in termini di previsioni degli impatti, venga definito, oltre che sulla base dei principi teorici, anche sulla base del ritorno di esperienza che si otterrà dallo scavo del Cunicolo Esplorativo in tratte non critiche.

### 4.2 TERME DEL BRENNERO

Le procedure di monitoraggio specifiche da adottarsi per le tratte critiche nei confronti di Terme di Brennero andranno attivate con un certo anticipo rispetto all'ingresso degli scavi in tali tratte, al fine di tenere conto delle incertezze sulla localizzazione delle strutture idrogeologiche. A tal proposito si è previsto di attivare le procedure di monitoraggio specifiche per le tratte critiche con 100m di anticipo rispetto all'ingresso presunto nella zona di potenziale interferenza, e di protrarre tali procedure anche per i 100m successivi alla progressiva presunta di uscita dalla tratta critica. Pertanto le zone in cui si procederà a realizzare indagini e monitoraggi specifici sono le seguenti (progressive canna est):

- Da km 35+860 a km 36+190 circa.
- Da km 37+145 a km 37+430 circa.
- Da km 37+820 a km 38+085 circa.

Le suddette tratte, per chiarezza, verranno indicate in seguito con il termine "tratte critiche". Nei settori che precedono e seguono lo scavo in queste tratte l'avanzamento procederà comunque con le indagini in avanzamento di Progetto Esecutivo [6], pertanto eventuali (seppur improbabili) scostamenti rilevanti dalla situazione prevista potranno comunque essere identificati.

Man geht also davon aus, dass vor Eintritt in einen der drei kritischen Bereiche, in denen ggf. Interventionsbedarf besteht, der Ausbruch in Bereichen erfolgt, in denen sichere Bedingungen bestehen (Szenario 1). Das Beweissicherungsverfahren bei der Annäherung an einen der drei kritischen Abschnitte entspricht also der nachstehenden Beschreibung und Darstellung in Abbildung 2.

#### 4.2.1 Sichere Bedingungen (Szenario 1)

- 1) Durchführung der Systematische Untersuchungen, d.h. seismische TRT, geoelektrische BEAM, Aufschlussbohrung ohne Kerngewinn mit Blow-Out-Preventer von etwa 150m Länge. Mit diesen Untersuchungen lassen sich etwaige Verschlechterungen der geotechnischen Gebirgsbedingungen, wie pseudo-karstische Lösungszonen und Störungen, und Anwesenheit von Wasser nachweisen.
- 2) Datenauswertung mit zwei potentiellen Szenarien:
  - a) Schüttmenge aus der Vorausbohrung von weniger als  $Q_{kritisch}$  (indikativ 5-15l/s): hier ergeben sich sichere Bedingungen (Szenario 1) und es können weitere 100m vorgetrieben werden, dann erfolgt eine neue Vorausbohrung.
  - b) Schüttmenge aus der Vorausbohrung von mehr als  $Q_{kritisch}$  (indikativ 5-15l/s): in diesem Fall entsprechen die Bedingungen der Vorwarnstufe (Szenario 2 – Kapitel 4.2.2), das eine gewisse Vorsicht erfordert; der Vortrieb erfolgt bedingt (siehe Definition des bedingten Vortriebs weiter unten)

Zeitgleich zu den oben stehenden Maßnahmen erfolgt eine Beprobung des Wassers aus den Bohrungen; die Proben werden zur geochemischen Analyse ins Labor geschickt, um so über eine Referenzprobe zu verfügen, der unter anderem dem Abgleich mit im Zuge des weiteren Vortriebs genommenen Wasserproben dient.

#### 4.2.2 Vorwarnstufe (Szenario 2)

- 1) Beweissicherung der Abnahmegeschwindigkeit der Entwässerungsmenge aus der Vorausbohrung. Das bedeutet, dass im Zuge eines etwaigen bedingten Vortriebs nach der Bohrung sichergestellt werden muss, dass der Aufschluss weiter intakt und untersuchbar bleibt, so dass der Vergleich zwischen den daraus gewonnenen Wassermengen während der Beweissicherung aussagekräftig bleibt, d.h. dass immer Schüttungen aus Bohrungen mit den-selben Merkmalen verglichen werden.

Si ipotizza dunque che prima di entrare in una delle tre zone critiche eventualmente da trattare, gli scavi avvengano in settori in cui esiste una situazione di tipo 1, ovvero una situazione di sicurezza. La procedura di monitoraggio in fase di approccio a una delle tre tratte critiche sarà quindi quella descritta nel seguito e schematizzata in Figura 2.

#### 4.2.1 Situazione di sicurezza (tipo1)

- 1) Realizzazione delle indagini sistematiche, vale a dire sismica TRT, geoelettrica BEAM, sondaggio a distruzione in avanzamento con blow-out-preventer della lunghezza di 150m. Si tratta di indagini che permettono di evidenziare eventuali scadimenti della qualità geotecnica dell'ammasso, come zone di dissoluzione di tipo pseudo-carsico e faglie, e la presenza di acqua.
- 2) Valutazione dei dati con due possibili casi:
  - a) Portate drenate dal sondaggio in avanzamento inferiori a  $Q_{critica}$  (indicativamente 5-15l/s): si ricade in una situazione di sicurezza (tipo 1) e lo scavo può avanzare di ulteriori 100m, dopo i quali si realizza un nuovo sondaggio in avanzamento.
  - b) Portate drenate dal sondaggio in avanzamento superiori a  $Q_{critica}$  (indicativamente 5-15l/s): si ricade in una situazione di attenzione (tipo 2 – capitolo 4.2.2) e gli scavi possono avanzare in modo condizionato (si veda più avanti per la definizione di avanzamento condizionato).

Contemporaneamente alle azioni precedenti viene comunque eseguito un campionamento delle acque drenate con invio a laboratorio per analisi geochimica, in modo da disporre di un campione di riferimento e confronto con acque che si incontreranno nel prosieguo degli scavi

#### 4.2.2 Situazione di attenzione (tipo2)

- 1) Monitoraggio della rapidità di decrescita della portata drenata dal sondaggio realizzato in avanzamento. Ciò implica che nel corso dell'eventuale avanzamento condizionato successivo alla realizzazione del sondaggio dovrà essere garantito che il sondaggio stesso rimanga ispezionabile e intatto, in modo che il raffronto tra le portate da esso drenate nel corso del periodo di monitoraggio risulti significativo, ovvero che si confrontino sempre portate drenate da un sondaggio con le medesime caratteristiche

2) Datenauswertung – zwei potentielle Fälle:

- a) Fünf Tage nach Beginn der Entwässerung ergibt sich eine um 50-75% geringere Wassermenge als am Anfang: hier ergeben sich wieder sichere Bedingungen (Szenario 1 – Kapitel 4.2.1) und der Ausbruch kann frei bis zu einer Entfernung von 100m vom Standort des Bohrbeginns vorgetrieben werden; danach erfolgt eine neue Vorausbohrung.
- b) Fünf Tage nach Beginn der Entwässerung ist die Wassermenge immer noch um 50-75% höher als die Wassermenge am Anfang: in diesem Fall tritt Warnstufe ein (Szenario 3 – Kapitel 4.2.3) und der Vortrieb erfolgt weiter bedingt.

Zeitgleich mit den o.g. Maßnahmen erfolgt eine neue Beprobung fünf Tage nach Entwässerungsbeginn; die Proben werden zur geochemischen Analyse ins Labor geschickt, um so über eine Referenzprobe zu verfügen, die unter anderem dem Abgleich mit im Zuge des weiteren Vortriebs genommenen Wasserproben dient.

**4.2.3 Warnstufe (Szenario 3)**

- 1) Die Beweissicherung der Abnahmegeschwindigkeit der Schüttmenge aus der Vorausbohrung wird auf bis zu 10 Tage ausgedehnt. Wie im vorhergehenden Szenario muss der Aufschluss weiter intakt und untersuchbar bleiben.
- 2) Das Wasser aus der Aufschlussbohrung wird täglich beprobt und die Probe ins Labor geschickt.
- 3) Die Daten aus den Dauermessungen der hydraulischen Druckhöhe in den Piezometern im Bereich des Brennerbades werden ausgewertet.
- 4) Die Daten aus den Dauermessungen der Schüttmengen, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert beim Brennerbad werden ausgewertet.
- 5) Die Daten aus den Dauermessungen der Schüttmengen, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert der übrigen Referenzquellen werden ausgewertet.
- 6) 10 Tage nach Beginn der Entwässerung und des Einstellens der Arbeiten wird eine Gesamtbeurteilung der Daten vorgenommen; folgende Szenarien finden Berücksichtigung:
  - a) 10 Tage nach Beginn der Entwässerung ist die Schüttmenge 50-75% geringer als die anfängliche Schüttung; keiner der Indikatoren unter Punkt 2), 3) und 4) liefert kritische Daten: man erreicht wieder sichere Bedingungen

2) Valutazione dei dati con due possibili casi:

- a) Dopo 5 giorni dall'inizio del drenaggio la portata drenata dal sondaggio risulta ridotta a meno del 50-75% della portata iniziale: si ricade in una situazione di sicurezza (tipo 1 – capitolo 4.2.1) e lo scavo può avanzare liberamente fino a una distanza pari a 100m dalla posizione di inizio sondaggio, dopo i quali si realizza un nuovo sondaggio in avanzamento.
- b) Dopo 5 giorni dall'inizio del drenaggio la portata drenata risulta ancora maggiore del 50-75% della portata iniziale: si ricade in una situazione di allerta (tipo 3 – capitolo 4.2.3) e si rimane in una situazione di avanzamento condizionato.

Contemporaneamente alle azioni precedenti viene comunque eseguito un nuovo campionamento delle acque drenate a 5 giorni dall'inizio del drenaggio con invio a laboratorio per analisi geochimica, in modo da disporre di un campione di riferimento e confronto con acque che si incontreranno nel prosieguo degli scavi

**4.2.3 Situazione di allerta (tipo3)**

- 1) Si estende fino a 10 giorni il monitoraggio della rapidità di decrescita della portata drenata dal sondaggio realizzato in avanzamento. Come nel caso precedente il sondaggio deve rimanere ispezionabile e intatto.
- 2) Si esegue un campionamento giornaliero delle acque del sondaggio con invio del campione in laboratorio.
- 3) Si analizzano i dati provenienti dai rilevatori in continuo di carico idraulico posti nei piezometri realizzati nell'intorno di Terme del Brennero.
- 4) Si analizzano i dati provenienti dai rilevatori in continuo di portata, temperatura, conducibilità e pH posti alle sorgenti di Terme del Brennero.
- 5) Si analizzano i dati provenienti dai rilevatori in continuo di portata, temperatura, conducibilità e pH posti alle altre sorgenti di riferimento.
- 6) A 10 giorni dall'inizio del drenaggio e dell'avanzamento condizionato si esegue una valutazione complessiva dei dati con i seguenti casi:
  - a) Dopo 10 giorni dall'inizio del drenaggio la portata drenata risulta ridotta a meno del 50-75% della portata iniziale; nessuno degli indicatori di cui ai punti 2), 3) e 4) fornisce dati critici: si ricade in una situazione di sicurezza (tipo 1 – capitolo 4.2.1) e lo

(Szenario 1 – Kapitel 4.2.1) und der Ausbruch wird frei bis in 100m Entfernung vom Standort des Bohrungsbeginns fortgesetzt; dann erfolgt eine neue Vorausbohrungbohrung.

- b) 10 Tage nach Beginn der Entwässerung ist die Schüttmenge immer noch um 50-75% höher als die anfängliche Schüttmenge; keiner der Indikatoren unter Punkt 2), 4) und 4) liefert kritische Daten, der Indikator unter Punkt 5) verweist auf die Einflussnahme auf das Fließsystem einer anderen Quelle: man erreicht wieder sichere Bedingungen (Szenario 1 – Kapitel 4.2.1) und der Ausbruch wird frei bis in 100m Entfernung vom Standort des Bohrungsbeginns fortgesetzt; dann erfolgt eine neue Vorausbohrungbohrung.
- c) 10 Tage nach Beginn der Entwässerung ist die Schüttmenge immer noch um 50-75% höher als die anfängliche Schüttmenge; keiner der Indikatoren unter Punkt 2), 3) und 4) liefert kritische Daten, der Indikator unter Punkt 5) verweist auf keinerlei Einflussnahme auf das Fließsystem einer anderen Quelle: man erreicht die Alarmstufe (Szenario 4 – Kapitel 4.2.4) und der Vortrieb erfolgt bedingt.
- d) 10 Tage nach Beginn der Entwässerung ist die Schüttmenge immer noch um 50-75% höher als die anfängliche Schüttmenge; mindestens einer der Indikatoren unter Punkt 2), 3) und 4) liefert kritische Daten: es tritt eine Situation mit hoher Belastungswahrscheinlichkeit ein und es sind Präventivmaßnahmen zur Gebirgs-abdichtung zu treffen (Kapitel 5).

#### 4.2.4 Alarmstufe (Szenario 4)

- 1) Die Beweissicherung der Abnahmegeschwindigkeit der Schüttmenge aus der Vorausbohrung wird auf bis zu 30 Tage ausgedehnt. Wie im vorhergehenden Szenario muss der Aufschluss weiter intakt und untersuchbar bleiben.
- 2) Das Wasser aus der Aufschlussbohrung wird täglich beprobt und die Probe ins Labor geschickt.
- 3) Die Daten aus den Dauermessungen der hydraulischen Druckhöhe in den Piezometern im Bereich des Brennerbades werden ausgewertet.
- 4) Die Daten aus den Dauermessungen der Schüttmengen, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert beim Brennerbad werden ausgewertet.

scavo prosegue liberamente fino a una distanza pari a 100m dalla posizione di inizio sondaggio, dopo i quali si realizza un nuovo sondaggio in avanzamento.

- b) Dopo 10 giorni dall'inizio del drenaggio la portata drenata risulta ancora maggiore del 50-75% della portata iniziale; nessuno degli indicatori di cui ai punti 2), 3) e 4) fornisce dati critici, l'indicatore di cui al punto 5) indica che si sta impattando il sistema di flusso di un'altra sorgente: si ricade in una situazione di sicurezza (tipo 1 – capitolo 4.2.1) e lo scavo prosegue liberamente fino a una distanza pari a 100m dalla posizione di inizio sondaggio, dopo i quali si realizza un nuovo sondaggio in avanzamento.
- c) Dopo 10 giorni dall'inizio del drenaggio la portata drenata risulta ancora maggiore del 50-75% della portata iniziale; nessuno degli indicatori di cui ai punti 2), 3) e 4) fornisce dati critici, l'indicatore di cui al punto 5) indica che non si sta impattando il sistema di flusso di nessun'altra sorgente: si ricade in una situazione di allarme (tipo 4 – capitolo 4.2.4) e permane una situazione di avanzamento condizionato.
- d) Dopo 10 giorni dall'inizio del drenaggio la portata drenata risulta ancora maggiore del 50-75% della portata iniziale; almeno uno degli indicatori di cui ai punti 2), 3) e 4) fornisce dati critici: si ricade in una situazione di elevata probabilità di impatto e si deve procedere con i trattamenti di impermeabilizzazione preventiva dell'ammasso (capitolo 5).

#### 4.2.4 Situazione di allarme (tipo4)

- 1) Si estende fino a 30 giorni il monitoraggio della rapidità di decrescita della portata drenata dal sondaggio realizzato in avanzamento. Come nel caso precedente il sondaggio deve rimanere ispezionabile e intatto.
- 2) Si esegue un campionamento giornaliero delle acque del sondaggio con invio del campione in laboratorio.
- 3) Si analizzano i dati provenienti dai rilevatori in continuo di carico idraulico posti nei piezometri realizzati nell'intorno di Terme del Brennero.
- 4) Si analizzano i dati provenienti dai rilevatori in continuo di portata, temperatura, conducibilità e pH posti alle sorgenti di Terme del Brennero.

- |  |   |
|--|---|
| <p>5) Die Daten aus den Dauermessungen der Schüttmengen, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert der übrigen Referenzquellen werden ausgewertet.</p> <p>6) 30 Tage nach Beginn der Entwässerung und des Einstellens der Arbeiten wird eine Gesamtbeurteilung der Daten vorgenommen; folgende Szenarien finden Berücksichtigung</p> <p>a) 30 Tage nach Beginn der Entwässerung liefert, ganz unabhängig von der Schüttmenge aus der Vorausbohrung, keiner der Indikatoren unter Punkt 2), 3) und 4) kritische Daten; es ergeben sich wieder sichere Bedingungen (Szenario 1 – Kapitel 4.2.1) und der Vortrieb kann frei bis zu einer Entfernung von 100m vom Standort des Bohrbeginns erfolgen; danach erfolgt eine neue Vorausbohrung.</p> <p>b) 30 Tage nach Beginn der Entwässerung liefert, ganz unabhängig von der Schüttung aus der Vorausbohrung, mindestens einer der Indikatoren unter Punkt 2), 3) und 4) kritische Daten- &gt; es tritt eine Situation mit hoher Belastungswahrscheinlichkeit ein und es sind Präventivmaßnahmen zur Gebirgsabdichtung zu treffen (Kapitel 5).</p> | <p>5) Si analizzano i dati provenienti dai rilevatori in continuo di portata, temperatura, conducibilità e pH posti alle altre sorgenti di riferimento.</p> <p>6) A 30 giorni dall'inizio del drenaggio e dell'avanzamento condizionato si esegue una valutazione complessiva dei dati con i seguenti casi:</p> <p>a) Dopo 30 giorni dall'inizio del drenaggio, qualunque sia la portata drenata dal sondaggio in avanzamento, nessuno degli indicatori di cui ai punti 2), 3) e 4) fornisce dati critici: si ricade in una situazione di sicurezza (tipo 1 – capitolo 4.2.1) e lo scavo può avanzare liberamente fino a una distanza pari a 100m, dalla posizione di inizio sondaggio, dopo i quali si realizza un nuovo sondaggio in avanzamento.</p> <p>b) Dopo 30 giorni dall'inizio del drenaggio, qualunque sia la portata drenata dal sondaggio in avanzamento, almeno uno degli indicatori di cui ai punti 2), 3) e 4) fornisce dati critici: si ricade in una situazione di elevata probabilità di impatto e si deve procedere con i trattamenti di impermeabilizzazione preventiva dell'ammasso (capitolo 5).</p> |
|--|---|

#### 4.2.5 Weitere Überlegungen

Zur klaren Darstellung der oben genannten Vorgangsweise gilt es noch zwei Aspekte zu definieren; den bedingten Vortrieb und Örtung von Aquiferen, die hinsichtlich des Erhalts des Brennerbades nicht problematisch sind.

##### 4.2.5.1 Bedingter Vortrieb

Um das Konzept des bedingten Vortriebs zu erklären, muss das hydraulische Verhalten definiert werden, das mit den Vorausbohrungen eintreten kann. Zwei mögliche Szenarien werden gestellt:

- 1) Die Wassermengen aus der Bohrung stammen aus bedeutenden Wasserzuflüssen, die mehr oder weniger homogen über die gesamte Bohrlochlänge verteilt sind.
- 2) Die Wassermengen aus der Bohrung stammen aus einem einzigen lokalisierten Wasserzutritt oder treten erst ab einer bestimmten Stelle der Bohrung auf.

Im ersten Fall hat man es mit einem potentiellen Aquifer bereits ab einigen Metern nach der Ortsbrust zu tun. In diesem Fall würde man bei Wiederaufnahme des Ausbruchs Gefahr laufen, bereits nach wenigen Metern den Aquifer zu örttern. Daher muss zur Durchführung der Beweissicherung (Szenario

#### 4.2.5 Ulteriori considerazioni

A chiarimento della precedente procedura, restano da definire due ulteriori aspetti: il concetto di avanzamento condizionato e l'attraversamento di acquiferi non problematiche ai fini della preservazione di Terme del Brennero.

##### 4.2.5.1 Avanzamento condizionato

Per chiarire il concetto di avanzamento condizionato è necessario definire quale possa essere il tipo di comportamento idraulico che si verificherà con la realizzazione dei sondaggi in avanzamento. Sono in sostanza possibili due casi:

- 1) Le portate drenate dal sondaggio provengono da afflussi significativi distribuiti più o meno omogeneamente lungo il sondaggio dall'inizio alla fine.
- 2) Le portate drenate dal sondaggio provengono da una singola venuta localizzata o comunque iniziano a comparire solo da un certo punto del sondaggio in avanti.

Nel primo caso ovviamente si è in presenza di un possibile acquifero a partire da pochi metri oltre il fronte di scavo. In questa situazione evidentemente riprendendo gli scavi si rischierebbe di penetrare nell'acquifero dopo pochi metri dalla ripartenza degli scavi. Pertanto, tale caso impone che, per



2, 3, 4 – Kapitel 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4) der Ausbruch bis zur Abklärung der hydrogeologischen Bedingungen vor der Ortsbrust eingestellt werden.

Im zweiten Fall würde auch bei einer Wiederaufnahme des Ausbruchs eine Örtung des etwaigen Aquifers nicht unmittelbar, sondern zeitlich verzögert erfolgen. Unter diesen Bedingungen könnte, sofern es gelingt, eine Möglichkeit zu finden, um den Aufschluss intakt und untersuchbar zu erhalten, der Ausbruch ohne Pause weiter vorgetrieben werden, zumindest bis zu einem sicheren Abstand von der Stelle, an der sich aus der Aufschlussbohrung die ersten Wasserzutritte ergeben haben. Diese Entfernung lässt sich mit 50m festlegen, um auf der sicheren Seite zu sein.

Als bedingten Vortrieb bezeichnet man den Vortrieb, der auch bei den Vorwarn-/Warn-/Alarmstufe fortgesetzt werden kann, sofern er nicht weiter als ca. 50m vom ersten bedeutenden Wasserzutritt auf-gefahren und sichergestellt wird, dass die Voraus-bohrung intakt und untersuchbar bleibt, um die Beweissicherung korrekt vornehmen zu können.

#### 4.2.5.2 Aquifer nicht problematisch hinsichtlich des Erhalts des Brennerbades

Ein zweiter Aspekt, den es zu klären gilt, betrifft die Durchführung der Beweissicherung für den Fall, dass sich aus den o.g. Verfahren ergibt, dass der Aquifer, den man zu örteln im Begriff ist, hinsichtlich des Erhalts des Brennerbades nicht problematisch ist.

Eine Möglichkeit bestünde natürlich darin, in jedem Fall das gesamte Verfahren zu wiederholen, so als ob man nicht bereits über Informationen zum betreffenden Aquifer verfügte. Allerdings wäre dies mit zusätzlichen Auswirkungen auf die Ausbruchsdauer verbunden, was an dieser Stelle überflüssig sein könnte.

Aus praktischer Sicht könnte man dagegen die im Zuge der Beweissicherung im unmittelbar vorhergehenden Vortriebsquerschnitt und der zugehörigen Bohrung gewonnenen Kenntnisse nutzen. Geht man also davon aus, dass in jedem Fall eine neue Bohrung mit Preventer durchzuführen ist, kann, sofern die sich daraus ergebenden Bedingungen gewisse Kennwerte ergeben, der Vortrieb über weitere 100m frei erfolgen, ohne das gesamte oben beschriebene Verfahren wiederholen zu müssen.

eseguire eventuali monitoraggi (situazioni di tipo 2, 3, 4 – capitoli 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4), gli scavi debbano arrestarsi fino al chiarimento del contesto idrogeologico davanti al fronte.

Nel secondo caso, anche qualora gli scavi riprendessero, non penetrerebbero immediatamente nell'eventuale acquifero ma impiegherebbero un certo tempo. In queste condizioni, purché si trovi un sistema per mantenere intatto ed ispezionabile il sondaggio eseguito, gli scavi potrebbero continuare ad avanzare senza un arresto, almeno fino a una distanza di sicurezza dal punto in cui il sondaggio ha iniziato a incontrare le prime venute. Tale distanza si può cautelativamente fissare nell'ordine dei 50m circa.

Per avanzamento condizionato si intende dunque un avanzamento che può proseguire anche in situazioni di attenzione/allerta/allarme, purché esso non si spinga a più di 50m circa dalla prima venuta significativa incontrata con il sondaggio e purché esso garantisca che il sondaggio eseguito non venga distrutto e rimanga ispezionabile ed intatto per consentire un corretto svolgimento dei monitoraggi necessari.

#### 4.2.5.2 Acquiferi non problematici ai fini della preservazione delle Terme del Brennero

Un secondo aspetto che resta da definire è come si procede nello svolgimento dei monitoraggi qualora con l'applicazione delle suddette procedure si sia stabilito che la zona acquifera in cui si sta entrando, seppur importante, non sia problematica ai fini della preservazione delle Terme del Brennero.

Una possibilità è ovviamente quella di ripetere comunque tutta la procedura come se non si disponesse già di informazioni in merito all'acquifero in questione. Ciò però implicherebbe ulteriori impatti sulle tempistiche degli scavi e tali impatti potrebbero a questo punto risultare superflui.

In termini più pratici si potrà invece procedere a sfruttare il ritorno di conoscenza ottenuto con i monitoraggi eseguiti nella sezione di avanzamento scavi immediatamente precedente e relativo sondaggio. Ovvero, posto che comunque un nuovo sondaggio con preventer dovrà essere realizzato, qualora le condizioni che esso evidenzierà rispondano a certi parametri, sarà possibile avanzare liberamente per ulteriori 100m senza ripetere l'intera procedura descritta in precedenza.

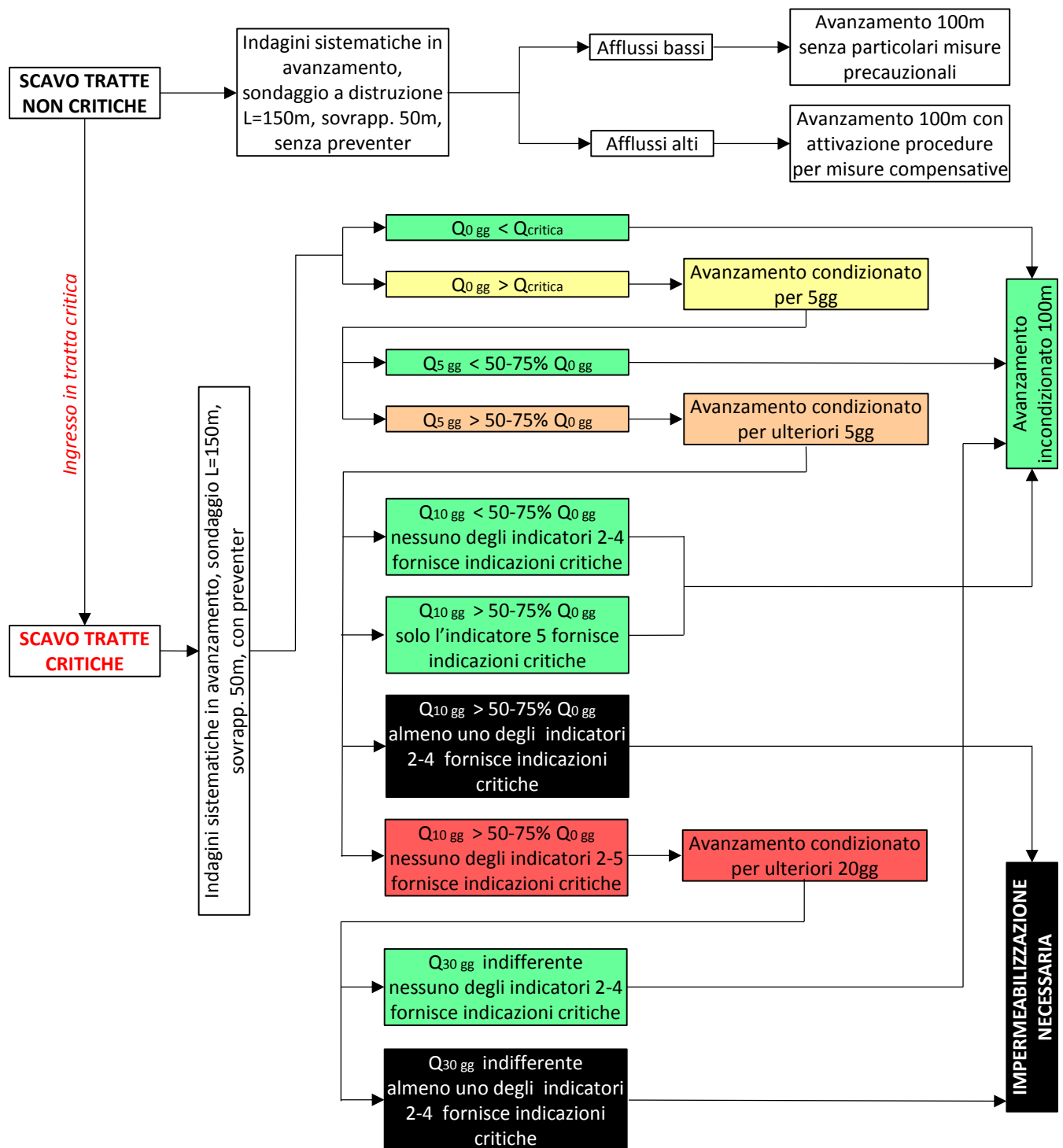


Figura 2: Diagramma di flusso illustrante la procedura decisionale e di monitoraggio per lo scavo in tratte critiche relativamente all'acquifero delle sorgenti delle Terme del Brennero.

Indicatori (si vedano capitoli 4.2.3 e 4.2.4):

- 2) Campionamento giornaliero delle acque del sondaggio con invio del campione in laboratorio.
- 3) Rilevatori in continuo di carico idraulico posti nei piezometri realizzati nell'intorno di Terme del Brennero.
- 4) Rilevatori in continuo di portata, temperatura, conducibilità e pH posti alle sorgenti di Terme del Brennero.
- 5) Rilevatori in continuo di portata, temperatura, conducibilità e pH posti alle altre sorgenti di riferimento.

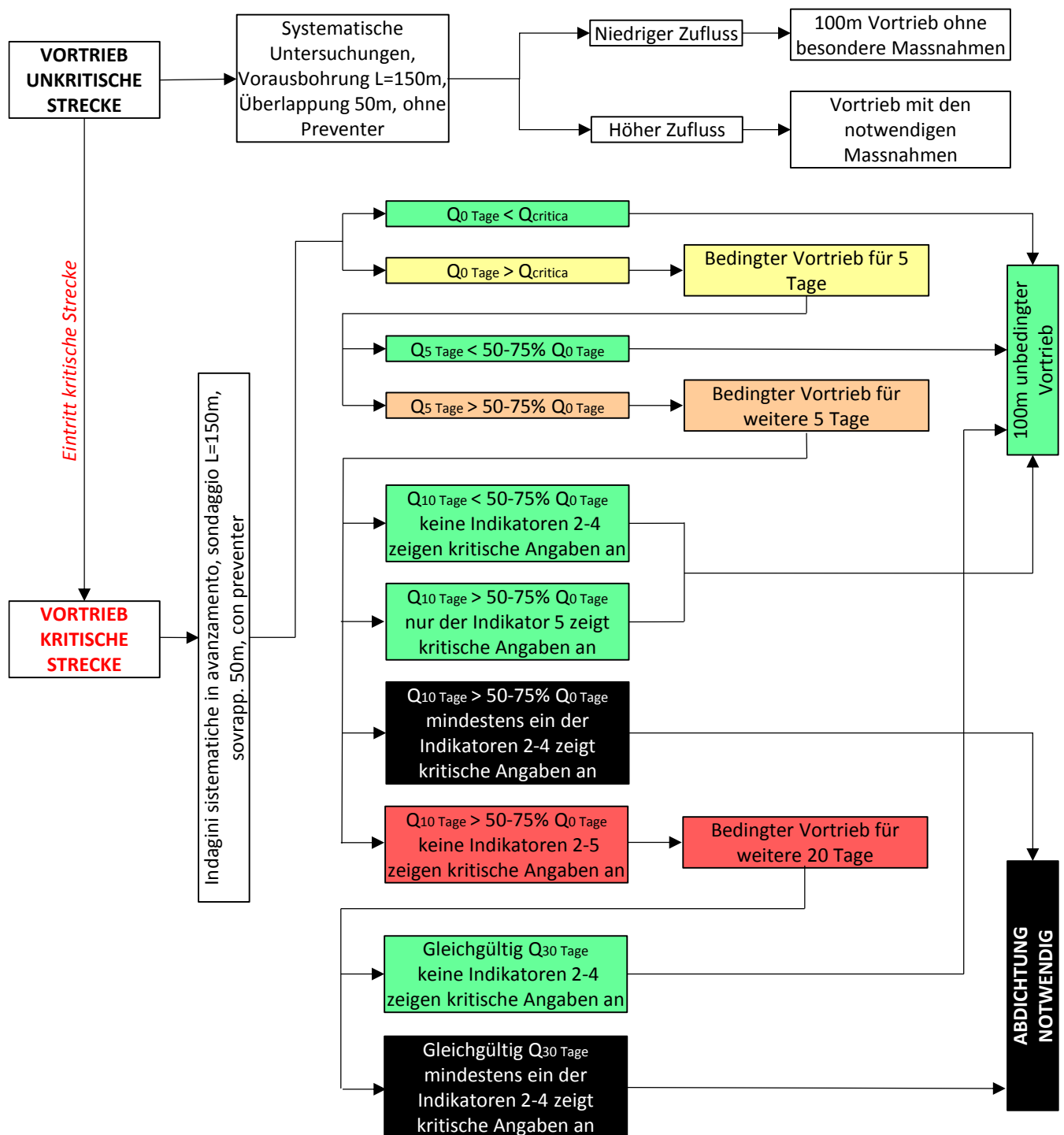


Abbildung 2: Fließdiagramm zur Darstellung des Entscheidungs-prozesses und des Beweissicherungsverfahrens für den Vortrieb in kritischen Abschnitten für die Brennerbad-Quellen.

Indikatoren (siehe Kapitel 4.2.3 und 4.2.4):

- 2) Täglich Stichprobenentnahme des Wassers aus der Aufschlussbohrung und Versendung der Probe ins Labor.
- 3) Dauermessungen der hydraulischen Druckhöhe in den Piezometern im Bereich des Brennerbades werden ausgewertet.
- 4) Dauermessungen der Schüttmengen, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert beim Brennerbad werden ausgewertet.
- 5) Dauermessungen der Schüttmengen, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert der übrigen Referenzquellen werden ausgewertet.

Damit ein solches „vereinfachtes Verfahren“ zur Anwendung gelangen kann, müssen im Wesentlichen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- 1) Nachweis der Übereinstimmung der chemischen und physikalischen Merkmale des Wassers aus der neuen Bohrung mit jenen der vorhergehenden Bohrung.
- 2) Nachweis, dass auch weiterhin die Bedingungen bestehen, bei denen keiner der Indikatoren unter Punkt I, II und III kritische Daten ergibt.
- 3) Nachweis, dass die Schüttmengen aus der neuen Bohrung nicht signifikant höher sind als jene der vorhergehenden Bohrung.

Diese drei Bedingungen lassen sich weiter verfeinern, gegebenenfalls unter Berücksichtigung zusätzlicher Umstände, aufgrund der Erkenntnisse aus dem Ausbruch des Erkundungsstollen in Bereichen, die für die Thermalquellen nicht kritisch sind. Im Wesentlichen gelten auch hier die Ausführungen für die Festschreibung des kritischen Wertes für die Schüttung aus der Bohrung ( $Q_{kritisch}$ ), die es zu berücksichtigen gilt.

#### 4.3 KALTWASSERQUELLE

Für die Kaltwasserquelle gelangen im Wesentlichen dieselben Beweissicherungskriterien wie für die Brennerbadquellen zur Anwendung.

In diesem Fall liegt der kritische Abschnitt, zwischen km 39+360 und km 40+250, unter Berücksichtigung eines Sicherheitsstreifens von 100m pro Seite im Bereich, in dem man damit rechnet, beim Vortrieb ggf. auf den Aquifer zu stoßen,

Wie bei den Brennerbadquellen wird die Möglichkeit in Betracht gezogen, Piezometer im Bereich der Quelle anzubringen, wobei dies angesichts der Bedingungen bei der Kaltwasserquelle problematischer ist als bei den Thermalquellen. Die Kaltwasserquelle entspringt nämlich aus deutlich mächtigeren und ausgedehnteren quartären Ablagerungen, so dass es entsprechend schwieriger ist, mit einem Piezometer den Standort des Eintrags vom Gebirgskreislauf in den quartären Aquifer zu bestimmen.

Le condizioni necessarie per applicare una procedura che definiremo “semplificata” saranno di massima le seguenti:

- 1) Verifica che le caratteristiche fisico-chimiche delle acque drenate con il nuovo sondaggio corrispondano a quelle drenate con il sondaggio precedente.
- 2) Verifica che permanga una situazione in cui nessuno degli indicatori di cui ai punti 1), 2) e 3) fornisca dei dati critici.
- 3) Verifica che le portate drenate dal nuovo sondaggio non risultino significativamente maggiori rispetto a quelle del sondaggio precedente.

Queste tre condizioni potranno essere ulteriormente affinate, eventualmente anche con l'aggiunta di ulteriori condizioni, a valle del ritorno di esperienza derivante dallo scavo del Cunicolo Esplorativo in tratte non critiche per le sorgenti termali. Vale in sostanza il medesimo discorso già fatto per la definizione del valore critico di portata drenata dal sondaggio ( $Q_{critica}$ ) da tenere in considerazione.

#### 4.3 SORGENTE DI KALTWASSER

In linea di principio per la sorgente Kaltwasser verranno applicati i medesimi criteri di monitoraggio illustrati per Terme del Brennero.

In questo caso la tratta critica, tenendo conto di una fascia di sicurezza di 100m per ogni lato della zona in cui si ipotizza di incontrare con gli scavi l'eventuale acquifero, sarà compresa tra km 39+360 e km 40+250.

Come per le sorgenti di Terme del Brennero si valuterà la possibilità di realizzare dei piezometri di controllo nelle vicinanze della sorgente, posto che per le condizioni della sorgente Kaltwasser ciò risulta più problematico che non per le sorgenti termali. Infatti la sorgente Kaltwasser emerge da depositi quaternari decisamente più potenti e arealmente più estesi che non per le sorgenti termali e ciò rende più difficoltoso riuscire a individuare con un piezometro la zona di ubicazione del punto in cui le acque vengono recapitate nell'acquifero quaternario dal sistema di flusso in roccia.

## **5 BESONDERE MASSNAHMEN**

### **5.1 VORWORT**

Im Folgenden werden die Massnahmen beschrieben, die zusätzlich zu den gewöhnlichen Ausbruchsquerschnitten und Konsolidierungsmassnahmen getroffen werden müssen, damit der Gewässerschutz gewährleistet werden kann. Die genaue Lage dieser Interferenzen kann anhand der Resultate des Erkundungsstollenausbruchs überprüft werden.

insbesondere Insbesondere werden punktuellen Drainage (Bohrungen mit eventueller Hilfe von preventer), Konsolidierungsmassnahmen und Massnahmen zur Verminderung der Gebirgsdurchlässigkeit umliegend des Rohrs (Injektionen mit Mörteln oder Harzen am Ortsbrust oder entlang dem Ausbruchsumfang) durchgeführt.

### **5.2 PREVENTERGESTÜTZTE BOHRUNGEN**

An den Ausbruchswänden werden bei Bedarf punktuelle Drainagebohrungen geführt, damit der Wasserdruck lokal reduziert wird. Die Bohrungen werden eventuell mithilfe von preventer ausgeführt. Die Anzahl der Bohrungen ist anhand des lokalen Gebirgsdrucks zu bestimmen, welcher mit einem am Vortriebskopf installierten Druckmesswandler oder mit einem am Ortsbrust angelehnten Manometer gemessen wird. Vor der Messung muss ein metallisches Rohrstück in der Bohrung installiert und abdichtet werden.

Im Fall das die Drainagebohrung instabil ist wird innerhalb dieser eine geeignete gerisste Leitung gelegt.

Die Massnahmen sind ähnlich für Erkundungsstollen und Hauptröhre. Wegen der grösseren Ausbruchsgeometrie ist deren Menge bei den Hauptröhren auch grösser.

Die genaue Lokalisierung der Strecken, an denen diese Massnahmen ausgeführt werden müssen, wird bei den Hauptröhren durch den Ausbruch des Erkundungsstollens schon bekannt.

Die Länge der Drainagebohrungen, die als 30m definiert ist, gewährleistet die Überwindung der nächsten Störzone, deren Massnahmen auch zur Reduzierung der Durchlässigkeit und zur Konsolidierung dienen. Damit sind die Wirkung und die Verteilung der Drainage optimiert.

## **5 INTERVENTI PARTICOLARI**

### **5.1 PREMESSA**

Nel seguito si descrivono le misure aggiuntive, rispetto alle sezioni di scavo e consolidamento ordinarie, da adottare per e la salvaguardia delle risorse idriche da preservare. L'effettiva ubicazione delle interferenze potrà essere accertata in base alle risultanze emerse nel corso dello scavo del Cunicolo Esplorativo.

In particolare saranno realizzati interventi di drenaggio puntuale (perforazioni con l'ausilio eventuale di preventer) e interventi di consolidamento e di riduzione della permeabilità dell'ammasso nell'immediato intorno della cavità (iniezioni di miscele cementizie e di resine al fronte e al contorno).

### **5.2 PERFORAZIONI DI DRENAGGIO**

Se necessario, dalle pareti della cavità in vicinanza del fronte verranno realizzati una serie di drenaggi puntuali al solo scopo di ridurre localmente le pressioni idrauliche. Le perforazioni verranno eseguite eventualmente con l'ausilio di preventer. Il numero delle perforazioni di drenaggio verrà stabilito in base alla pressione locale misurata tramite l'installazione di un trasduttore di pressione all'interno della perforazione o tramite apposito manometro da porre a bocca foro, previa installazione e sigillatura di uno spezzone di tubo metallico all'interno del foro stesso.

In caso di instabilità del foro di drenaggio all'interno dello stesso verrà posizionata un'apposita tubazione fessurata.

In termini generali, questi interventi sono analoghi sia per il Cunicolo Esplorativo che per le Gallerie di Linea; cambia naturalmente la quantità, che si adatta alla diversa configurazione geometrica della galleria e alle condizioni effettivamente riscontrate.

Le differenze sostanziali per le Gallerie di Linea sono la certezza del tratto in cui intervenire derivante dai dati di scavo del Cunicolo Esplorativo, e la presenza di quest'ultimo.

La lunghezza dei fori di drenaggio, indicata in circa 30m, è tale da superare il tratto di intervento successivo, mirato alla riduzione della permeabilità dell'ammasso ed al consolidamento dello stesso, per evitare l'intasamento e la perdita di efficacia dei dreni installati.

### **5.3 KONSOLIDIERUNG UND ABDICHTUNG IM VORTRIEB**

#### **5.3.1 Störzonenbewältigung Typ 2**

Die auf die Drainage folgende Phase entspricht der Realisierung der Massnahmen zur Konsolidierung und Verminderung der Durchlässigkeit um den Ausbruch herum.

Diese Massnahmen werden direkt an der Ortsbrustfront durchgeführt, und werden in Massnahmen an der Ortsbrust und Massnahmen am Ausbruchsumfang unterteilt. Die graphische Darstellung ist in [9] [10] und in Abbildung 3 zu finden.

Entlang dem Ausbruchsumfang sind für den Erkundungsstollen zumindest 11 Injektionsbohrungen vorgesehen, die durch den Schild der TBM durchgeführt werden. Für die Hauptröhre sind es mindestens 17. In beiden Fällen beträgt die Länge 15m.

Durch den Kopf der TBM sind für den Erkundungsstollen mindestens 15 Injektionsbohrungen vorgesehen, für die Hauptröhre sind es mindestens 22. Die Länge beträgt jeweils 12m.

Für beide, Ausbruchfront und Ausbruchsumfang, werden die Injektionen mit Mörtelmischungen realisiert, die unter Druck, alle 100cm mit Ventilen ausgestatteten glasfaserverstärkten (GFK) Röhren gespritzt werden.

Die Injektionen werden bis zur kompletten Auffüllung oder bis zum Maximalvolumen ausgeführt. Das maximale Injektionsvolumen und -verteilung hängen von der geforderten Funktionstüchtigkeit und von der Struktur des Gebirges ab.

Bevor mit der Ausführung der nächsten Massnahmen fortgeschritten wird, wird die TBM um 6m voranschreiten, damit eine Überlappung der Konsolidierungs- und Abdichtungsmassnahmen von 6m geschaffen wird.

### **5.3 CONSOLIDAMENTI E IMPERMEABILIZZAZIONI IN AVANZAMENTO**

#### **5.3.1 Intervento tipo 2**

La fase successiva al drenaggio è la realizzazione degli interventi atti al consolidamento ed alla riduzione della permeabilità dell'ammasso nell'immediato intorno della cavità.

Questi interventi verranno realizzati direttamente dal fronte di scavo e saranno suddivisi in interventi sul contorno e sul fronte. Questi sono rappresentati negli elaborati grafici specifici [9] [10] e in Figura 3.

Sul contorno sono previsti per il Cunicolo Esplorativo almeno 11 fori di iniezione eseguiti attraverso lo scudo, mentre per le Gallerie di Linea i fori di iniezione dovranno essere almeno 17. In entrambi i casi la lunghezza dei fori è di 15m.

Sul fronte di scavo sono previsti per il Cunicolo Esplorativo come minimo 15 fori di iniezione realizzati attraverso la testa della fresa, mentre per le Gallerie di Linea fori di iniezione dovranno essere almeno 22. La lunghezza dei fori è pari a 12m.

Sia sul fronte di scavo che sul contorno della cavità verranno eseguite iniezioni di miscele cementizie realizzate in pressione da tubi in vetroresina (VTR) con valvole ogni 100 cm.

L'iniezione verrà spinta fino al rifiuto o stabilendo un volume massimo di iniezione in funzione dello stato o della struttura dell'ammasso nella zona oggetto di intervento.

Prima di procedere alla fase successiva di iniezioni la TBM avanzerà di 6m, così da ottenere una sovrapposizione degli interventi di consolidamento e impermeabilizzazione di 6 m.

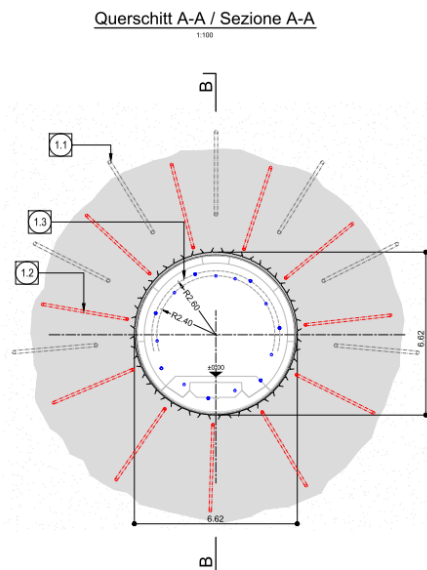


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 2 für den Erkundungsstollen.

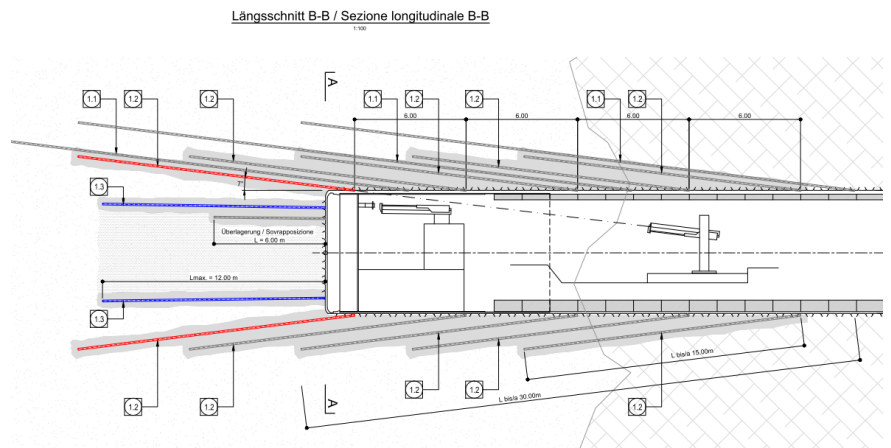


Figura 3: Schema d'intervento Tipo 2 per il Cunicolo Esplorativo.

#### 5.4 RADIALE ABDICHTUNGEN – STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 4

In Anwesenheit von zu schützenden Quellen (Brennerthermen, Kaltwasserquelle) und im Fall das die Abdichtungsmassnahmen während des Vortriebs (Typ 2 – Kapitel 5.3.1) ungenügend waren, wird mit radialen Abdichtungen [11] und [12] vorgegangen.

In diesem Fall sind die radialen Bohrungen mit Harz injiziert, damit sich eine undurchlässige Krone zur Verhinderung des Wasserablaufes ausbilden kann.

Die Massnahme wird in zwei unterschiedlichen Phasen realisiert.

Damit die chemische Zusammensetzung der Gewässer nicht gestört wird, müssen die Harze aus umweltfreundlichen PUR oder aus organisch-mineralischen Komponenten bestehen.

Zur Gewährleistung einer sicheren Abdichtung und Konsolidierung wird die obengenannte Aufbaureihe alle 1.5m wiederholt. Diese Frequenz wird auf jeden Fall lokal angepasst, sowie der Gehalt der Massnahme in Funktion der realen Verhältnisse und der Interferenz mit dem hydrogeologischen Netz.

Die Abdichtungsmassnahmen müssen einen Abdichtungsgrad erreichen, so dass die Anfangswasserzutritte um 95% vermindert werden.

#### 5.4 IMPERMEABILIZZAZIONI RADIALI – INTERVENTO TIPO 4

In presenza di risorse idriche da preservare (Terme del Brennero, sorgente Kaltwasser) e nel caso in cui gli interventi di impermeabilizzazione in avanzamento (tipo 2 – capitolo 5.3.1) non siano stati sufficienti, si dovrà procedere ad interventi di impermeabilizzazioni radiali [11] e [12].

In questo caso le perforazioni radiali saranno iniettate con resina al fine di creare una corona impermeabile che impedisca la circolazione d'acqua.

L'intervento verrà eseguito in due fasi distinte tra loro in primaria e secondaria.

Al fine di non intaccare la composizione chimica delle acque di queste risorse idriche, le resine iniettate dovranno essere di tipo poliuretano o organominerale bicomponenti non inquinanti.

Per garantire la riuscita dell'impermeabilizzazione e del consolidamento, la sequenza costruttiva sopra indicata verrà eseguita ogni 1.5m. Tale frequenza sarà comunque regolata, così come l'entità dell'intervento, in funzione delle reali condizioni dell'ammasso e del tipo di interferenza con il reticolo idrogeologico.

Gli interventi di impermeabilizzazione devono raggiungere un grado di impermeabilità tale da ridurre del 95% rispetto alle venute d'acqua iniziali.

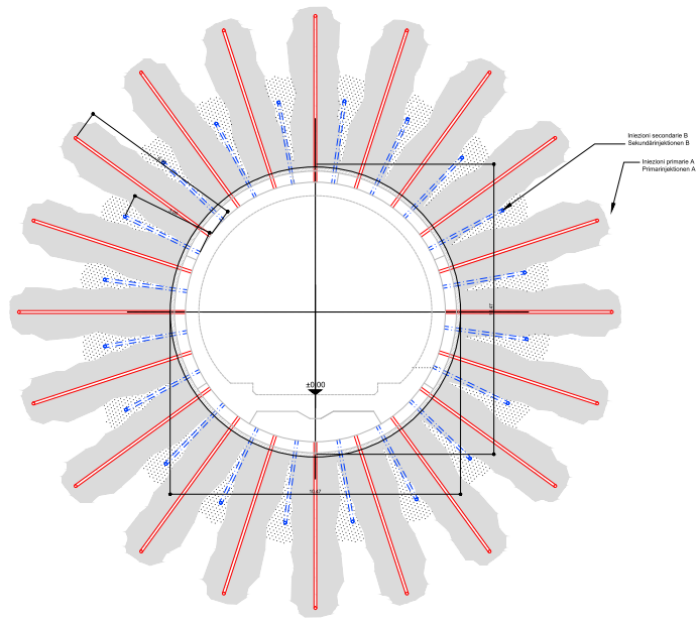


Abbildung 4: Schematische Darstellung der radialen Störzonenbewältigung Typ 4

Figura 4: Schema di intervento d'impermeabilizzazione radiale tipo 4.



## 6 VERZEICHNISSE

### 6.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Untersuchungsverfahren im Vorschubbereich des Erkundungsstollen. a) Seismische Untersuchung, b) Kontinuierliche Bohrung. .... 18

Abbildung 2: Fließdiagramm zur Darstellung des Entscheidungsprozesses und des Beweissicherungsverfahrens für den Vortrieb in kritischen Abschnitten für die Brennerbad-Quellen. ....26

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 2 für den Erkundungsstollen. .30

Abbildung 4: Schematische Darstellung der radialen Störzonenbewältigung Typ 4.....31

### 6.2 REFERENKDOKUMENTE

- [1] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12004 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan – Grundriss Trassierung Oströhre
- [2] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12005 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan – Grundriss Trassierung Weströhre
- [3] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12050-12061 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Lageplan der Bauwerke
- [4] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100–12110 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenprofil – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung-Oströhre – Blatt 15/25 – 25/25
- [5] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12200–12210 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenprofil – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung-Weströhre
- [6] 02\_H61\_MO\_994\_BT B\_D0700\_17001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht

## 6 ELENCHI

### 6.1 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Procedura di indagine in avanzamento del Cunicolo Esplorativo. a) Indagini sismiche, b) Sondaggio a carotaggio continuo. 18

Figura 2: Diagramma di flusso illustrante la procedura decisionale e di monitoraggio per lo scavo in tratte critiche relativamente all'acquifero delle sorgenti delle Terme del Brennero. 25

Figura 3: Schema d'intervento Tipo 2 per il Cunicolo Esplorativo. 30

Figura 4: Schema di intervento d'impermeabilizzazione radiale tipo 4. 31

### 6.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria di tracciamento Galleria principale Est
- [2] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12005 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria di tracciamento Galleria principale Ovest
- [3] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12050-12061 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria delle opere
- [4] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100–12110 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali – Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle opere e di tracciamento - Galleria principale Est - Tav. 15/25 - 25/25
- [5] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12200-12210 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali – Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle opere e di tracciamento - Galleria principale Ovest - Tav. 15/25 - 25/25
- [6] 02\_H61\_MO\_994\_BT B\_D0700\_17001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto Mault 2-3 - Opere generali – Relazione tecnica – Relazione sui monitoraggi e le prospezioni in galleria

- Bericht zu Überwachungen und Erkundung im Tunnel
- [7] 02\_H61\_OP\_060\_KHS\_D0700\_22127 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Nothaltestelle – Horizontalschnitt – NL-Lageplan
- [8] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13012 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Hydrogeologischer Bericht Erkundungsstollen Mault-Brenner
- [9] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13009 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Geologischer Längenschnitt Erkundungsstollen Mault-Brenner
- [11] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13014 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Hydrogeologischer Längenschnitt Erkundungsstollen Mault-Brenner
- [13] 02\_H61\_GD\_025\_GLS\_D0700\_23002-23008 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenschnitt – Voraussicht Geomechanisches- und Projektierungsprofile
- [14] 02\_H61\_KU\_015\_KBN\_D0700\_23281 – Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Erkundungsstollen – Bauphasenplan – Besondere Maßnahme zur Verbesserung des Gebirges C-MS Typ 2
- [15] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23681 – Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Erkundungsstollen – Bauphasenplan – Besondere Maßnahme zur Verbesserung des Gebirges GL-MS Typ 2
- [16] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23290 – Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Erkundungsstollen – Bauphasenplan – Spezielle Abdichtungsmassnahmen C-MS Typ 4 C-MS Typ 4
- [17] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23681 – Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 – Haupttunnel – Bauphasenplan – Spezielle Abdichtungsmassnahmen GL-MS Typ 4
- [6] 02\_H61\_OP\_060\_KHS\_D0700\_22127 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Nodo logistico – Sezione orizzontale – NL-Planimetria generale
- [7] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13012 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione idrogeologica Cunicolo Esplorativo Mault-Brennero
- [10] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13009 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo geologico Cunicolo Esplorativo Mault-Brennero
- [12] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13014 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo idrogeologico Cunicolo Esplorativo Mault-Brennero
- [8] 02\_H61\_GD\_025\_GLS\_D0700\_23002-23008 – Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Opere generali Parte 3 – Profilo longitudinale – Profili geomeccanici e progettuali di previsione
- [9] 02\_H61\_KU\_015\_KBN\_D0700\_23281 – Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Cunicolo esplorativo – Fasi di costruzione – Interventi particolari di consolidamento C-MS Tipo 2
- [10] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23681 – Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Cunicolo esplorativo – Fasi di costruzione – Interventi particolari di consolidamento GL-MS Tipo 2
- [11] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23290 – Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Cunicolo esplorativo – Fasi di costruzione – Interventi speciali di impermeabilizzazione C-MS Tipo 4
- [12] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23681 – Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Gallerie principali – Fasi di costruzione – Interventi particolari di impermeabilizzazione GL-MS Tipo 4