



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

**D0700: Baulos Mauls 2-3** **D0700: Lotto Mules 2-3**

<b>Projekteinheit</b>	<b>WBS</b>
Gesamtbauwerke	Opere generali
<b>Dokumentenart</b>	<b>Tipo Documento</b>
Technischer Bericht	Relazione tecnica
<b>Titel</b>	<b>Titolo</b>
Hydrogeologischer Längenschnitt Zugangstunnel Trens	Relazione idrogeologica Galleria di accesso Trens



Fachplaner / il progettista specialista  
**Dott. Paolo Perello**  
Ord. Geol. Piemonte N° A 266



**RTI 4P** **Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P**  
olo Pro Iter S.r.l., Via G.B. Sanmartini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026787911, Fax: +39 0287152612

Mandataria **PRO ITER**  
Progetto Infrastrutture Territorio S.r.l.

Mandanti **PÖYRY** **pini swiss engineers** **PASQUALI-RAUSA ENGINEERING S.r.l./G.M.B.H.**

Als Zustimmung / Per Condivisione  
**Ing. Enrico Maria Pizzarotti**  
Ord. Ingg. Milano N° A 29470

	Datum / Data	Name / Nome	Gesellschaft / Società
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Baietto/Perello	GDP
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Burger	BBT



Name / Nome	Name / Nome
R. Zurlo	K. Bergmeister

Projekt-kilometer / Chilometro progetto	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	Projekt-kilometer / Chilometro opera	von / da bis / a bei / al	Status Dokument / Stato documento	Masstab / Scala
					-

Staat / Stato	Los / Lotto	Einheit / Unità	Nummer / Numero	Dokumentenart / Tipo Documento	Vertrag / Contratto	Nummer / Codice	Revision / Revisione
02	H61	GD	992	GTB	D0700	13038	21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
10	Endabgabe / Consegna Definitiva	Burger	31.07.2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	Burger	30.09.2014
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Burger	04.12.2014
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	Burger	30.01.2015

<b>1</b>	<b>VORBEMERKUNG</b>	
<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>HYDROGEOLOGISCHE ZUSAMMENFASSUNG</b>	
<b>2</b>	<b>SINTESI IDROGEOLOGICA.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ZIELSETZUNGEN</b>	
<b>3</b>	<b>OBIETTIVI.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>BESCHREIBUNG DER HYDROGEOLOGISCHEN HOMOGENBEREICHE</b>	
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEI SETTORI IDROGEOLOGICI OMOGENEI .....</b>	<b>4</b>
4.1	BEREICH 1	
4.1	SETTORE 1 .....	4
4.2	BEREICH 2	
4.2	SETTORE 2 .....	5
4.3	BEREICH 3	
4.3	SETTORE 3 .....	7
4.4	BEREICH 4	
4.4	SETTORE 4 .....	8
4.5	BEREICH 5	
4.5	SETTORE 5 .....	9
4.6	BEREICH 6	
4.6	SETTORE 6 .....	10
4.7	BEREICH 7	
4.7	SETTORE 7 .....	11

## 1 VORBEMERKUNG

Im gegenständlichen Bericht werden die hydrogeologischen Prognosen für die Ausführungsplanung des Zugangstunnels Trens des Brenner Basistunnels dargelegt.

Die hydrogeologischen Verhältnisse in diesem Bereich wurden schon detailliert in einem vorangegangenen Bericht für die Ausführungsplanung des Erkundungsstollens im Abschnitt Muls-Brenner behandelt, der von denselben Autoren erstellt und am 13. April 2013 ausgegeben wurde. Hinsichtlich der allgemeinen hydrogeologischen Beschreibung wird daher auf diesen Bericht verwiesen.

Der vorliegende Bericht beschränkt sich auf die Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse auf Tunnelniveau und die erwarteten Wasserverhältnisse in den einzelnen Abschnitten zum Zeitpunkt der Vortriebsarbeiten (instationärer Drainagezustand) und in den darauffolgenden Zeiträumen (stationärer oder pseudo-stationärer Zustand).

## 2 HYDROGEOLOGISCHE ZUSAMMENFASSUNG

Aus hydrogeologischer Sicht weist der planungsgegenständliche Tunnel keine wesentlichen Probleme. Die Durchlässigkeit des zu durchörternden Gesteins ist meist gering. Relativ große Wasserzutritte während der Vortriebsarbeiten (instationärer Zustand) sind im Vortriebsabschnitt direkt südlich der Pustertalstörung möglich, in dem der Brixner Granit durchörtert wird (km 2+800 - 3+100 ca.). In diesem Abschnitt wurden im Zuge des Vortriebs des Erkundungsstollens einige wesentliche Wasserzutritte verzeichnet. Man geht jedoch davon aus, dass beim Zugangstunnel Trens, der ein bereits durch den Erkundungsstollen entwässertes Gestein durchörtert, die maximalen instationären Zutritte nicht über 1-2 l/s\*10m liegen und rasch abnehmen werden.

In den anderen Tunnelabschnitten werden keine besonders wesentlichen Zutritte erwartet mit Ausnahme eines weiteren Abschnitts und zwar in

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto illustra le previsioni idrogeologiche per la progettazione esecutiva della Galleria di Accesso Trens del Tunnel di Base del Brennero.

L'assetto idrogeologico di questo settore è già stato ampiamente trattato in una precedente relazione per la progettazione esecutiva del Cunicolo Esplorativo nella tratta Muls-Brennero, redatta a cura dei medesimi autori ed emessa in data 13 aprile 2013. Si rimanda pertanto a tale elaborato per la descrizione idrogeologica generale.

In questa relazione ci si limiterà a descrivere l'assetto idrogeologico a quota galleria e le condizioni idriche attese nelle varie tratte al momento dello scavo (regime di drenaggio transitorio) e nei periodi successivi (regime stabilizzato o pseudo-stabilizzato).

## 2 SINTESI IDROGEOLOGICA

Dal punto di vista idrogeologico la galleria in progettazione non presenta problematiche significative. Il grado di permeabilità dell'ammasso roccioso che verrà attraversato è perlopiù basso. Una delle poche tratte ove potrebbero essere presenti venute relativamente consistenti in fase di scavo (regime transitorio) è quella che prevede lo scavo nel Granito di Bressanone immediatamente a sud della Linea della Pusteria (pk 2+800 - 3+100 ca.). In questo tratto il Cunicolo Esplorativo aveva già incontrato alcune venute significative. Si è comunque previsto che nel caso della Galleria d'Accesso Trens, che interesserà un ammasso già drenato dal cunicolo, le portate massime transitorie non potranno superare gli 1-2 l/s\*10m e andranno in rapida diminuzione.

Negli altri settori della galleria non sono attese portate particolarmente significative, se si eccettua un'ulteriore tratta, ovvero quella del contatto

der nördlichen Kontaktzone zwischen der Schollenzone der Maulsertalstörung und den Paragneisen des ostalpinen Bereiches (km 1+600 - 1+700 ca.), wo instationäre Zutritte in der Größenordnung von 1 l/s\*10m erreicht werden könnten.

In den anderen Abschnitten werden nur das mehr oder weniger verbreitete Vorkommen von Tropfwasser und Feuchtigkeit erwartet.

### 3 ZIELSETZUNGEN

Ziel des gegenständlichen Berichtes ist die Charakterisierung der hydrogeologischen Bedingungen während des Vortriebs des Zufahrtstunnels Trens.

Den nachfolgenden hydrogeologischen Prognose liegt zu Grunde, dass der parallel zum Zugangstunnel verlaufende Erkundungsstollen bereits vorher aufgefahrene wurde und dass durch dessen Drainagewirkung auf das Gebirge die piezometrische Druckhöhe teilweise abgesenkt wurde.

### 4 BESCHREIBUNG DER HYDROGEOLOGISCHEN HOMOGENBEREICHE

Für die Beschreibung der hydrogeologischen Aspekte des Zufahrtstunnels Trens werden sieben verschiedene Homogenbereiche unterschieden, auf deren gesamten Verlauf recht konstante Bedingungen beobachtet werden können. In Bezug auf deren Lage verweisen wird auf das hydrogeologische Projektprofil.

#### 4.1 BEREICH 1

**Durchlässigkeit/Konnektivität** - Entsprechend den Ortsbrustaufnahmen und den im bereits aufgefahrenen Erkundungsstollen durchgeführten hydrogeologischen Beweissicherungen, ist in diesem Abschnitt die Durchlässigkeit und somit auch die Konnektivität der Klüfte mit der Oberfläche sehr gering bis gering.

**Hydraulische Druckhöhen** - Zum Zeitpunkt des Vortriebs des Zugangstunnels werden die hydraulischen Druckhöhen bereits durch den im

settenionale tra la zona a scaglie della Faglia di Val di Mules e i paragneiss del dominio Austroalpino (pk 1+600 - 1+700 ca.), dove pure si potrebbero raggiungere portate transitorie dell'ordine di 1 l/s\*10m.

Nei restanti settori sono prevedibili solo stillicidi più o meno diffusi, ed umidità.

### 3 OBIETTIVI

La presente relazione ha l'obiettivo di caratterizzare le condizioni idrogeologiche durante lo scavo della Galleria di Accesso Trens.

Nelle previsioni idrogeologiche che seguono si è assunta come condizione che il cunicolo esplorativo, che si sviluppa parallelamente alla Galleria d'Accesso, sia già stato scavato in epoca precedente e quindi, esercitando un drenaggio dell'ammasso ne abbia già parzialmente abbassato il carico piezometrico.

### 4 DESCRIZIONE DEI SETTORI IDROGEOLOGICI OMOGENEI

Per la descrizione degli aspetti idrogeologici relativi alla Galleria di Accesso Trens sono stati distinti sette settori omogeni, al cui interno si osservano caratteristiche piuttosto costanti lungo tutto lo sviluppo. Per la loro ubicazione si faccia riferimento al profilo idrogeologico di progetto.

#### 4.1 SETTORE 1

**Permeabilità/connettività** - Come dimostrato dai rilievi al fronte e dai monitoraggi idrogeologici eseguiti nel cunicolo esplorativo già realizzato, il grado di permeabilità in questo settore è da molto basso a basso e così pure il grado di connettività del reticolo di fratture con la superficie.

**Carichi idraulici** - Al momento dello scavo della galleria d'accesso i carichi idraulici saranno già perturbati dallo scavo del cunicolo esplorativo,

Jahre 2010 abgeschlossenen und in unmittelbarer Nähe befindlichen Erkundungsstollen gestört sein. Der Tunnel liegt demnach in einem Gebirge, in dem die hydrogeologischen Bedingungen gestört sind, jedoch auf Grund der langen Zeitspanne seit Abschluss des Erkundungsstollenvortriebs bereits wieder neue stabile Fließbedingungen mit einem gegenüber dem ursprünglichen Wasserspiegel deutlich gesenktem Wasserspiegel vorherrschen.

Auch auf Grund der Ablesungen der Grundwassermessstelle in der Bohrung Mu-B-04/05 vor deren Entfernung wird vorsichtshalber erwartet, dass während der Vortriebs der Oströhre die Druckhöhen bei 100-200m liegen werden.

**Maximale instationäre Zutritte** - Auf Grund der geringen hydraulischen Durchlässigkeit und Konnektivität des Gebirges wird es auch während der Bauausführung zu keinen bedeutsamen Wasserzutritten kommen. Am häufigsten wird konzentriert Tropfwasser auftreten.

**Stationäre Zutritte** - Bei stationären Drainageverhältnissen wird ausschließlich das sporadische Vorkommen von Tropfwasser und Feuchtigkeit erwartet, die sich vorsichtig geschätzt auf 1 l/s belaufen werden.

**Temperaturen und Wasserchemismus** - Erwartet werden Temperaturen in der Größenordnung von 21-25°C. Entsprechend den Ergebnissen der hydrogeochemischen Beweissicherungen, die während des Vortriebs des Erkundungsstollens durchgeführten wurden und das gleiche Umfeld betrafen, werden die drainierten Wässer hauptsächlich bikarbonat-, sulfat- und natriumhaltig sein, einen niedrigen Salzgehalt aufweisen und keine Probleme hinsichtlich Betonaggressivität verursachen.

#### 4.2 BEREICH 2

**Durchlässigkeit/Konnektivität** - Dieser Bereich liegt in einer Zone, deren Klüftigkeit von der nahen Pustertalstörung beeinflusst ist. Auch wenn es sich nicht um eine richtige "Damage Zone" der Störung handelt, so ist doch die Kluftdichte in dieser Zone gegenüber dem vorangehenden Homogenbereich erhöht, was auch aus den im Zuge der Vortriebsarbeiten zum Erkundungsstollen

conclusosi nel 2010 e posto nelle immediate vicinanze. La galleria si inserirà pertanto in un contesto di ammasso soggetto ad interferenze sull'assetto idrogeologico ove, visto il lungo tempo trascorso dal momento dello scavo del cunicolo, sarà già stato raggiunto un nuovo stato di flusso stabilizzato, con livello d'acqua considerevolmente ribassato rispetto al livello naturale originario.

Cautelativamente, anche in base alle letture piezometriche nel sondaggio Mu-B-04/05 prima della sua rimozione, si può stimare che durante lo scavo della canna est i carichi si attesteranno intorno ai 100-200m.

**Portate massime transitorie** - Data la scarsa conducibilità idraulica e connettività dell'ammasso non vi saranno afflussi idrici significativi nemmeno in corso d'opera. Le manifestazioni idriche più frequenti saranno degli stillicidi concentrati.

**Portate stabilizzate** - In condizioni di drenaggio stabilizzato sono da attendersi esclusivamente sporadici stillicidi e umidità, che complessivamente sono stimabili cautelativamente a 1 l/s.

**Temperature e chimismo dell'acqua** - sono previste temperature nell'ordine dei 21-25°C. Come dimostrato dai monitoraggi idrogeochimici realizzati durante lo scavo del cunicolo esplorativo, che ha attraversato il medesimo contesto della presente galleria, le acque drenate avranno principalmente una composizione bicarbonato-solfato sodica a bassa salinità e non presenteranno problemi di aggressività nei confronti dei calcestruzzi.

#### 4.2 SETTORE 2

**Permeabilità/connettività** - Questo settore corrisponde a una zona in cui lo stato di fratturazione dell'ammasso risulta influenzato dalla vicina Linea della Pusteria. Benché non si tratti di una vera e propria "damage zone" della faglia, la densità di fratturazione in questa zona è comunque più elevata che nel precedente settore omogeneo, come dimostrato dai monitoraggi in corso d'opera

durchgeführten Beweissicherungen hervorgeht.

Auch wenn in diesem Abschnitt eine sehr geringe bis geringe Durchlässigkeit vorherrscht, können lokal kurze Abschnitte mit einer mittleren Durchlässigkeit auftreten, in denen die Klüfte weiters gut mit den seichten Speisungszonen verbunden sind.

**Hydraulische Druckhöhen** - Auch in diesem Bereich werden zum Zeitpunkt des Tunnelvortriebs die hydraulischen Druckhöhen bereits durch den vorangegangenen Vortrieb des in unmittelbarer Nähe befindlichen Erkundungsstollens gestört sein, weshalb die gleichen Überlegungen wie für den Homogenbereich 1 gelten.

Vorsichtig geschätzt kann man davon ausgehen, dass zum Zeitpunkt des Vortriebs der Oströhre die Druckhöhen bei 50-150m liegen werden, also demnach unter den für den vorangegangenen Bereich prognostizierten Druckhöhen, da die höhere hydraulische Durchlässigkeit des Gebirges vermutlich eine höhere Absenkung des Wasserspiegels in unmittelbarer Nähe des Erkundungsstollens bewirkt hat.

**Maximale instationäre Zutritte** - Trotz der durch den bestehenden Erkundungsstollen verursachten Drainagewirkung, könnte auf Grund der in diesem Bereich lokal anzutreffenden eher hohen Durchlässigkeit noch eher größere instationäre Zutritte auftreten. Normalerweise dürften die Zutritte 0,5 l/s\*10m nicht überschreiten, doch können Gebiete mit Zutritten bis 2 l/s\*10m nicht ausgeschlossen werden.

**Stationäre Zutritte** - Bei stationären Drainageverhältnissen ist ausschließlich mit dem konzentrierten Vorkommen von Tropfwasser oder geringen Wasserzutritten in der Größenordnung von 1-2 l/s zu rechnen.

**Temperaturen und Wasserchemismus** - Erwartet werden Temperaturen in der Größenordnung von 21-25°C. Gleich wie im Homogenbereich 1 handelt es sich um bikarbonat-, sulfat- und natriumhaltiges Wasser mit niedrigem Salzgehalt, das keine Probleme hinsichtlich Betonaggressivität verursacht.

eseguiti durante lo scavo del cunicolo esplorativo.

Pertanto, benché anche in questo settore il grado di permeabilità prevalente atteso sia da molto basso a basso, localmente si incontreranno brevi tratte con grado di permeabilità medio, ove le fratture risulteranno peraltro anche ben connesse con le zone di ricarica superficiali.

**Carichi idraulici** - anche in questo settore al momento dello scavo della galleria i carichi idraulici saranno già perturbati dal precedente scavo del cunicolo esplorativo nelle immediate vicinanze e valgono le medesime considerazioni fatte per il settore 1.

Cautelativamente si può stimare che al momento dello scavo della canna est i carichi si attesteranno intorno ai 50-150m, e saranno quindi inferiori a quelli del settore precedente, perché la maggior conducibilità idraulica dell'ammasso dovrebbe aver favorito un maggior abbattimento del livello d'acqua negli immediati dintorni del cunicolo esplorativo.

**Portate massime transitorie** - Nonostante l'effetto di drenaggio causato dal cunicolo esplorativo già presente, il grado di permeabilità, localmente piuttosto elevato, che si riscontra in questo settore, potrebbe determinare la comparsa di venute transitorie ancora piuttosto consistenti. Gli afflussi non dovrebbero di norma superare gli 0,5 l/s\*10m, tuttavia non si possono escludere zone con afflussi fino a 2 l/s\*10m.

**Portate stabilizzate** - In condizioni di drenaggio stabilizzato sono da attendersi esclusivamente stillicidi concentrati o piccole zone di venuta, con portate complessive dell'ordine di 1-2 l/s.

**Temperature e chimismo dell'acqua** - Sono previste temperature nell'ordine dei 21-25°C. Come nel settore 1 le acque avranno composizione bicarbonato-solfato-sodica a bassa salinità e non presenteranno problemi di aggressività nei confronti dei calcestruzzi.

### 4.3 BEREICH 3

**Durchlässigkeit/Konnektivität** - Dieser Bereich entspricht der "Core Zone" und "Damage Zone" der Pustertalstörung. Trotz der hohen Kluftdichte und dem Vorkommen von kataklastischen Störungsgesteinen wurde in diesem Bereich im Zuge des Vortriebs des Erkundungsstolens keine wesentlichen Wasserzutritte verzeichnet. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die Durchlässigkeit und die Konnektivität des Gebirges gering bis sehr gering sind.

Vorsichtshalber wird jedoch angenommen, dass die hydraulische Durchlässigkeit in der Größenordnung von  $1 \times 10^{-7}$  m/s trotzdem mitbestimmter Regelmäßigkeit im Abschnitt angetroffen werden kann. Diese Annahme wurde getätigt um zu berücksichtigen, dass die Störzonen grundsätzlich sehr heterogen sind, also sowohl Bereiche mit feinkörnigem Material als auch Bereiche mit grobkörnigerem und somit durchlässigerem Material aufweisen. So könnte es zum Beispiel sein, dass der Erkundungsstollen die Störung in einem Bereich durchquerte, der feinkörniges Material und somit eine geringe Durchlässigkeit aufwies, und es nun nicht ausgeschlossen werden kann, dass der Zugangstunnel einen Störungsbereich mit einer höheren hydraulischen Durchlässigkeit durchörtert.

Es wird angenommen, dass die Konnektivität mit den seichten Speisungsgebieten nicht sehr hoch (eher mittel) sein kann, eben da davon ausgegangen wird, dass in der "Damage und der Core Zone" die durchlässigen Störungsgesteine durch gering durchlässige Störungsgesteine getrennt werden.

**Hydraulische Druckhöhen** - Auf Grund der Nähe eines stark entwässerten Bereichs (Homogenbereich 2) wird angenommen, dass die anzutreffenden hydraulischen Druckhöhen mit jenen in diesem Bereich angetroffenen Druckhöhen vergleichbar sind und somit zwischen 50 und 150m liegen.

**Maximale instationäre Zutritte** - Da Bereiche der "Damage und der Core Zone" mit einer Durchlässigkeit in der Größenordnung von  $1 \times 10^{-7}$

### 4.3 SETTORE 3

**Permeabilität/connettività** - Il settore corrisponde alla "core zone" e alla "damage zone" della Linea della Pusteria. Nonostante l'elevata densità di fratturazione e la presenza di rocce di faglia cataclastiche, in questo settore durante lo scavo del cunicolo esplorativo non sono state incontrate venute d'acqua rilevanti. Pertanto si potrebbe ipotizzare che il grado di permeabilità e di connettività dell'ammasso siano da bassi a molto bassi.

Cautelativamente si è però ritenuto opportuno supporre che conducibilità idrauliche dell'ordine di  $1 \times 10^{-7}$  m/s possano essere comunque incontrate con una certa frequenza nella tratta. Quest'ipotesi è stata avanzata per tenere conto del fatto che le zone di faglia presentano comunemente una forte eterogeneità, con settori caratterizzati da rocce di faglia a grana fine e altri settori a rocce di faglia a granulometria più grossolana e quindi più permeabili. Il cunicolo esplorativo potrebbe quindi aver attraversato la faglia in un settore con rocce di faglia a granulometria fine e pertanto con scarso grado di permeabilità, mentre non si può escludere che la galleria d'accesso intercetti un settore della faglia con maggior conducibilità idraulica.

Si ritiene invece che il grado di connettività con le zone di ricarica in superficie non possa essere molto elevato (al più medio), proprio perché a grande scala nella "damage e core zone" la continuità delle rocce di faglia permeabili si suppone essere interrotta dalla presenza di setti di rocce di faglia poco permeabili.

**Carichi idraulici** - Data la vicinanza di un settore di ammasso fortemente drenato (setto omogeneo 2) si può supporre che i carichi idraulici che verranno incontrati saranno comparabili a quelli riscontrati in tale settore e quindi siano compresi tra 50 e 150m.

**Portate massime transitorie** - Dal momento che non si può escludere la presenza di settori della "damage e core zone" con grado di permeabilità



m/s nicht ausgeschlossen werden können, erscheint es wahrscheinlich, dass die instationären Zutritte eine Größenordnung von  $0,4 \text{ l/s} \cdot 10 \text{ m}$  aufweisen und somit konzentriertem Tropfwasser oder kleinen lokalen Zutritten entsprechen. .

**Stationäre Zutritte** - Auf Grund der geringen Konnektivität, die für die durchlässigen Bereiche der "Damage und der Core Zone" erwartet werden, ist von geringen stationären Zutritten unter  $1 \text{ l/s}$  auszugehen.

**Temperaturen und Wasserchemismus** - Für diesen Bereich gelten die gleichen Überlegungen wie für den Homogenbereich 2.

#### 4.4 BEREICH 4

**Durchlässigkeit/Konnektivität** - Die im Zuge der Bauausführung in diesem Abschnitt des Erkundungsstollens, der derzeit vorgetrieben wird, durchgeführten Aufnahmen sowie die der Ortsbrust vorausgehenden Bohrungen weisen darauf hin, dass in diesem Bereich, trotz einer recht starken Tektonisierung, die Durchlässigkeit des Gebirges meist sehr gering ist. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sporadisch eine höhere Durchlässigkeit in der Größenordnung von  $10^{-8} - 10^{-7} \text{ m/s}$  vorherrscht, wobei die durchlässigeren Bereiche jedoch nicht gut miteinander verbunden sein dürften.

**Hydraulische Druckhöhen** - Auf Grund der geringen Durchlässigkeit und Konnektivität des Gebirges kann angenommen werden, dass die hydraulischen Druckhöhen zum Zeitpunkt des Vortriebs höher sind als in den zwei vorangegangenen Homogenbereichen, da die Drainagewirkung des benachbarten Erkundungsstollens seitlich geringer ausfällt. Es kann von Druckhöhen in der Größenordnung von 100-200m ausgegangen werden.

**Maximale instationäre Zutritte** - Die stationären Zutritte sind meist sehr gering und beschränken sich auf diffuses oder sporadisch konzentriertes Tropfwasser.

**Stationäre Zutritte** - Trotz der Länge des betrachteten Abschnitts (ca. 1 km) überschreiten

dell'ordine dei  $1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ , sembra probabile che le portate transitorie saranno al massimo dell'ordine di  $0,4 \text{ l/s} \cdot 10 \text{ m}$  e quindi corrispondenti a stillicidi concentrati o piccole venute localizzate. .

**Portate stabilizzate** - Dato lo scarso grado di connettività che è logico attendersi per i settori permeabili della "damage e core zone" si suppone che le portate stabilizzate saranno basse e inferiori a  $1 \text{ l/s}$ .

**Temperature e chimismo dell'acqua** - Per questo settore valgono le medesime considerazioni fatte per il settore 2.

#### 4.4 SETTORE 4

**Permeabilità/connettività** - I rilievi in corso d'opera eseguiti nella tratta di cunicolo attualmente in corso di scavo, nonché i sondaggi in avanzamento realizzati sistematicamente al fronte indicano che in questo settore, nonostante la presenza di una tettonizzazione piuttosto rilevante, il grado di permeabilità dell'ammasso è perlopiù molto basso. Non si può escludere che sporadicamente il grado di permeabilità sia maggiore, dell'ordine dei  $10^{-8} - 10^{-7} \text{ m/s}$ , ma le zone più permeabili non dovrebbero risultare ben connesse tra loro.

**Carichi idraulici** - Dato lo scarso grado di permeabilità e di connettività dell'ammasso, si può ipotizzare che i carichi idraulici al momento dello scavo saranno maggiori che nei due settori precedenti, poiché l'effetto drenante dell'adiacente cunicolo si propagherà lateralmente in minor misura. Si possono ipotizzare carichi dell'ordine dei 100-200m.

**Portate massime transitorie** - Le portate transitorie saranno perlopiù molto basse e limitate a stillicidi diffusi o sporadicamente concentrati.

**Portate stabilizzate** - Nonostante la lunghezza piuttosto rilevante della tratta considerata (circa 1 km), le portate stabilizzate cumulate non

die gesamten stationären Zutritte nicht 1-1,5 l/s.

**Temperaturen und Wasserchemismus** - Die drainierten Wässer müssten eine Temperatur von 21 bis 25°C aufweisen. Aus den Beprobungen und hydrogeochemischen Untersuchungen, die im Zuge der vorausseilenden Bohrungen im Erkundungsstollen durchgeführt wurden, geht hervor, dass hinsichtlich des Chemismus die angetroffenen Wässer vorwiegend sulfat-, bikarbonat-, natrium- und kalkhaltig mit mittlerem Salzgehalt sind. Der Sulfatgehalt ist auf die im nicht weit entfernten Homogenbereich 5 vorkommenden Karbonatgesteine zurückzuführen. Aus dem Natriumgehalt, der gegenüber dem Kalkgehalt überwiegt, kann geschlossen werden, dass es sich um Gewässer eines wenig aktiven Fließsystems handelt. Die Gewässer können eine leichte Betonaggressivität aufweisen.

#### 4.5 BEREICH 5

**Durchlässigkeit/Konnektivität** - Aus dem derzeitigen Vortrieb des Erkundungsstollens und den von der Oberfläche aus durchgeführten und den vorausseilenden Bohrungen kann geschlossen werden, dass dieser Bereich sehr heterogene Lithologien mit vorwiegend schiefrigem Störungsgestein oder zumindest mit einem feinkörnigen Anteil aufweist. Diese Gesteinsarten weisen eine sehr geringe Durchlässigkeit auf. Den Beweis dafür liefert das völlige Nichtvorhandensein von Wasserzutritten im Erkundungsstollen.

**Hydraulische Druckhöhen** - Auf Grund der geringen Durchlässigkeit und Konnektivität des Gebirges kann angenommen werden, dass die Drainagewirkung des benachbarten Erkundungsstollen seitlich geringer ausfällt. Es kann von Druckhöhen in der Größenordnung von 100-200m ausgegangen werden.

**Maximale instationäre Zutritte** - Es werden keine wesentlichen Zutritte, sondern ausschließlich Tropfwasser und Feuchtigkeit erwartet.

**Stationäre Zutritte** - Auch die stationären Zutritte sind sehr gering und liegen unter einem halben Liter pro Sekunde.

**Temperaturen und Wasserchemismus** - Für

supereranno gli 1-1,5 l/s.

**Temperature e chimismo dell'acqua** - Le temperature delle acque drenate dovrebbero essere comprese tra 21 e 25°C. Inoltre, sulla base dei campionamenti e analisi idrogeochimici effettuati nei sondaggi in avanzamento nel Cunicolo Esplorativo, risulta che il chimismo delle acque intercettate sarà prevalentemente di tipo solfato-bicarbonato-sodico-calcico a salinità intermedia. L'impronta solfatica è verosimilmente determinata dalla presenza delle rocce carbonatiche presenti nel non distante settore 5. L'impronta sodica, prevalente su quella calcica, indica tuttavia che si tratta di acque appartenenti a sistemi di flusso poco attivi. Tali acque possono presentare una moderata aggressività nei confronti dei calcestruzzi.

#### 4.5 SETTORE 5

**Permeabilità/connettività** - Lo scavo attualmente in corso del cunicolo esplorativo ed i sondaggi eseguiti dalla superficie e in avanzamento, attestano che in questo settore esiste una forte eterogeneità litologica, con rocce di faglia prevalentemente scistose o comunque contenenti materiale a grana fine. Questi litotipi presentano permeabilità molto basse, come anche testimoniato dall'assenza quasi totale di afflussi nel cunicolo esplorativo.

**Carichi idraulici** - Dato lo scarso grado di permeabilità e di connettività dell'ammasso, si può ipotizzare che l'effetto drenante dell'adiacente cunicolo si propagherà lateralmente in misura ridotta. Si possono ipotizzare carichi dell'ordine dei 100-200m.

**Portate massime transitorie** - Non sono previsti afflussi significativi, bensì esclusivamente degli stillicidi e umidità.

**Portate stabilizzate** - Le portate stabilizzate saranno anch'esse molto ridotte e inferiori al mezzo litro per secondo.

**Temperature e chimismo dell'acqua** - Per questi

diese Aspekte gelten die gleichen Überlegungen wie für den vorangehenden Homogenbereich.

#### 4.6 BEREICH 6

**Durchlässigkeit/Konnektivität** - Dieser Bereich ist durch eine starke Tektonisierung gekennzeichnet, da er Teil der Maulsertalstörung ist. In diesem Bereich treten auch Schuppen von Karbonatgesteinen (Dolomitmarmor) auf. Da es sich um Schuppen handelt, erscheint es wahrscheinlich, dass die Karbonatgesteine nicht durchgängig von der Tiefe bis an die Oberfläche vorhanden sind. In einem ähnlichen Zusammenhang erscheint es auch wenig wahrscheinlich, dass diese Gesteinsarten wesentlichen Lösungserscheinungen unterworfen sind, was zu Bereichen mit höherer Durchlässigkeit führen würde. Es wird angenommen, dass Lösungserscheinungen sporadisch auftreten, jedoch nur lokal begrenzt und ohne wesentliche seitliche Erstreckung sind.

Wahrscheinlich wechseln sich Bereiche mit sehr geringer hydraulischer Durchlässigkeit (unter  $10^{-8}$  m/s) mit insbesondere im Dolomitmarmor vorkommenden Bereichen mit einer Durchlässigkeit zwischen  $10^{-8}$  und  $10^{-7}$  m/s ab. Höhere Durchlässigkeiten, wenn auch in der Größenordnung von  $10^{-8}$  e  $10^{-7}$  m/s könnten häufiger im nördlichsten Teil des betrachteten Homogenbereichs auftreten, wo die tektonisierte Zone die Paragneise des Ostalpins betrifft. Diese Gesteinsarten können ein recht sprödes rheologischen Verhalten aufweisen und eine höhere Durchlässigkeit entwickeln.

Die Konnektivität der höher durchlässigen Bereiche mit den seichten Speisungsgebieten dürfte nicht sehr hoch sein, eben auf Grund der nicht durchgängigen Karbonatschuppen. Die tektonisierte Zone in den Paragneisen des Ostalpins könnte trotzdem eine mäßige Konnektivität mit der Oberfläche aufweisen und indirekt diese auch in den benachbarten Bereichen, also im Dolomitmarmor, hervorrufen.

**Hydraulische Druckhöhen** - Die nicht sehr hohe Durchlässigkeit und Konnektivität werden eine starke Absenkung der hydraulischen Druckhöhe

aspetti valgono le medesime considerazioni già fatte per il settore precedente.

#### 4.6 SETTORE 6

**Permeabilità/connettività** - Il settore è caratterizzato da un forte grado di tettonizzazione, essendo parte della Faglia di Val di Mules. Al suo interno compaiono anche scaglie di rocce carbonatiche (marmi dolomitici). Trattandosi di scaglie, sembra probabile che i litotipi carbonatici non trovino continuità tra la parte profonda dell'ammasso e la superficie. In un simile contesto è poco verosimile che questi litotipi possano essere caratterizzati da rilevanti fenomeni di dissoluzione, in grado di originare zone a maggior permeabilità. Si può ipotizzare che i fenomeni di dissoluzione siano sporadicamente presenti, ma solo come elementi locali e privi di un'importante continuità laterale.

In tale contesto si alterneranno probabilmente zone con conducibilità idrauliche molto basse (inferiori a  $10^{-8}$  m/s) e, soprattutto nei marmi dolomitici, zone con conducibilità comprese tra  $10^{-8}$  e  $10^{-7}$  m/s. Conducibilità più elevate, sebbene sempre dell'ordine dei  $10^{-8}$  e  $10^{-7}$  m/s, potrebbero essere presenti con maggior frequenza nella parte più settentrionale del settore in questione, ove la zona di tettonizzazione interessa i pragneiss dell'Austroalpino; tali litotipi possono infatti presentare un comportamento reologico piuttosto fragile e sviluppare una maggior permeabilità.

La connettività alle zone di ricarica superficiali dei settori a maggior permeabilità non dovrebbe risultare molto elevata, proprio a causa della natura discontinua delle scaglie carbonatiche. Tuttavia la zona tettonizzata nei pragneiss dell'Austroalpino potrebbe presentare una discreta connettività con la superficie e indirettamente generarla anche nei settori adiacenti, ovverosia nei marmi dolomitici.

**Carichi idraulici** - Il grado di permeabilità e di connettività non particolarmente elevati non consentiranno un forte abbattimento del carico

durch den bereits errichteten benachbarten Erkundungsstollen nicht möglich machen. Es werden Druckhöhen in der Größenordnung von 100-200m erwartet.

**Maximale instationäre Zutritte** - Die instationären Zutritte müssten meistens recht mäßig ausfallen (Tropfwasser). Da jedoch kurze Bereiche mit mäßiger Auflösung in den Karbonatgesteinen oder stark geklüftete Bereiche im Paragneis des Ostalpins nicht ausgeschlossen werden können, dürfen auch punktuelle und kurzzeitige Wasserzutritte bis 1-2 l/s\*10m nicht ausgeschlossen werden.

**Stationäre Zutritte** - Die stationären Zutritte sollten unter 1 l/s liegen.

**Temperaturen und Wasserchemismus** - Für diese Aspekte wird auf die Überlegungen zum Homogenbereich 4 verwiesen.

#### 4.7 BEREICH 7

**Durchlässigkeit/Konnektivität** - In diesem Abschnitt ist die Durchlässigkeit und somit auch die Konnektivität der Klüfte mit der Oberfläche sehr gering bis gering. Eine lokal höhere Durchlässigkeit könnte bei der Störung S19 auftreten.

**Hydraulische Druckhöhen** - Zum Zeitpunkt des Vortriebs des Zugangstunnels werden die hydraulischen Druckhöhen bereits durch den Vortrieb des in unmittelbarer Nähe befindlichen Erkundungsstollens gestört sein. Gemäß einer vorsichtigen Schätzung belaufen sich die Druckhöhen auf 200-300 m, wobei im nördlichen Abschnitt, wo die Überlagerung größer ist, mit höheren Werten gerechnet wird.

**Maximale instationäre Zutritte** - Auf Grund der geringen hydraulischen Durchlässigkeit und der Konnektivität des Gebirges werden auch im Zuge des Vortriebs keine wesentlichen Wasserzutritte verzeichnet werden. Die wichtigsten Zutritte sind Tropfwasser, die auch konzentriert auftreten können, oder geringe Zutritte im Bereich der Störung S19.

**Stationäre Zutritte** - Bei stationären

idraulico da parte dell'adiacente cunicolo esplorativo già realizzato. Si attendono pertanto carichi dell'ordine dei 100-200m.

**Portate massime transitorie** - Le portate transitorie dovrebbero essere perlopiù molto modeste (stillicidi). Tuttavia, dal momento che non si può escludere la presenza di brevi zone con moderata dissoluzione nelle rocce carbonatiche, o di zone con forte fratturazione nei paragneiss dell'Austroalpino, venute puntuali e di breve durata, die entità fino a 1-2 l/s\*10m, non possono essere escluse.

**Portate stabilizzate** - Le portate stabilizzate dovrebbero risultare inferiori a 1 l/s.

**Temperature e chimismo dell'acqua** - Per questi aspetti si può fare riferimento ai concetti già esposti per il precedente settore 4.

#### 4.7 SETTORE 7

**Permeabilità/connettività** - Il grado di permeabilità in questo settore è da molto basso a basso e così pure il grado di connettività del reticolo di fratture con la superficie. Un locale aumento di permeabilità si potrà verificare in corrispondenza della faglia S19.

**Carichi idraulici** - al momento dello scavo della galleria d'accesso i carichi idraulici saranno già perturbati dal precedente scavo del cunicolo esplorativo posto nelle immediate vicinanze. Cautelativamente si può stimare che i carichi si attesteranno intorno ai 200-300 m con valori maggiori nel settore nord ove la copertura topografica è maggiore.

**Portate massime transitorie** - Data la scarsa conducibilità idraulica e connettività dell'ammasso non vi saranno afflussi idrici significativi nemmeno in corso d'opera e le principali manifestazioni corrisponderanno a stillicidi, che potranno essere di tipo concentrato, o piccole venute, in corrispondenza della faglia S19.

**Portate stabilizzate** - In condizioni di drenaggio

Drainageverhältnissen wird ausschließlich das sporadische Vorkommen von Tropfwasser und Feuchtigkeit erwartet. Insgesamt belaufen sich diese Zutritte auf weniger als 2 l/s.

**Temperaturen und Wasserchemismus** - Die Temperaturen der Wasserzutritte und der Tropfwasservorkommen steigen kontinuierlich mit zunehmender Überlagerung von Süden nach Norden und gehen von 21-25°C auf 27-31°C über. Die in diesem Abschnitt auftretenden Gewässer dürften hinsichtlich des Chemismus bikarbonat-, sulfat-, natrium- und kalkhaltigen mit geringem Salzgehalt sein und keine Probleme hinsichtlich der Betonaggressivität verursachen.

stabilizzato sono da attendersi esclusivamente sporadici stillicidi e umidità. Complessivamente queste manifestazioni idriche ammonteranno a meno di 2 l/s.

**Temperature e chimismo dell'acqua** - Le temperature delle venute e stillicidi cresceranno progressivamente da sud a nord, in concomitanza con l'aumentare della copertura topografica, passando da 21-25°C a 27-31°C. Le acque presenti nella tratta dovrebbero possedere un chimismo bicarbonato-solfato-sodico-calcico con salinità bassa e non determinare pertanto problematiche di aggressività nei confronti dei calcestruzzi.