



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

Ausführungsprojekt

Potenziamento Asse Ferroviario Monaco-Verona

# GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progetto Esecutivo

## Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco

<b>Fachbereich</b>				<b>Settore</b>						
06-Bauwerksplanung				06-Progettazione delle opere						
<b>Dokumentenart</b>				<b>Tema</b>						
MONITORING				Monitoraggio						
<b>Dokumentenart</b>				<b>Tipo documento</b>						
Fachbericht				Relazione specialistica						
<b>Titel</b>				<b>Titolo</b>						
Bericht über die Überwachungen und die Prospektionen im Tunnel				Relazione sui monitoraggi e sulle prospezioni in galleria						
Ausführende Unternehmen / Imprese esecutrici  Beauftragte / Mandataria:   <b>ISARCO</b> Sc.a.d. Auftraggeber / Mandanti:     				Bearbeitung des Dokuments / Elaborazione del documento  		<b>Giovanna Cassani</b> ORDINE INGEGNERI DI MILANO n. 20997 				
				Datum/Data		Name/Nome				
				Bearbeitet / Elaborato		14.01.2016 M. Gatti				
Koordination Planung / Coordinamento progettazione  Planer / Beauftragte / Progettisti: Mandataria:   <b>nra</b> Sezione A Ergänzung fachmännische Dienstleistungen n° Integrazione prestazioni specialistiche Dott. Ing. Dino Bonadies   <b>GPingegneria</b> GESTIONE PROGETTI D'INGEGNERIA srl   <b>ROKSOJL</b> Sp.A.  <b>SEMBENELLI</b>				Geprüft / Verificato		14.01.2016 G. Cassani				
				Freigegeben / Autorizzato		14.01.2016 N. Meistro 				
				Gesehen BBT / Visto BBT_RUP		A. Lombardi				
				Massstab / Scala		-				
Projekt-kilometer / Progressiva di progetto		von / da bis / a bei / al	54+015 56+100	Bau- kilometer / Chilometro opera		von / da bis / a bei / al	54+015 56+100	Status Dokument / Stato documento		
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Fachbereich Settore	Thema Tema	ID Numm. Num. ID	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Dok.art Tipo doc.	Revision Revisione
02	H71	AF	002	06	08	001.00	B0115	01985	RT5	02

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
Thema: MONITORING

**Dokumentinhalt:** Bericht über die Überwachungen und die  
Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere

Tema: Monitoraggio

**Contenuto documento:** Relazione sui monitoraggi e sulle  
prospezioni in galleria

<b>Bearbeitungsstand</b> <b>Stato di elaborazione</b>			
<b>Revision</b> <b>Revisione</b>	<b>Änderungen / Cambiamenti</b>	<b>Verantwortlicher Änderung</b> <b>Responsabile modifica</b>	<b>Datum</b> <b>Data</b>
02	Anmerkungen BBT vom 15.12.2015 / Osservazioni BBT del 15.12.2015	Bellardo	14.01.2016
01	Anmerkungen BBT Osservazioni BBT	Bellardo	14.12.2015
00	Erstversion Prima Versione	Bellardo	06.08.2015

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ALLGEMEINE EINORDNUNG</b>	
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE</b> .....	<b>7</b>
2.1	DAS BAULOS "EISACKUNTERQUERUNG"	
2.1	IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRA-VERSAMENTO ISARCO".....	7
2.1.1	BAUWERKE ZUM SUB-BAULOS "VORBEREITUNGS-MAßNAHMEN EISACKUNTERQUERUNG"	
2.1.1	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PROPEDEUTICHE SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" .....	7
2.2	BAUWERKE DES SUB-BAULOSES "HAUPTWERKE EISACKUNTERQUERUNG"	
2.2	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" .....	7
2.3	BAUWERKE DES SUB-BAULOSES „HAUPTWERKE EISACKUNTERQUERUNG“, DIE NICHT BESTANDTEIL DER PLANUNG SIND	
2.3	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE.....	11
<b>3</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	
<b>3</b>	<b>OBIETTIVI DELLO STUDIO</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>UNTERLAGEN UND GRUNDLAGEN</b>	
<b>4</b>	<b>DATI DI BASE E RIFERIMENTI</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>GEOLOGISCHE BESCHREIBUNG</b>	
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE GEOLOGICA</b> .....	<b>16</b>
5.1	ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	
5.1	DESCRIZIONE GENERALE .....	16
5.2	GEOLOGISCHER AUFBAU	
5.2	ASSETTO GEOLOGICO.....	17
5.2.1	Festgesteine	
5.2.1	Rocce litoidi .....	17
5.2.2	Lockergesteine	
5.2.2	Terreni sciolti .....	18
5.2.3	Übergänge Fels – Lockergestein	
5.2.3	Passaggi roccia - materiale sciolto .....	19
5.3	PROGNOSESICHERHEIT DER GEOLOGISCHEN ERKUNDUNGEN.....	20
5.3	SICUREZZA DELLA PREVISIONE	
<b>6</b>	<b>GEOMECHANISCHE PLANUNG</b>	
<b>6</b>	<b>PROGETTAZIONE GEOMECCANICA</b> .....	<b>21</b>
6.1	GEBIRGSARTEN UND GEBIRGSVERHALTENSTYPEN	

6.1	TIPI DI AMMASSI ROCCIOSI E TIPI DI COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO.....	21
6.2	VORTRIEBSKLASSIFIZIERUNG	
6.2	CLASSIFICAZIONE DELL'AVANZAMENTO.....	23
<b>7</b>	<b>GEOTECHNISCHE MESSUNGEN</b>	
7.1	ALLGEMEINES	
<b>7</b>	<b>MONITORAGGIO GEOTECNICO .....</b>	<b>25</b>
7.1	GENERALITÀ.....	25
7.2	GEOTECHNISCHE MESSEINRICHTUNGEN UT	
7.2	STRUMENTAZIONE PER I RILEVAMENTI GEOTECNICI IN SOTTERRANEO .....	26
7.3	GEOTECHNISCHE MESSQUERSCHNITTE UT	
7.3	SEZIONI DI MONITORAGGIO GEOTECNICO IN SOTTERRANEO .....	27
7.3.1	Ausbildung der tipo Messquerschnitte	
7.3.1	Struttura delle sezioni tipo di monitoraggio.....	28
7.3.2	Anordnung der Messquerschnitte	
7.3.2	Disposizione delle sezioni di monitoraggio .....	29
7.4	GEOMECHANISCHE VERMESSUNGEN DER STOLLENVORDERSEITE	
7.4	RILIEVI GEOMECCANICI DEL FRONTE DI SCAVO .....	31
7.5	SISTEMA DI MONITORAGGIO IN SUPERFICIE	
7.5	SISTEMA DI MONITORAGGIO IN SUPERFICIE .....	36
7.5.1	Ausbildung und Anordnung der Messquerschnitte	
7.5.1	Struttura e disposizione delle sezioni di monitoraggio .....	36
7.6	ZUSÄTZLICHES ÜBERWACHUNGSSYSTEM FÜR DIE TUNNELABSCHNITTE UNTERHALB DES EISACK	
7.6	SISTEMA DI MONITORAGGIO PER LE TRATTE DI GALLERIA SOTTO IL FIUME ISARCO.....	38
<b>8</b>		
<b>8</b>	<b>CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE .....</b>	<b>40</b>
8.1		
8.1	STRUMENTI TOPOGRAFICI.....	40
8.2		
8.2	SENSORI A FIBRA OTTICA .....	40
8.2.1	Druckmessgeber tangential/ radial con trasduttori in fibra ottica (FBG) – (Tipo S e Tipo P)	
8.2.1	Celle di pressione tangenziali / radiali con trasduttori in fibra ottica (FBG) – (Tipo S e Tipo P).....	42
8.2.2	Verformungssensoren mit Faseroptik Estensimetri multibase (Tipo E), catene estensimetriche da calcestruzzo (Tipo P e Tipo L)	
8.2.2	Sensori di deformazione a Fibra Ottica - Estensimetri multibase (Tipo E), catene estensimetriche da calcestruzzo (Tipo P e Tipo L).....	42

9

**9 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO..... 45**

9.1 EINBAU UND DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

9.1 INSTALLAZIONE E SVOLGIMENTO DELLE MISURAZIONI ..... 45

9.2 MESSHÄUFIGKEIT

9.2 FREQUENZA DELLE MISURAZIONI..... 46

9.2.1

9.2.1 Sezioni di convergenza (Tipo C e C1) ..... 46

9.2.2

9.2.2 Rilievi geomeccanici del fronte di scavo ..... 47

9.2.3

9.2.3 Sezioni di monitoraggio (Tipo E, S, P e L)..... 47

10

**10 SCHEMA TRASMISSIONE DATI ..... 50**

10.1 EIGENSCHAFTEN DES SYSTEMA DI MISURA AUTOMATICA (MS)

10.1 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MISURA AUTOMATICA (MS)..... 51

**11 AUSWERTUNG UND INTERPRETATION**

**11 ELABORAZIONE E RESTITUZIONE DATI..... 54**

11.1

11.1 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO – RUOLI E FLUSSO DELLE INFORMAZIONI..... 55

11.2 VERFORMUNGSSCHWELLENWERTE IM VORTRIEB

11.2 VALORI LIMITE DELLE DEFORMAZIONI DURANTE LO SCAVO ..... 59

11.3

11.3 VALORI LIMITE DELLE TENSIONI NEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE E DEFINITIVO ..... 60

11.3.1

11.3.1 Tensioni attese rivestimento definitivo ..... 61

11.3.2

11.3.2 Tensioni attese rivestimento di prima fase ..... 61

11.3.3

11.3.3 Valori di soglia ..... 61

**12 VORAUSERKUNDUNGSMASSNAHMEN UNTERTAGE**

**12 INTERVENTI PRELIMINARI SOTTERRANEI ..... 62**

12.1 ALLGEMEIN

12.1 GENERALITÀ..... 62

12.2	ABSCHNITT NORD	
12.2	TRATTO NORD .....	63
12.2.1	Erkundungsbedarf	
12.2.1	Situazione da indagare.....	63
12.2.2	Erkundungsprogramm	
12.2.2	Programma d'indagine .....	63
12.2.3	Zusammenfassung Erkundungen	
12.2.3	Sintesi indagini .....	67
12.3	ABSCHNITT SÜD	
12.3	TRATTO SUD .....	68
12.3.1	Erkundungsbedarf	
12.3.1	Situazione da indagare.....	68
12.3.2	Erkundungsprogramm	
12.3.2	Programma d'indagine .....	69
12.3.3	Zusammenfassung Erkundungen	
12.3.3	Sintesi indagini .....	70
<b>13</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	
<b>13</b>	<b>ELENCHI .....</b>	<b>71</b>
13.1	TABELLENVERZEICHNIS	
13.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	71
13.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
13.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	71
13.3	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	
13.3	ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI.....	71

## 1 EINLEITUNG

Das Baulos "Eisackunterquerung" bildet den südlichsten Teil des Brenner Basistunnels vor der Einfahrt in den Bahnhof Franzensfeste und liegt ca. 1 km nördlich von Franzensfeste, in der Ortschaft Oberau in der Provinz Bozen.

Das Baulos umfasst im Wesentlichen die unterirdischen Rohbauarbeiten und die Außenarbeiten, welche im Arbeitsplan 2010 und nachfolgenden Aktualisierungen des Brenner Basistunnels angegeben sind.

Die geplanten Arbeiten bilden daher "ein nicht funktionstechnisches Baulos", das zum Gesamtprojekt Brenner-Basistunnel angehört.

Die Projekt- und funktionalen Anforderungen der geplanten Bauwerke entsprechen jenen des Einreichprojektes des Brenner Basistunnels, das von den zuständigen Behörden genehmigt worden ist.

Die geplanten Bauwerke umfassen ferner die im Zuge der diversen Genehmigungsverfahren erteilten Auflagen, die Optimierungen, die detaillierte Beschreibung der im Rahmen der grenzüberschreitenden Regelplanung erarbeiteten Standards sowie die Ergebnisse der im Zeitraum 2010-2011 durchgeführten zusätzlichen Bohrkampagnen und danach im Jahr 2015 der vorbereitenden Maßnahme zur Erstellung des Ausführungsprojekts, mit besonderer Bezugnahme auf die Aktualisierung des hydrogeologischen Modells.

Festgelegte Schnittstellen und Baustandards erlauben die Einbindung von Infrastrukturen und Anlagen der unterschiedlichen Baulose nach dem Brenner-Basistunnel-Arbeitsplan, zu dem das Baulos "Eisackunterquerung" gehört.

Das Baulos "Eisackunterquerung" ist wiederum in die 2 folgenden Sub-Baulose unterteilt:

- Sub-Baulos "Vorbereitungsmaßnahmen Eisack-Unterquerung", wozu der Ausführungsplan erarbeitet worden ist
- Sub-Baulos "Hauptbauwerke Eisackunterquerung", das Gegenstand des vorliegenden Ausführungsplans ist.

## 1 INTRODUZIONE

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco", costituisce la parte estrema meridionale della Galleria di Base del Brennero prima dell'accesso nella stazione di Fortezza, ed è ubicato ca. 1 Km a nord dell'abitato di Fortezza, in località Prà di Sopra, in Provincia di Bolzano.

Il lotto di costruzione comprende essenzialmente le opere civili grezze in sotterraneo e le opere esterne individuate dal programma lavori 2010 e successivi aggiornamenti della Galleria di Base del Brennero.

Le opere progettate costituiscono pertanto un "lotto costruttivo non funzionale" facente parte del progetto complessivo della Galleria di Base del Brennero.

I requisiti di progetto e funzionali delle opere progettate rispondono a quelli del progetto definitivo della Galleria di Base del Brennero che ha ottenuto l'approvazione da parte delle autorità competenti.

Le opere progettate inoltre recepiscono le prescrizioni impartite nel corso dei diversi iter autorizzativi, le ottimizzazioni e le specificazioni di standard elaborati nell'ambito della progettazione guida transfrontaliera, nonché i risultati delle campagne geognostiche integrative effettuate negli anni 2010-2011, e successivamente nel 2015 propedeutica alla predisposizione del progetto esecutivo, con particolare riferimento all'aggiornamento del modello idrogeologico.

Le interfacce e gli standard di costruzione definiti consentono l'integrazione delle infrastrutture e delle dotazioni impiantistiche dei diversi lotti di costruzione previsti dal programma lavori della Galleria di base del Brennero, tra i quali è compreso il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco".

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco" è suddiviso a sua volta nei 2 seguenti sublotti:

- sublotto di costruzione "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", del quale è stato elaborato il progetto esecutivo;
- sublotto "Opere principali Sottoattraversamento Isarco" oggetto del presente progetto esecutivo.

## 2 ALLGEMEINE EINORDNUNG

### 2.1 DAS BAULOS "EISACKUNTERQUERUNG"

Die Lage der durch die Arbeiten betroffenen Bereiche sowie die Baulosabgrenzungen können den Projektplänen entnommen werden, auf die hiermit verwiesen wird.

Zur Standortermittlung wird festgehalten, dass die in den Planungsunterlagen verwendete Haupttunnelkilometrierung mit der der Gesamtwerke übereinstimmt, wobei für den Ost-Tunnel (Gleis 1) der Innsbrucker Bahnhof maßgebend ist, während sich die Verbindungstunnelkilometrierungen auf die jeweiligen Entzweigungspunkte der Verbindungstunneltrassen der Haupttunnel beziehen.

#### 2.1.1 BAUWERKE ZUM SUB-BAULOS "VORBEREITUNGS-MAßNAHMEN EISACKUNTERQUERUNG"

Die Bauwerke des Sub-Bauloses "Vorbereitende Bauwerke Eisackunterquerung", die kein Bestandteil des betreffenden Ausführungsprojektes sind, umfassen im Wesentlichen:

- Variante zur Brenner Staatsstraße Nr. 12 von km 490 + 500 bis km 491 + 500, einschl. einer neuen Brücke über dem Weißenbach, wobei die überschrittenen Unterdienststellen verlegt und eine Zufahrt zum Baustellenbereich fertiggestellt werden müssen
- Eisackbrücke
- Brenneisenbahnunterquerung bei km 200 + 400
- Verkehrswege innerhalb der Baustelle

#### 2.2 BAUWERKE DES SUB-BAULOS "HAUPTWERKE EISACKUNTERQUERUNG"

Die Arbeiten zum Sub-Baulos "Hauptbauwerke Eisackunterquerung", welche zum Einreichprojekt gehören, bestehen im Wesentlichen aus:

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

L'ubicazione delle aree interessate dai lavori ed i limiti del lotto di costruzione sono rilevabili negli elaborati progettuali ai quali si rimanda.

Ai fini della localizzazione delle opere, si stabilisce che la progressivazione delle gallerie principali utilizzata nei documenti delle progettazioni è quella generale dell'Opera, riferita per la galleria Est (binario dispari) alla stazione di Innsbruck, mentre la progressivazione delle interconnessioni sono riferite al loro punto di sfioro dei tracciati delle interconnessioni da quelle delle gallerie principali.

#### 2.1.1 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PROPEDEUTICHE SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

Le opere del sublotto "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", le quali non fanno parte del progetto esecutivo in oggetto, consistono essenzialmente in:

- Variante alla S.S.12 del Brennero dal km 490 + 500 al km 491 + 500, compreso un nuovo ponte sul Rio Bianco, con spostamento dei sottoservizi interferiti e realizzazione di un accesso all'area di cantiere;
- Ponte sull'Isarco;
- Sottopasso alla linea ferroviaria del Brennero, al km 200 + 400;
- Viabilità interna di cantiere.

#### 2.2 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

Le opere del sublotto "Opere principali Sottoattraversamento Isarco", che fanno parte del progetto esecutivo, consistono essenzialmente in:



## Haupttunnel

### 1. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 54+015.00 (Los-Anfang) bis km 54+600.67 wovon:
  - von km 54+015.00 bis km 54+465.00 in zweigleisiger bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 54+465.00 bis km 54+600.67 in zweigleisigem Abzweigtunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel – Gleis 2 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise) von km 54+042.00 (Los-Anfang) bis km 54+598.85 wovon:
  - von km 54+042.00 bis km 54+440.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 54+440.00 bis km 54+598.85 im zweigleisigen Abzweigtunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

### 2. Abschnitt (Eisackunterquerung)

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 54+600.67 bis km 54+700.77 (einschl. Tunnelzutrittschächte) im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel– Gleis 2 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 54+598.85 bis km 54+711.07 (einschl. Tunnelzutrittschächte) im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

### 3. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 54+700.77 bis km 54+968.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel- Gleis 2 – (Abschnitt in

## Gallerie principali

### 1° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)  
da pk 54+015.00 (inizio lotto) a pk 54+600.67 di cui:
  - da pk 54+015.00 a pk 54+465.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 54+465.00 a pk 54+600.67 in galleria naturale di diramazione a doppio binario(scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+042.00 (inizio lotto) a pk 54+598.85 di cui:
  - da pk 54+042.00 a pk 54+440.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 54+440.00 a pk 54+598.85 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

### 2° tratto (Attraversamento Fiume Isarco)

- Galleria principale est – binario dispari – (tratto galleria naturale)  
da pk 54+600.67 a pk 54+700.77 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest – binario pari – (tratto galleria naturale)  
da pk 54+598.85 a pk 54+711.07 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

### 3° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)  
da pk 54+700.77 a pk 54+968.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in

bergmännischer Bauweise)

von km 54+711.07 bis km 54+889.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

galleria naturale)

da pk 54+711.07 a pk 54+889.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

#### 4. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in offener Bauweise)

von km 54+968.00 bis km 55+060.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)

- West-Haupttunnel- Gleis 2 – (Abschnitt in offener Bauweise)

von km 54+889.00 bis km 55+018.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)

#### 4° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria artificiale)

da pk 54+968.00 a pk 55+060.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)

- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria artificiale)

da pk 54+889.00 a pk 55+018.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)

#### 5. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

von km 55+060.00 bis km 56+100.00 (Los-Ende) wovon:

- von km 55+060.00 bis km 55+485.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- von km 55+485.00 bis km 56+100.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Portalbauwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

- West-Haupttunnel – Gleis 2 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

von km 55+018.00 bis km 56+190.00 (Los-Ende), davon:

- von km 55+018.00 bis km 55+549.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- von km 55+549.00 bis km 56+190.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Die Portalbauwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

#### 5° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)

da pk 55+060.00 a pk 56+100.00 (fine lotto) di cui:

- da pk 55+060.00 a pk 55+485.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- da pk 55+485.00 a pk 56+100.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale)

da pk 55+018.00 a pk 56+190.00 (fine lotto) di cui:

- da pk 55+018.00 a pk 55+549.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- da pk 55+549.00 a pk 56+190.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

## Verbindungstunnel

- Verbindungstunnel Ost – Gleis 1  
“Abzweigabschnitt vom Haupttunnel zum Losende”  
von km 1+971.44 (km 54+600.67 Ost-Haupttunnel – Gleis 1) bis km 2+684.41 wovon:
  - von km 1+971.44 bis km 2+069.97 (einschl. Tunnelzutrittschächte) in bergmännischer Bauweise eingleisige Eisackunterquerung (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 2+069.97 bis km 2+270.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)
  - von km 2+270.00 bis km 2+525.00 Eingleisiger Bahnkörper in Wannengebäude (Vortrieb und Bauarbeiten)
  - von km 2+525.00 bis km 2+684.41 Bahnkörper in Dammlage / im Einschnitt (Vortrieb und Bauarbeiten)
- West-Verbindungstunnel– Gleis 2  
“Abzweigabschnitt vom Haupttunnel zum Los-Ende”  
von km 1+693.13 (km 54+598.85 West-Haupttunnel– Gleis 2) bis km 2+550.00 wovon:
  - von km 1+693.13 bis km 1+795.86 (einschl. Tunnelzutrittschächte) in bergmännischer Bauweise eingleisige Eisackunterquerung (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 1+795.86 bis km 2+550.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

*Hinweis:* Der Tunnelvortrieb endet in Fels. Die Portalwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

## Verlagerung der historischen FS-Eisenbahntrasse

- von km 199+935 ca. bis km 200+900 ca. (Gleis 2) der vorhandenen Eisenbahntrasse Verona Brennero über eine Länge von m 965 ca. (Fertigstellung der neuen Fahrbahnbreite und Rüstung, Inbetriebnahme).

## Klein- und Nebenbauwerke

Dieses Baules umfasst die folgenden Kleinbauwerke:

- Schächte und Notausgänge (Vortrieb und Innenschale).

## Interconnessioni

- Interconnessione est – binario dispari  
“tratto di diramazione dalla galleria principale fine lotto”  
da pk 1+971.44 (pk 54+600.67 Galleria principale est – binario dispari) a pk 2+684.41 di cui:
  - da pk 1+971.44 a pk 2+069.97 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 2+069.97 a pk 2+270.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)
  - da pk 2+270.00 a pk 2+525.00 Corpo stradale ferroviario a binario singolo con scavo “a vascone” (scavo e opere civili)
  - da pk 2+525.00 a pk 2+684.41 Corpo stradale ferroviario in rilevato/trincea (scavo e opere civili)
- Interconnessione ovest – binario pari  
“tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”  
da pk 1+693.13 (pk 54+598.85 Galleria principale ovest – binario pari) a pk 2+550.00 di cui:
  - da pk 1+693.13 a pk 1+795.86 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 1+795.86 a pk 2+550.00 in galleria naturale a binario singolo (scavo e rivestimento definitivo)

*Avvertenza:* Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

## Spostamento linea storica FS

- da pk 199+935 ca. a pk 200+900 ca. (binario pari) della linea ferroviaria esistente Verona Brennero, per una lunghezza di m 965 ca. (realizzazione della nuova sede ferroviaria e attrezzaggio, messa in esercizio).

## Opere minori e accessorie

Sono comprese nel lotto di costruzione le seguenti opere minori:

- pozzi e uscite di emergenza (scavo e rivestimento definitivo)

- Querverbindungsgänge (Vortrieb und Innenschale)
- zusätzliche Bauwerke am Abschnitt der verlagerten FS-Eisenbahnstrecke
- Sicherheitsmaßnahmen gegen Steinschlag über der historischen Eisenbahntrasse von ca. km 199+000 bis ca. km 200+265
- Umwelt-Instandsetzungsmaßnahmen und endgültige Bereinigung des Eisack-Flusses sowie der durch die Arbeiten betroffenen Bereiche.
- Zufahrtsstraßen zum Rettungsplatz beim Verbindungsportal 2 bis km 0+275 ca.
- cunicoli trasversali di collegamento (scavo e rivestimento definitivo)
- opere complementari in corrispondenza del tratto di linea FS spostata
- interventi di messa in sicurezza contro la caduta massi sopra la linea storica da ca. km 199+000 a ca. km 200+265
- interventi di ripristino ambientale e sistemazione finale del fiume Isarco e delle aree interessate dai lavori
- viabilità di accesso alla zona di soccorso presso il portale interconnessione pari fino alla pk 0+275 ca.

Weiterer Bestandteil des Sub-Bauwerksprojektes ist die Fertigstellung aller Nebenarbeiten bzw. solcher von kleinem Umfang, welche im betreffenden Bereich der Maßnahmen liegen, deren Ausführung sich zur vollständigen Werkfertigstellung als erforderlich und/oder zweckmäßig erweist.

Costituiscono inoltre parte integrante del progetto del sublotto di costruzione, la realizzazione di tutte le opere accessorie e di piccole dimensioni che ricadono nel tratto oggetto dell'intervento, la cui realizzazione risulta necessaria e/o funzionale alla compiuta esecuzione delle opere.

### 2.3 BAUWERKE DES SUB-BAUWERKES „HAUPTWERKE EISACKUNTERQUERUNG“, DIE NICHT BESTANDTEIL DER PLANUNG SIND

### 2.3 OPERE DEL SUBLOTTO “OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO” NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE

Die folgenden Bauwerke und Anlagen sind in vorliegender Planung nicht enthalten:

Le seguenti opere ed impianti sono escluse dalla presente progettazione:

- **Bahnanlagen** zur Versorgung der Haupttunnel und der Verbindungstunnel, im Wesentlichen bestehend aus:
  - Fahrbahn
  - Erschütterungsschutzmaßnahmen
  - Anlagen für das Bahnstromsystem und die Energieversorgung
  - Fernmelde- und Überwachungssysteme
  - Steuerungs- und Sicherungssysteme
  - Maschinentechnische Anlagen (wie im Einreichprojekt 2008 angegeben)
  - Anlage zur Überwachung der Baustelle und der Positionierung der Personen.
- **Portalbauwerke der beiden Haupttunnel Ost und West** (Gleis 1 und 2) und die ersten Strecken dieser Tunnel laut den zuvor festgelegten Los-Begrenzungen.
- **Impianti ferroviari** a servizio delle gallerie principali e delle interconnessioni costituiti essenzialmente da:
  - sovrastruttura
  - interventi per la mitigazione dalle vibrazioni
  - impianti di trazione elettrica e approvvigionamento energetico
  - sistemi di telecomunicazione e sorveglianza
  - sistemi di comando/controllo
  - impianti meccanici (come definiti nel progetto definitivo 2008)
  - impianto di sorveglianza cantiere e localizzazione delle persone.
- **Opere di portale delle due gallerie principali est ed ovest** (binari dispari e pari) e i tratti iniziali delle medesime gallerie, secondo i limiti di lotto precedentemente definiti.

- **Portalbauwerke des Verbindungstunnels Gleis 2** und der erste Abschnitt dieses Tunnels laut zuvor festgelegter Los-Begrenzung.
- **Bauwerke am Verbindungsportal Gleis 1** und die zugehörigen Zufahrtsstraßen von km 0+275 ca. bis km 0+400 ca. und am Rückhaltebecken Holer Graben.
- Bauwerke in bezug auf den **Bahnhofsbereich von Franzensfeste**.
- **Rückhaltebecken Holer Graben und Hohewand** mit zugehörigen Zufahrtsstraßen.
- **Opere di portale della galleria d'interconnessione pari** ed il tratto iniziale della medesima galleria, secondo il limite di lotto precedentemente definito.
- **Opere presso il portale d'interconnessione pari** e la relativa viabilità di accesso dalla pk 0+275 ca. alla pk 0+400 ca. ed al Bacino di ritenuta Holer Graben.
- Opere riferite all'ambito della **stazione di Fortezza**.
- **Bacini di ritenuta Holer Graben e Hohewand** e la relativa viabilità di accesso.

### 3 AUFGABENSTELLUNG

Der gegenständliche Bericht beschreibt die im Zuge der untertägigen Tunnelvortriebsarbeiten im Baulos "Eisackunterquerung" vortriebsbegleitend durchzuführenden Geotechnischen Messungen.

Neben einer Darstellung der vorgesehenen Messgeräte und deren Anordnung in Abhängigkeit der spezifischen Randbedingungen enthält dieses Dokument weiterführende Erläuterungen hinsichtlich Messhäufigkeit sowie Datenauswertung und Interpretation

Die Beschreibung der geplanten Maßnahmen erfolgt für

- Geotechnische Messungen, untertage (UT)
- Ergänzende Geotechnische Messungen, obertage (OT)
- Zusätzliche geotechnische Messungen im Untergrund in den Tunnelabschnitten unterhalb des Eisack.

Der zweite Teil dieses Berichtes enthält Beschreibungen zur Ausführung der untertägigen Voraus- erkundungsmaßnahmen für die jeweiligen Tunnelvortriebe in den Abschnitten Nord und Süd. Im speziellen werden die geplanten Voraus- erkundungen für die Durchörterung der prognostizierten Störungszonen sowie der Locker- materialabschnitte in den Tunneleingangsbereichen dargestellt.

In den folgenden Kapiteln werden die qualitativen und quantitativen Aspekte der während des Vortriebs der Tunnels des Systems zur bau- logistischen Unterstützung durchzuführenden Monitorings angeführt, um den Vortriebsstand der Tunnels zwecks sicherer Errichtung derselben zu überwachen und die Spannungs- und Verformungs- reaktionen des durchörterten Gebirges zu überprüfen.

Für eine vollständige und richtige Interpretation der durch diese Untersuchungen erhobenen Daten, ist es notwendig, auch all jene Faktoren zu speichern, die den Vortrieb beeinflussen, d.h.: die Ausführungsphasen der Ausbrüche, die für die Errichtung der Absicherungen und Stützen notwendigen Zeiten, Situationen, die Anlass für evtl. unregelmäßige und/ oder besondere Gebirgs- reaktionen waren usw.

### 3 OBIETTIVI DELLO STUDIO

La presente relazione descrive le misurazioni geotecniche da eseguire nel corso dello scavo sotterraneo delle gallerie nel lotto "Sottoattraversamento dell' Isarco".

Oltre a illustrare gli strumenti di misurazione previsti e la loro collocazione in funzione delle condizioni al contorno specifiche, il presente documento illustra in dettaglio la frequenza delle misurazioni e la valutazione e interpretazione dei dati.

Saranno descritti gli interventi previsti per

- Misurazioni geotecniche, in sotterraneo
- Misurazioni geotecniche aggiuntive, in superficie
- Ulteriori misurazioni geotecniche nel sottosuolo per le gallerie sotto il fiume Isarco

Verrà descritto il programma di indagini in avanzamento per le diverse sezioni della galleria nei tratti a nord e a sud dell'Isarco. In particolare verranno illustrati gli interventi preliminari di prospezione per l'attraversamento delle zone di faglia pronosticate e dei tratti di materiale sciolto, nelle zone di transizione materiale sciolto - roccia.

Nei capitoli successivi si riportano gli aspetti qualitativi e quantitativi dei monitoraggi da eseguire durante lo scavo delle gallerie del sistema del supporto logistico, al fine di controllare lo stato di avanzamento delle gallerie per l'esecuzione in sicurezza delle stesse e verificare le reazioni e la risposta tenso-deformativa dell'ammasso attraversato dallo scavo.

Per una completa e corretta interpretazione dei dati acquisiti tramite tali indagini, è necessario provvedere anche alla memorizzazione di tutti quei fattori che condizionano l'avanzamento, ovvero: le fasi esecutive degli scavi, i tempi necessari alla messa in opera dei consolidamenti e dei sostegni, situazioni che hanno dato origine ad eventuali risposte anomale e/o particolari dell'ammasso, ecc.

Il presente piano di monitoraggio è stato predisposto con il massimo dettaglio possibile in sede di progettazione, soprattutto per quanto concerne la posizione degli strumenti; infatti quella indicata negli elaborati è da ritenersi orientativa, poiché non è possibile prevedere difficoltà di ordine pratico che possono interferire con l'installazione della strumentazione, e che potranno essere valutate solo al momento dell'installazione. Sarà ovviamente compito dell'impresa incaricata del monitoraggio fornire la posizione esatta della strumentazione installata, così da permettere una corretta e precisa interpretazione dei dati. Anche le specifiche della strumentazione e del sistema di acquisizione sono da ritenersi indicative poiché, essendo tali dispositivi in continua evoluzione, non si vuole precludere l'utilizzo di sistemi eventualmente diversi da quelli qui indicati, con caratteristiche ed efficienza migliori.

#### 4 UNTERLAGEN UND GRUNDLAGEN

Für den gegenständlichen Bericht wurden folgende Grundlagen verwendet:

##### **Projektunterlagen**

- [1]. 02-H71-AF-002-03-01-001.00 Bericht Geologie – Hydro- geologie;
- [2]. 02-H71-AF-002-03-01-002.00 Bericht Geotechnik;
- [3]. 02-H71-AF-002-06-08-002.00 Bericht Externes Monitoring;
- [4]. Beschreibung der Monitoringsoftware 2doc der BBT SE, Ausgabe 15.6.2010
- [5]. 02-H71-AF-002-06-05-013.00: Leitfaden für die Wahl des Regelquerschnitts;

##### **Dekrete, Normen und Richtlinien**

#### 4 DATI DI BASE E RIFERIMENTI

Per la redazione della presente relazione sono stati utilizzati i seguenti dati di base:

##### **Documentazione del progetto**

- [1]. 02-H71-AF-002-03-01-001.00: Relazione geologica-idrogeologica;
- [2]. 02-H71-AF-002-03-01-002.00: Relazione geotecnica;
- [3]. 02-H71-AF-002-06-08-002.00: Relazione Monitoraggio esterno;
- [4]. Descrizione del software di monitoraggio "2doc" della BBT SE, versione 15.6.2010
- [5]. 02-H71-AF-002-06-05-013.00: Linea guida per l'applicazione delle sezioni tipo;

##### **Decreti, Norme e Linee Guida**

- [6]. DM 11.03.1988, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" con Circolare LL.PP. 24/9/1988 n. 30483;
- [7]. MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Decreto 14 gennaio 2008, (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - S. O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- [8]. „Richtlinie für die Geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb“, Società Austriaca per Geomeccanica, 2008



## 5 GEOLOGISCHE BESCHREIBUNG

Die nachfolgenden Beschreibungen dienen lediglich als kurze Zusammenfassung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im gegenständlichen Bauabschnitt. Für detailliertere Beschreibungen wird auf den spezifischen Bericht ‚Geologie – Hydro- geologie‘[1] verwiesen.

### 5.1 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Der Trassenabschnitt Franzensfeste verläuft südlich des Periadriatischen Lineaments im Südalpinen Basement.

Der betreffende Trassenabschnitt kann nach geologischen Gesichtspunkten grob in die folgenden drei Bereiche gegliedert werden:

- Nördlicher Randbereich und Festgesteinsabschnitt Weißenbach
- Eisackquerung
- Südlicher Randbereich und anschließender Festgesteinsabschnitt

Der Bereich der Eisackquerung wird von quartären Lockergesteinen aufgebaut. Vorherrschend treten Murschuttablagerungen und Eisack-Alluvionen auf. Randlich kann diesen Ablagerungen Hangschutt zwischengeschaltet sein.

Die im Projektgebiet anstehenden Festgesteine werden dem südalpinen Grundgebirge zugerechnet. Der Festgesteinsabschnitt verläuft durchwegs im Brixner Granit.

Das Gebirge ist generell als standfest bis nach- brüchig zu klassifizieren. Entlang der Weißenbach- störung im Norden und einiger kurzer Strecken im Bereich von Störungszonen im Süden ist das Gebirgsverhalten durch hohlraumnahe bis tief-reichende Überbeanspruchung charakterisiert.

In den verschiedenen Lockergesteinen wurden in den Erkundungen (Bohrungen, Brunnen) mitunter zahlreiche und auch große Blöcke bis zu einem Durchmesser von 2,5-3 m erkundet. Entsprechend ist vor allem im Murschutt, Hangschutt und Eisack- Alluvionen (bis in ca. 20 m Tiefe) von einem hohen Vorkommen von verschieden großen und unregel- mäßig verteilten Blöcken auszugehen.

## 5 DESCRIZIONE GEOLOGICA

Le seguenti descrizioni riassumono le condizioni geologiche e idrogeologiche del tratto di costruzione. Per una descrizione dettagliata si rimanda alla specifica relazione “Geologia – Idrogeologia” [1].

### 5.1 DESCRIZIONE GENERALE

Il settore del tracciato di Fortezza si estende a sud del Lineamento Periadriatico, all’interno del basamento sudalpino.

Dal punto di vista geologico, il settore del tracciato in questione può essere suddiviso nelle seguenti tre parti:

- Settore marginale nord e tratto in roccia in zona Rio Bianco
- L’attraversamento del fiume Isarco
- Settore marginale sud e tratto in roccia adiacente

Il settore dell’attraversamento Isarco è costituito da terreni sciolti quaternari. Predominanti sono i depositi da debris flow e i depositi alluvionali dell’Isarco. Nelle zone marginali può essere intercalato ad essi del detrito di versante.

Le rocce affioranti nell’area di progetto sono attribuite al basamento sudalpino. Il settore in roccia si sviluppa completamente all’interno del Granito di Bressanone.

L’ammasso roccioso è stato classificato da stabile a caratterizzato da distacchi. Lungo la faglia del Rio Bianco a nord e per brevi tratti in corrispondenza delle zona di faglia a sud, il comportamento dell’ammasso è caratterizzato da sovrasollecitazioni nell’intorno del cavo e anche in profondità.

Nei diversi tipi di terreno sciolto sono stati riscontrati nelle indagini (sondaggi, pozzi) numerosi blocchi anche di dimensione notevole fino ad un diametro di 2,5-3 m. Di conseguenza si deve prevedere soprattutto nei depositi di debris flow, nel detrito di versante e nelle alluvioni dell’Isarco un elevato rischio di presenza di blocchi a varie dimensioni con distribuzione irregolare e non prevedibile.

## 5.2 GEOLOGISCHER AUFBAU

Auf Grundlage der Erhebungen lassen sich im Projektgebiet folgende Bodenarten unterscheiden

- A – Murschutt (Murmaterial)
- B – Hangschutt (Hangschuttkegel)
- C – Alluvionen (Postglaziale fluviatile Ablagerungen)
- C1 – Alluvionen, gemischt- bis feinkörnig
- D – Aufschüttungen
- E – Festgestein

### 5.2.1 Festgesteine

#### Brixner Quarzphyllit

Für das Bauwerk ist der Quarzphyllit als Festgestein nicht relevant, da er im Tunnelbereich nicht auftritt

#### Brixner Granit

Zwischen Mittewald und Franzensfeste steht zu beiden Seiten des Eisacks der Brixner Granit an.

GA-BG-01: Granit bis Granodiorit, weiständig bis mittelständig geklüftet, frisch bis schwach verwittert.

GA-BG-02: Granit bis Granodiorit, mittel-ständig bis engständig geklüftet, frisch bis mäßig verwittert, zum Teil vergrünt.

GA-BG-03: Granit bis Granodiorit, eng-ständig geklüftet bis vollständig zerlegt, mäßig bis vollständig verwittert (Störungsgestein).

Der Brixner Granit wird im weiteren Untersuchungsgebiet von einem Netz an Begleitstörungen des WNW-ESE streichenden Periadriatischen Lineaments durchzogen. Das Gestein ist durch Störungs- und Verwitterungseinflüsse stellenweise tiefgründig entfestigt. Wenig deformiert und verwitterte Partien des Granites weisen eine gute Kornbindung und hohe Gesteinsfestigkeiten auf.

Das bedeutendste strukturgeologische Element im unmittelbaren Projektgebiet stellt die NNW-SSE streichende, steil stehende Weißenbachstörung dar. Sie läßt sich vom Weißenbachgraben ausgehend über den Eisack hinweg bis hin zum Sattel westlich des

## 5.2 ASSETTO GEOLOGICO

In base ai rilievi si possono distinguere nell'area di progetto i seguenti tipi di terreno:

- A – Depositi (Materiale) di debris flow
- B – Detrito di versante (Cono detritico)
- C – Alluvioni (Depositi fluviali postglaciali)
- C1 – Alluvioni a granulometria mista-fine
- D – Riporti artificiali
- E – Roccia

### 5.2.1 Rocce litoidi

#### Fillade quarzifera di Bressanone

La fillade quarzifera non è una roccia rilevante ai fini dell'opera, poiché non viene attraversata nella zona del tunnel

#### Granito di Bressanone

Tra Mezzaselva e Fortezza affiora il Granito di Bressanone su entrambe le sponde dell'Isarco.

GA-BG-01: Granito granodiorite con fratturazione da ampia a media, da fresco a poco alterato.

GA-BG-02: Granito granodiorite con fratturazione da media a ravvicinata, da fresco a moderatamente alterato, in parte di colore verdastro.

GA-BG-03: Granito granodiorite con fratturazione fitta a completamente smembrato, da moderatamente a completamente alterato (roccia di faglia).

Nella restante area di studio il Granito di Bressanone è tagliato da un reticolo di faglie associate al Lineamento Periadriatico con andamento WNW-ESE. La roccia è disgregata sotto l'influenza di faglie e dell'alterazione localmente anche in profondità. Le porzioni di granito meno deformate e meno alterate mostrano un buon legame tra i grani e un'alta resistenza della roccia.

L'elemento geologico-strutturale più importante all'interno dell'area di progetto è rappresentato dalla zona di faglia del Rio Bianco con andamento molto inclinato in direzione NNW-SSE. Essa può essere seguita a partire dal vallone del Rio Bianco attraverso la

## Riolberges verfolgen

Die Störungszone wird vom BBT bei der Unterfahung des Weißenbachgrabens, nördlich des Eisack, zwischen ca. Station km 54,1 und km 54,3 schleifend gequert.

Im Festgesteinsabschnitt südlich des Eisack treten zwei weitere größere Störungen auf. Es sind dies die NE-SW streichende Plungerbachstörung und die ENE-WSW streichende Hohe-Wand-Graben-Störung (liegt außerhalb des vorliegenden Bauloses).

Beide Störungen äußern sich an der Geländeoberfläche durch markant in den Brixner Granit eingeschnittene Gräben und sind im Luftbild über den Eisack hinweg verfolgbar. Im Geländeaufschluss stellen sie sich als mehrere Meter breite Zone mit hohem Zerlegungsgrad und partiell starker bis vollständiger Verwitterung dar.

Die Plungerbach-Störung wird von den BBT-Bauwerken bei ca. Station km 55,5 stumpfwinkelig gequert.

Für die Verbindungstunnel sind diese Störungen nicht relevant.

Neben den beschriebenen Großstörungen ist im Projektgebiet ein ausgeprägtes Netz von kleinen Störungen und Klüften vorhanden.

Kleinere Störungen äußern sich an der Geländeoberfläche bzw. in den Bohrungen in Form von Meter mächtigen, stärker zerlegten Gebirgsabschnitten mit cm bis wenige dm mächtigen Kataklastiten. Die Mächtigkeit der Kataklastiten ist hier in der Regel auf wenige cm beschränkt. Die Trennflächen sind in diesen Bereichen überwiegend eben bis wellig und glatt bis poliert.

Die tunnelbautechnische Relevanz derartiger Störungszonen ist begrenzt und beschränkt sich in der Regel auf eine erhöhte Nachbrüchigkeit und Wasserführung in diesen Bereichen

### 5.2.2 Lockergesteine

Die Talfüllung des Eisacktales wird von quartären Lockergesteinen in unterschiedlicher Mächtigkeit und Zusammensetzung aufgebaut. Nachfolgend sind die auftretenden Lockergesteine zusammenfassend beschrieben

#### Murschuttalagerungen

Diese Einheit betrifft die Ausgänge der Seitentäler

## Val d'Isarco fino alla sella a ovest di Cima Riol

La zona di faglia è attraversata in sbieco dal BBT all'altezza del passaggio sotto il Rio Bianco, a nord dell'Isarco ca. tra le progressive pk 54,1 e pk 54,3.

Nel settore in roccia a sud dell'Isarco affiorano altre due faglie importanti. Si tratta della faglia con andamento NE-SW del Rio Plunger e della faglia ad andamento ENE-WSW del Canalone-Hohe-Wand (situata al di fuori del presente lotto).

Entrambe le faglie si manifestano in superficie con valloni molto incisi nel granito di Bressanone e si possono seguire sulle foto aeree da una parte all'altra della Val d'Isarco. In affioramento si presentano come zone potenti diversi metri con intenso grado di degradazione e alterazione talora da intensa a completa.

La faglia del Rio Plunger è attraversata dalle opere del BBT ca. alla pk 55,5 formando un angolo ottuso.

Queste faglie non sono rilevanti per le gallerie di interconnessione.

Oltre alle importanti faglie appena descritte, è presente all'interno dell'area di progetto un reticolo diffuso di faglie minori e di giunti.

Piccole faglie si manifestano in superficie e nei sondaggi, sotto forma di fasce di ammasso roccioso di spessore metrico, fortemente disgregate, caratterizzate da cataclastiti con spessori da cm a dm. Lo spessore delle cataclastiti è generalmente limitato a pochi centimetri. Le discontinuità in questo settore sono prevalentemente da piane ad ondulate e da lisce a levigate.

La rilevanza tecnica ai fini della costruzione del tunnel di queste faglie è contenuta e si limita generalmente ad una più elevata tendenza ai distacchi e ad una maggiore presenza d'acqua in queste fasce.

### 5.2.2 Terreni sciolti

Il riempimento della Val d'Isarco è costituito da depositi quaternari con spessori e composizione differenti. Di seguito sono descritti sinteticamente i diversi tipi di terreni sciolti presenti

#### Depositi da debris flow

Questa unità è presente agli sbocchi del Rio Vallaga

des Flaggerbach und des Weißenbach sowie der kleineren Seitengräben. Sie reicht auch mitunter bis in den engen Talboden und verzahnt mit den Eisack-

alluvionen.

Es handelt sich um einen Wechsel von grob- und feinkörnigen, in der Regel schlecht sortierten Murschuttablagerungen mit einer großen Bandbreite der Korngrößenverteilung

#### Hangschutt

Zwischen den Schwemmfächerablagerungen, im unteren Bereich der steilen Talflanken, tritt eine in der Regel geringmächtige Hangschuttbedeckung auf.

Diese gravitativen, zumeist grobkörnigen Ablagerungen sind gekennzeichnet durch intermittierend bis weit gestufte Körnungslinien

#### Alluvionen

Diese Einheit tritt verbreitet im Talboden auf und verzahnt mit Murschutt und Hangschutt.

Es handelt sich um wechsellagernde hoch- und niederenergetische Flussablagerungen, was in der großen Bandbreite der Korngrößenverteilung zum Ausdruck kommt, mit einem vorwiegend grobkörnigen, kiesig-sandigen Anteil. Die Lagerungsdichte nimmt tendenziell von oben nach unten zu (mitteldicht bis dicht).

#### Alluvionen, gemischt- bis feinkörnig

Diese Untereinheit betrifft den mittleren Talbereich in einer Tiefe von über 20-25 m ab GOK.

Es handelt sich um alluviale Ablagerungen mit einer vorwiegend sandigen Zusammensetzung und einem höheren Feinkornanteil. Die Lagerungsdichte nimmt ebenfalls tendenziell von oben nach unten zu (mitteldicht bis dicht).

### **5.2.3 Übergänge Fels – Lockergestein**

e del Rio Bianco nonché di corsi d'acqua e canali minori. Essa si estende anche ampiamente nello stretto fondovalle e si interdigita alle alluvioni dell'Isarco.

Si tratta di alternanze di depositi poco classati di debris flow a grana grossa ed a grana fine con un'ampia distribuzione granulometrica

#### Detrito di versante

Nella parte inferiore dei fianchi ripidi della valle tra i depositi dei conoidi alluvionali è presente una copertura generalmente poco potente di detrito di versante

Questi depositi gravitativi a prevalente grana grossa sono caratterizzati da una distribuzione granulometrica da intermedia ad ampia

#### Alluvioni

Questa unità è ampiamente presente nel fondovalle e si interdigita ai depositi di debris flow ed al detrito di versante.

Si tratta di alternanze di depositi alluvionali di bassa e di alta energia come evidenziato dall'ampia distribuzione granulometrica con una prevalenza di terreni a ghiaio-sabbiosi. La densità in sito aumenta tendenzialmente dall'alto verso il basso (da media ad alta).

#### Alluvioni a granulometria mista-fine

Questa sub-unità, è presente al centro della valle oltre una profondità di ca. 20-25 m dal piano del terreno.

Si tratta di depositi alluvionali con una prevalente frazione sabbiosa ed un contenuto in materiali fini generalmente più alto. La densità in sito è ancora da considerarsi tendenzialmente in aumento dall'alto verso il basso (da media ad alta)

### **5.2.3 Passaggi roccia - materiale sciolto**

La posizione prevista del limite tra i terreni sciolti e la roccia è riportata sui profili geologici e quelli tecnici di costruzione, e per ciascun binario sui profili di dettaglio sviluppati per le "zone di ingresso", elaborati: 02-H71-AF-002-06-05-550.00 – 564.00.

### 5.3 PROGNOSESICHERHEIT DER GEOLOGISCHEN ERKUNDUNGEN

Auf Basis einer Vielzahl an ausgeführten Erkundungsmaßnahmen wie Kernbohrungen, Tiefbrunnen sowie seismischen Profilen wurde das geologische Prognose-Modell im Trassenabschnitt Franzensfeste ausgearbeitet.

Im Vorfeld zum gegenständlichen Bauvorhaben wurden bereits eine beträchtliche Anzahl an Erkundungsmaßnahmen durchgeführt. Aufgrund der Komplexität der Baumaßnahme sowie des zu durchörternden Gebirges werden für Bauvorhaben dieser Größenordnung in der Regel weiterführende, ergänzende Erkundungsmaßnahmen durchgeführt.

Im Zuge der Bauausführung gilt es daher, die bereits gewonnenen Erkenntnisse durch ergänzende, detailliertere Erkundungsmaßnahmen während der Vortriebsarbeiten weiter zu vertiefen.

### 5.3 SICUREZZA DELLA PREVISIONE

Il modello di prognosi geologica è stato elaborato nel tratto di Fortezza, sulla base di svariate indagini di prospezione, come sondaggi a carotaggio continuo, pozzi profondi e profili sismici.

Nel terreno antistante al lotto di costruzione in oggetto, è già stata eseguita una quantità considerevole di numerosi interventi di prospezione. Data la complessità dell'intervento costruttivo, così come dell'ammasso da attraversare, per opere costruttive di questa entità, si procede, in genere, all'esecuzione d'interventi integrativi continui di prospezione in avanzamento.

In corso d'opera, le conoscenze già acquisite dovranno infatti essere approfondite, durante i lavori di avanzamento, attraverso interventi integrativi di prospezione dettagliati nel seguito.

## 6 GEOMECHANISCHE PLANUNG

Die Methodik der durchgeführten Gebirgsklassifizierung beruht auf der ÖGG „Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauwerken mit zyklischem Vortrieb“ [9].

Entsprechend dieser Richtlinie wird das Gebirge in Gebirgsarten gegliedert und für diese das Gebirgsverhalten ermittelt.

Die nachfolgenden Beschreibungen dienen lediglich als kurze Zusammenfassung der geotechnischen Verhältnisse im gegenständlichen Bauabschnitt. Für detailliertere Beschreibungen wird auf den spezifischen Bericht ‚Geotechnik‘ [2] verwiesen.

### 6.1 GEBIRGSARTEN UND GEBIRGSVERHALTENSTYPEN

Für den Festgesteinsabschnitt nördlich der Eisackquerung (inkl. Weißenbachstörung) wurden die Gebirgsarten von BBT SE im Rahmen des nördlich angrenzenden Bauloses Mauls II bestimmt und für den gegenständlichen Losabschnitt aufbereitet und zur Verfügung gestellt.

Für diesen Abschnitt wurden 2 Gebirgsarten (GB-G- GA 6 und GB-G-GA 7) definiert.

Für den Festgesteinsabschnitt südlich des Eisack wurden in Summe 3 Gebirgsarten (GA-BG-01 bis GA-BG-03) definiert.

Basierend auf den festgelegten Gebirgsarten wird für das Tunnelbauwerk das Gebirgsverhalten unter Berücksichtigung der relevanten Einflussfaktoren ermittelt. Diese Einflussfaktoren sind:

- Orientierung der Hauptstrukturen zum Bauwerk,
- Die Primärspannungsverhältnisse
- Die Bergwasserverhältnisse
- Form und Größe des Ausbruchquerschnittes.

Das ermittelte Gebirgsverhalten wird einer von 11 in der Richtlinie [9] definierten Kategorien zugeordnet. Werden Gebirgsverhaltenstypen identifiziert, welche zwar in dieselbe Kategorie fallen, sich jedoch im Detail unterscheiden, so sieht die Richtlinie die Einführung von Untertypen vor, z.B. für Bereiche mit unterschiedlichen Trennflächenkombinationen.

## 6 PROGETTAZIONE GEOMECCANICA

La metodologia per la classificazione dell'ammasso roccioso che è stata eseguita si basa sulle "Direttive per la progettazione geomeccanica di opere in sotterraneo con avanzamento ciclico" dettate dalla ÖGG [9].

Conformemente a queste direttive l'ammasso roccioso viene suddiviso in diversi tipi e per questi viene determinato il comportamento dell'ammasso stesso.

Le seguenti descrizioni riassumono le condizioni geotecniche del tratto di costruzione. Per una descrizione dettagliata si rimanda alla specifica relazione "Geotecnica" [2].

### 6.1 TIPI DI AMMASSI ROCCIOSI E TIPI DI COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Per il tratto in roccia a nord dell'Isarco (incl. faglia di Rio Bianco), i tipi di ammasso roccioso sono stati definiti da BBT SE nell'ambito del lotto di costruzione Mules II confinante a nord, rielaborati per il tratto di lotto in oggetto.

Per questo tratto sono stati definiti due tipi di ammasso (GB-G-GA 6 e GB-G-GA 7).

Per il settore del tracciato in roccia a sud dell'Isarco sono stati definiti in totale 3 tipi di ammassi rocciosi (GA-BG-01 fino a GA-BG-03).

Sulla base dei tipi di ammasso stabiliti, è stato determinato il comportamento dell'ammasso per lo scavo del tunnel, tenendo in considerazione i fattori d'impatto rilevanti. Questi fattori d'impatto sono:

- L'orientamento delle strutture principali rispetto all'opera
- Le condizioni di tensione primaria
- Condizioni della falda acquifera
- Forma e dimensioni della sezione dello scavo

Il tipo di comportamento dell'ammasso roccioso determinato è assegnato ad una delle 11 categorie definite dalle direttive [9]. Se si identificano tipi di comportamento dell'ammasso roccioso che cadono nella stessa categoria, ma che si distinguono tuttavia nel dettaglio, la direttiva prevede allora l'introduzione di sottotipi, p.es. nel caso di settori con diverse

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
Thema: MONITORING  
Dokumenteninhalt: Bericht über die Überwachungen und die  
Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere  
Tema: Monitoraggio  
Contenuto documento: Relazione sui monitoraggi e sulle  
prospezioni in galleria

Betreffend Bergwasser wird für die Festgesteinsabschnitte davon ausgegangen, dass der Bergwasserspiegel aufgrund des drainierenden Ausbaues und durch Bohrungen vorauseilend abgesenkt wird. Das bedingt eine zeitweilige Absenkung des Grundwasserspiegels, die auf die unmittelbare Nähe des Tunnels und nur für die für die Grabung notwendige Zeit begrenzt ist. Dadurch wird die Auswirkung auf den natürlichen Grundwasserspiegel beträchtlich begrenzt und jedenfalls eine begrenzte Auswirkung gewährleistet. Damit wird der Einfluss des Bergwassers im Festgestein als gering eingeschätzt. Ausgenommen davon sind die Bereiche von Störungszonen (aufgeweichte Fault Gouge und Auswaschen von Feinteilen). Im Lockergestein ist das Grundwasser der das Gebirgsverhalten dominierende Einflussfaktor. In diesem Fall wurden begrenzt auf die Tunnelabschnitte, die im Kern der Grundwasserschicht mit wahrscheinlich und reichlich eindringendem Wasser ausgehoben werden, immer mit dem Ziel, Wasser vom Tunnel abzuleiten mit den eventuellen Auswirkungen, die dieses auf das natürliche Gleichgewicht der Grundwasserschicht hätte, so weit wie möglich zu begrenzen, Abdichtungsmaßnahmen des Felsmassivs durch radiale Injektion von umweltverträglichen Harzen vom Tunnel aus vorgesehen. (Siehe Ausarbeitungen 02-H71-AF-002-06-05-918.00-B0115-01886-5B1-00 und 02-H71-AF-002-06-05-919.00-B0115-01887-5B1-00)

Die Beurteilung der Druckhaftigkeit des ungestützten Gebirges in den Festgesteinsabschnitten erfolgte nach Hoek 2000. Dabei wird die Gebirgsdruckfestigkeit durch die Maximalspannung dividiert. Das ergibt folgende Bewertung

cm/ max:	>0,45	nachbrüchig
	0,45 bis 0,28	leicht druckhaft
	0,28 bis 0,20	mittel druckhaft
	<0,20	stark druckhaft

Im Projektabschnitt treten verschiedene Gebirgsverhaltenstypen auf. Diese ergeben sich unter anderem aufgrund signifikant unterschiedlicher Tunnelquerschnitte, Vortriebsrichtungen und Trennflächenorientierung im Bereich der Felsstrecke.

Das Gebirgsverhalten kann im Bereich der untersuchten Abschnitte folgendermaßen zusammen-

gefasst werden:

combinazioni di discontinuità.  
Per quanto riguarda l'acqua di falda, nei tratti realizzati in roccia, viene assunta la realizzazione di opere provvisorie di drenaggio e l'esecuzione di sondaggi, che determinano un abbassamento temporaneo del livello di falda stesso limitato alle immediate vicinanze della galleria solo per il tempo necessario allo scavo. Così facendo si limita notevolmente l'impatto sul livello naturale della falda, garantendo comunque un impatto limitato dell'acqua nella roccia. Un'eccezione a questo è costituita dalle aree caratterizzate da zone di faglia (fault gouge intriso d'acqua e dilavamento di particelle fini). Nei terreni sciolti l'acqua di falda è il principale fattore di impatto per il comportamento dell'ammasso roccioso. In questo caso, limitatamente ai settori di galleria che sarà scavata nel nucleo della faglia con probabili ed abbondanti venute d'acqua, sempre con lo scopo di limitare il più possibile la quantità d'acqua aggettata dalla galleria con le eventuali ripercussioni che avrebbero sull'equilibrio naturale della falda stessa, sono stati previsti degli interventi di impermeabilizzazione dell'ammasso roccioso mediante l'iniezione radiale dalla galleria di resine ecocompatibili. (Vedi elaborati 02-H71-AF-002-06-05-918.00-B0115-01886-5B1-00 e 02-H71-AF-002-06-05-919.00-B0115-01887-5B1-00)

La valutazione della tendenza alla spinta dell'ammasso roccioso non sostenuto nei tratti in roccia è stata effettuata secondo Hoek 2000. È stata quindi divisa la resistenza alla compressione dell'ammasso per lo sforzo massimo. Questo ha fornito le seguenti valutazioni

cm/ max:	>0,45	distacchi
	da 0,45 a 0,28	poco spingente
	da 0,28 0,20	mediamente
	< 0.20	spingente fortemente

Nel tratto di progetto sono presenti diversi tipi di comportamento dell'ammasso roccioso. Essi si delineano tra l'altro in base a sezioni del tunnel, direzioni di scavo e orientazione delle discontinuità significativamente differenti nell'area del settore in roccia.

Nell'area dei settori indagati il comportamento

gefasst werden:

- Im Festgesteinsbereich nördlich des Eisack (Weißenbachstörung) wechselt standfestes bis nachbrüchiges Gebirge (GVT 1 und 2) mit gestörtem und überbeanspruchtem Gebirge der damage zone (GVT 3) bzw. untergeordnet mit stark überbeanspruchtem (GVT 4-1) bis auch rolligem bis fließendem (GVT 8/9) Gebirge der core zone
- In der Lockergesteinsstrecke zwischen Weißenbach im Norden und der Fest-gesteinsgrenze südlich des Eisacks ist mit fließendem Gebirge zu rechnen (GVT 9). Es ist dabei zu berücksichtigen, dass das Gebirgsverhalten durch Bausonder- maß-nahmen (z.B. Konsolidierung der Böden) stark verändert wird. Wo die Eingriffe über dem Grundwas- ser zu liegen kommen, ist mit rolligem Gebirge zu rechnen (GVT 8).
- Im südlich anschließenden Festgesteins- abschnitt ist überwiegend mit standfestem bis nachbrüchigem Gebirge zu rechnen (GVT 1 und 2).
- Tunnelabschnitte, in denen es zur spann- ungsbedingten Überbeanspruchung des Gebirges kommt, sind auf Störungszonen beschränkt, deren Mächtigkeit aber gemäß den Erkundungsergebnissen auf einige Meter beschränkt sein sollte (GVT 3 und 4).

Die Verteilung der Gebirgs- und Bodenarten bzw. der Gebirgsverhaltenstypen entlang der Bauwerke im Projektabschnitt ist in den betreffenden bautechnischen Längsprofilen zu den Hauptbauwerken (02-H71-AF-002-06-01-051.00 bis 054.00) dargestellt

## 6.2 VORTRIBSKLASSIFIZIERUNG

Auf Basis der prognostizierten Gebirgseigenschaften werden anhand der definierten Gebirgsverhaltens- typen die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen für die bergmännischen Vortriebsabschnitte mittels spezifischer Vortriebsklassen festgelegt.

Für den bergmännischen Vortrieb im Lockermaterial unterhalb des Grundwasserspiegels sind spezielle Vergütungs- und Abdichtungsmaßnahmen erforder- lich. Hierzu wird, vorgängig zum Vortrieb der künftigen

dell'ammasso può essere riassunto come segue:

- Nel tratto di roccia a nord dell'Isarco (faglia di Rio Bianco) si passa da ammassi stabili o caratterizzati da distacchi (GVT 1 e 2) ad ammassi disturbati e sovrasollecati (GVT 3) della damage zone ed in maniera subordinata a tratti profondamente sovrasollecati (GVT 4-1) fino ad un comportamento incoerente o plastico (GVT8/9) della core zone
- Nel settore caratterizzato da terreni sciolti tra Rio Bianco a Nord e il limite con la roccia a sud dell'Isarco si ha a che fare con un ammasso a comportamento plastico (GVT 9). Si deve considerare, a questo riguardo, che il comportamento dell'ammasso può essere fortemente modificato con misure speciali di costruzione (p.e. consolidamento dei terreni) dove gli interventi si trovano sopra la falda si ha a che fare con ammasso incoerente (GVT 8)
- Nel settore adiacente a sud, in roccia, si ha a che fare soprattutto con un ammasso roccioso da stabile a caratterizzato da distacchi (GVT 1 e 2).
- I settori del tunnel nei quali si arriva a condizioni di sovrasollecazione dovuta a tensioni dell'ammasso roccioso, sono limitati a zone di faglia la cui potenza, secondo i risultati delle indagini, dovrebbe essere limitata ad alcuni metri (GVT 3 e 4).

La distribuzione dei tipi di ammasso roccioso e di terreni sciolti nonché dei tipi di comportamento dell'ammasso roccioso lungo le opere nel tracciato di progetto è rappresentata nei profili relativi all'opera principale (02-H71-AF-002-06-01-051.00 fino a 054.00)

## 6.2 CLASSIFICAZIONE DELL'AVANZAMENTO

Le misure di sicurezza necessarie per i tratti di avanzamento con metodo naturale vengono definite sulla base delle caratteristiche dell'ammasso pronosticate, in funzione dei tipi di comportamento dell'ammasso, mediante specifiche classi di scavo.

Per lo scavo in naturale nel materiale sciolto al disotto del livello di falda, sono necessari particolari interventi di consolidamento e impermeabilizzazione. Allo scopo, prima dello scavo della futura canna della galleria,



Tunnelröhre, diese mit einem DSV-Körper umschlossen und somit der anstehende Boden im Tunnelnahbereich durch eine Zementsuspension verfestigt und der Vortriebsbereich gegen Wasser- zutritte abgedichtet.

Die Herleitung der einzelnen Vortriebsklassen in Abhängigkeit der prognostizierten Gebirgseigenschaften und der Gebirgsverhaltenstypen ist im Bericht ‚Leitfaden für die Wahl des Regelquerschnitts‘ [5] dargestellt

Eine detaillierte Darstellung der einzelnen Vortriebsklassen ist in den Plänen der Projektunterlagen enthalten (D0753-06-03-1500.01 bis 1555.01).

Diese Ausbaufestlegung des nächsten Abschlages erfolgt grundsätzlich aufgrund der angetroffenen Untergrundverhältnisse, allfälliger Erkundungsergebnisse sowie unter Berücksichtigung der Ergebnisse der durchgeführten geotechnischen Messungen

questa verrà rivestita da una struttura di jet grouting ed iniezioni cementizie; in tal modo, il suolo dell'area della galleria viene rinforzato con una sospensione cementizia, e l'area dello scavo viene impermeabilizzata contro venute idriche.

L'applicazione delle diverse classi di avanzamento a seconda delle caratteristiche pronosticate dell'ammasso e del tipo di comportamento dell'ammasso è indicata nella relazione "Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo" [5]

Una rappresentazione dettagliata delle singole classi di avanzamento si trova nelle tavole della documentazione progettuale (02-H71-AF-002-06-05-300.00 a 371.00).

La definizione del successivo abbattimento si sviluppa sulle condizioni effettive del sottosuolo riscontrate, su eventuali risultati delle prospezioni e tenendo conto dei risultati delle misurazioni geotecniche eseguite

## 7 GEOTECHNISCHE MESSUNGEN

### 7.1 ALLGEMEINES

Die laufende messtechnische und visuelle Überwachung des Gebirges und der eingebauten Stützmaßnahmen bilden einen grundlegenden Bestandteil des zyklischen Vortriebes nach den Grundsätzen der ADECO Ausführungsprojekt des Einreichprojekts als Methode vorgeschlagen.

Die Durchführung geotechnischer Messungen hat die Zielsetzung, die zu einer geotechnischen Beurteilung des betrachteten Bauwerkes erforderlichen Messergebnisse zu erhalten.

Geotechnische Messungen sind im Zusammenhang mit den untertägigen Hohlraumbauten durchzuführen, um Verformungen, Spannungen sowie weitere Parameter im Gebirge und deren zeitlichen Ablauf zu erfassen.

Dadurch können Rückschlüsse auf die Stand- sicherheit der Hohlräume gezogen werden.

Aus diesem Grund sind die Ergebnisse der Auswertungen der geotechnischen Messungen bei der Festlegung der erforderlichen Stützmaßnahmen und des zeitlichen Ablaufes der gesamten Vortriebsarbeiten als maßgebliches Beurteilungskriterium heranzuziehen.

Die geotechnische Beurteilung dient im Wesentlichen dazu,

- das tatsächliche Verhalten des Bauwerkes und des Baugrundes mit den Annahmen der Planung zu vergleichen und gegebenenfalls Adaptionen durchzuführen,
- kritische Zustände frühzeitig zu erkennen,
- die Belastung des Ausbaues zu verfolgen.

## 7 MONITORAGGIO GEOTECNICO

### 7.1 GENERALITÀ

Un elemento fondamentale del metodo ADECO, proposto nel Progetto Esecutivo quale metodo per lo scavo in avanzamento, è il monitoraggio costante, visivo e mediante rilevamenti strumentali, dell'ammasso e dei mezzi di sostegno installati.

Lo scopo per cui si effettuano misure geotecniche è quello di ottenere dai risultati delle misure le informazioni necessarie per poter giudicare dal punto di vista geotecnico l'opera considerata.

Nell'ambito delle opere sotterranee si devono effettuare rilevamenti geotecnici per acquisire i dati di deformazione, tensione ed altri parametri dell'ammasso nonché monitorare il loro sviluppo nel tempo.

In questo modo è possibile trarre conclusioni circa la stabilità delle cavità.

Per questo motivo, i risultati delle valutazioni dei rilevamenti geotecnici rappresentano un criterio di valutazione rilevante per l'accertamento degli interventi di sostegno previsti progettualmente e per lo svolgimento temporale dei lavori di avanzamento complessivi.

La valutazione geotecnica serve principalmente a

- confrontare l'effettivo comportamento della struttura e del terreno con le ipotesi progettuali e, all'occorrenza, adottare gli adattamenti necessari,
- individuare per tempo le situazioni critiche,
- monitorare il carico sul rivestimento.

La valutazione dei dati acquisiti ed il confronto tra i dati di previsione ed il comportamento reale dell'ammasso intorno alla galleria e dei rivestimenti durante l'avanzamento, dovrà essere eseguita regolarmente, in modo da essere in grado di individuare per tempo eventuali situazioni potenzialmente pericolose per l'integrità delle strutture o delle persone.

Particolare attenzione dovrà essere data alle misure di convergenza del rivestimento di prima fase, poiché risultano lo strumento principale e più immediato di

Zur Überwachung von fremden Bauwerken und Infrastruktureinrichtungen im Baulosbereich werden ebenfalls Verformungsmessungen durchgeführt in superficie (siehe Bericht „Externes Monitoring“ 02-H71-AF-002-06-08-002.00, Kapitel 5).

## 7.2 GEOTECHNISCHE MESSEINRICHTUNGEN UT

Entlang der Tunnel müssen eigene Messquer-schnitte eingebaut werden, um kurz- und langfristig den Spannungs-/Verformungszustand des Gebirges um den Hohlraum und der Erstsicherungs- und der endgültigen Vorrichtungen zu überprüfen.

Es sind folgende untertägige, geotechnische Messungen vorgesehen:

- Messungen der Verformungen der Spritzbetonaußenschale mittels 3-dimensionaler, geodätischer Verschiebungsmessungen mit Zielmarken (Konvergenzmesspunkte),
- Messung von hohlraumnahen Gebirgsbewegungen bzw. Gebirgsverformungen mittels Extensometer zusätzlich zur Faseroptik.
- Messung der Beanspruchung der Spritzbetonaussenschale mittels radialer und tangentialer Druckmessdosen,
- Messungen der Verformungen der Ortbetoninnenschale mittels 3-dimensionaler, geodätischer Verschiebungsmessungen (Konvergenzmesspunkte),
- Messung der Beanspruchung der Ortbetoninnenschale mittels tangentialer Betondruckgeber, und Extensometer (strain) mit Faseroptik, eingebettet im Beton über den gesamten Umfang des Stollens. Für den Streckenabschnitt der Eisack-Unterquerung wird die Installation von Extensometerketten mit Faseroptik mit Temperatenausgleich längslaufend auf Höhe der Zentrenebene vorgesehen, um so eventuelle Spannungen und

valutazione dello “stato di salute” della galleria in fase di scavo.

Per il monitoraggio di opere ed infrastrutture terze nella zona del lotto di costruzione vengono eseguite anche delle misurazioni delle deformazioni in superficie (vedi Relazione “Monitoraggio esterno” (02-H71-AF-002-06-08-002.00 capitolo 5)

## 7.2 STRUMENTAZIONE PER I RILEVAMENTI GEOTECNICI IN SOTTERRANEO

Dovranno essere realizzate apposite sezioni strumentate lungo le gallerie al fine di verificare nel breve e lungo periodo lo stato tensio-deformativo dell’ammasso intorno alla cavità, delle strutture di sostegno di prima fase e definitive.

Sono previste le seguenti misurazioni geotecniche sotterranee:

- Misurazioni delle deformazioni del rivestimento di spritzbeton mediante misurazioni tridimensionali geodetiche dello spostamento con target riflettente (punti di misurazione della convergenza),
- Misurazione dei movimenti della cavità ovvero delle deformazioni dell’ammasso mediante estensimetro incrementale a Fibra Ottica,
- Misurazione della sollecitazione del rivestimento di spritzbeton mediante celle di pressione radiali e tangenziali,
- Misurazioni delle deformazioni del rivestimento definitivo di calcestruzzo gettato in opera mediante misurazioni geodetiche degli spostamenti tridimensionali (punti di misurazione della convergenza),
- Misurazione della sollecitazione del rivestimento definitivo in calcestruzzo gettato in opera mediante trasduttori di pressione tangenziali, ed estensimetri (strain) a Fibra Ottica con compensazione della temperatura, annegati nel calcestruzzo su tutto il perimetro del cavo in intradosso ed estradosso. Per la tratta di sottoatraversamento del Fiume Isarco, si prevede l’installazione di catene di estensimetri a Fibra Ottica longitudinali all’altezza del Piano

Verschiebungen des Tunnels durch den Zug des Unterbettes des Flusses erfassen zu können.

In den geschlossenen Bauweisen werden vortriebsbegleitend unter anderem folgende Kenngrößen gemessen:

- Verschiebungen (absolut/relativ),
- Dehnungen (aus Verschiebungen oder direkt),
- Spannungen (Drücke).

Aus den erhaltenen Kenngrößen können der Auslastungsgrad des Primärausbaues und das Systemverhalten Gebirge – Ausbau ermittelt werden.

Die Konsistenz des Programms für geotechnische Messungen bereitgestellt wurde nach den geotechnischen Schwierigkeiten, die angetroffen werden definiert.

Messungen wird objektspezifisch festgelegt Die vorgesehenen Messeinrichtungen, deren Anordnung sowie die Messintervalle werden in den Ausschreibungsunterlagen grundsätzlich dargestellt (Siehe Pläne da 02-H71-AF-002-06-08-010.00 bis 02-H71-AF-002-06-08-061.00) und in diesem Bericht beschrieben.

In Fällen, wo die Bedingungen schwieriger sind als vorhergesehen, bei besonderen geologischen Verhältnissen oder solchen, die mit absehbaren Risiken für die Struktur verbunden sind, oder Störzonen, die unter anderem auch auf vortriebsbedingte Bewegungen oder Gesteinsablösungen zurückzuführen sind, oder in allen Fällen, il sistema potrà essere integrato con l'installazione di ulteriori sezioni strumentate e/o di strumentazioni aggiuntive. Potrà inoltre essere modificata la distribuzione o la composizione delle sezioni previste in progetto in modo da posizionarle nelle zone risultate di maggiore interesse.

Tali modifiche ed integrazioni potranno essere proposte sa dalla Direzione lavori, sia dall'Appaltatore, comunque condivise in una apposita riunione di monitoraggio (vedi capitolo XXX)

### 7.3 GEOTECHNISCHE MESSQUERSCHNITTE UT

Grundsätzlich gilt, dass alle geotechnischen Mess-

dei Centri, così da poter rilevare eventuali tensioni e spostamenti della galleria causati dal trascinarsi del subalveo del fiume.

Con tali strumentazioni vengono quindi misurate le seguenti grandezze:

- spostamenti (assoluti, relativi)
- allungamenti (dagli spostamenti o diretti)
- tensioni (pressioni)

Dai valori ottenuti é possibile determinare il grado di sollecitazione del prerivestimento e il comportamento del sistema ammasso-rivestimento.

La consistenza del programma delle misurazioni geotecniche previste è stata definita in base alle difficoltà geotecniche che saranno incontrate.

I dispositivi di rilevamento previsti, la collocazione degli stessi e gli intervalli di misurazione, sono rappresentati nella documentazione di progetto (Vedi tavole da 02-H71-AF-002-06-08-010.00 a 02-H71-AF-002-06-08-061.00), e sono descritti in questa relazione.

Tuttavia, nei casi in cui si riscontrino situazioni più gravose rispetto a quelle previste, o condizioni geologiche particolari o suscettibili di evoluzioni che comportino rischi per la struttura, o zone alterate anche a seguito di movimenti o rilasci verificatisi nel corso dello scavo della galleria, o comunque in tutti i casi in cui lo si ritenga necessario, il sistema potrà essere integrato con l'installazione di ulteriori sezioni strumentate e/o di strumentazioni aggiuntive. Potrà inoltre essere modificata la distribuzione o la composizione delle sezioni previste in progetto in modo da posizionarle nelle zone risultate di maggiore interesse.

Tali modifiche ed integrazioni potranno essere proposte sa dalla Direzione lavori, sia dall'Appaltatore, comunque condivise in una apposita riunione di monitoraggio (vedi capitolo XXX)

### 7.3 SEZIONI DI MONITORAGGIO GEOTECNICO IN SOTTERRANEO

Tutte le sezioni ed i punti di misurazione, la loro

querschnitte und Messpunkte, deren Ausbildung und deren Stationierung im Zusammenhang mit der Klassifizierung der Vortriebsklassen festgelegt werden.

Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen zum Monitoring sind als Mindestprogramm zu betrachten, potrà essere integrata o modificata in funzione delle reali condizioni getecniche incontrate.

### 7.3.1 Ausbildung der tipo Messquerschnitte

Die Anzahl und Anordnung der Messpunkte je Messquerschnitt ist grundlegend vom Querschnitts- typ (ein oder zweigleisiger Tunnel, Querschlag Typ 1 oder 2, etc.) und der Größe des Ausbruchquer- schnitts abhängig.

Die Lage und Anzahl der Messquerschnitte ist in den jeweiligen Monitoringplänen (Vedi tavole da 02-H71-AF-002-06-08-010.00 bis 02-H71-AF-002-06-08-061.00) und auch in den Bautechnischen Längsschnitten (02-H71-AF-002-06-01-051.00 bis 054.00) dargestellt.

Es sind grundsätzlich folgende Messquerschnitte für die Untertagebauwerke vorgesehen:

Kombinationen von

**Typ C** - Verformungsmessquerschnitt Aussenschale bei Vollausbuch, bestehend aus 5 Stück Messpunkten,

**Typ C1** - Verformungsmessquerschnitt Außenschale bei Teilausbuch Kalotte/ Strosse, bestehend aus hrfach- Extensometern mit mehreren Tiefenstufen,

**Typ E** - Außenmessquerschnitt, bestehend aus 5 Stück über den Umfang verteilten Mehrfach- Extensometern mit mehreren Tiefenstufen,

**Typ S** - Außenmessquerschnitt, bestehend aus 5 Stück über den Umfang verteilten Paaren von Druckmessdosen in tangentialer und radialer Richtung.

**Typ P** – Messquerschnitt für die Innenschale, bestehend aus 3 Stück geodätischen Messpunkten und entsprechenden Betondruckgebern und Belastungsmessern mit Faseroptik in den Beton eingebettet entlang des gesamten Schalenrings (bei den Tunneln unterhalb des Eisack längslaufende Ketten

struttura e posizione sono stati definiti in funzione della classificazione delle classi di avanzamento previste.

L'attività di monitoraggio descritta di seguito deve essere considerata come programma di base e potrà essere integrata o modificata in funzione delle reali condizioni getecniche incontrate.

### 7.3.1 Struttura delle sezioni tipo di monitoraggio

La quantità e la collocazione dei punti di misurazione per sezione dipendono dal tipo di sezione (galleria a binario singolo o doppio, cunicolo trasversale di collegamento di tipo 1, 2 ecc.) e dalle dimensioni della sezione di scavo.

La posizione e la quantità delle sezioni di misurazione sono illustrate nelle relative tavole per il monitoraggio (Vedi tavole da 02-H71-AF-002-06-08-010.00 a 02-H71-AF-002-06-08-061.00) ed anche nelle Sezioni longitudinali costruttivi (02-H71-AF-002-06-01-051.00 fino a 054.00)

Per l'opera sotterranea sono previste combinazioni delle seguenti sezioni di misurazione:

**Tipo C** – sezione di convergenza della deformazione del rivestimento in spritzbeton (sezione con platea), composta da 5 punti

**Tipo C1** – sezione di convergenza della deformazione del rivestimento in spritzbeton (sezione con arco rovescio), composta da 5 punti

**Tipo E** – sezione di misurazione, composta da 5 punti lungo estensimetri multipli sparsi e diversi livelli di profondità

**Tipo S** – sezione di misurazione, composta da 5 punti lungo diverse coppie di celle pressiometriche sparse in direzione tangenziale e longitudinale

**Tipo P** – sezione di misurazione per il rivestimento definitivo, composta da 3 punti di misurazione geodetica, relativi trasduttori di pressione del calcestruzzo e strain meter a Fibra Ottica annegati nel calcestruzzo lungo l'intero anello del rivestimento

von Extensometern mit Faseroptik).

**Typ L** – Längslaufender Messquerschnitt für die endgültige Schale, bestehend aus zwei Ketten von Extensometern mit Faseroptik, die parallel an der Tunnelachse auf Höhe der Zentrebene an beiden Seitenwänden angeordnet sind.

Das Ziel der Messquerschnitte Typ C und C1 ist die systematische Überprüfung der Konvergenzen des Hohlraums zur Abschätzung des Verformungsgrades des Gebirges im Bereich um den Tunnel.

Das Ziel der Messquerschnitte Typ E und S ist die Messung der Verschiebungen und Drücke im Inneren des Gebirges und am Hohlraumrand

Der Zweck von Messquerschnitten vom Typ P ist die Überwachung der Spannungen innerhalb der endgültigen Schale auch im langen Zeitraum, in dem die Bahnlinie in Betrieb ist.

### 7.3.2 Anordnung der Messquerschnitte

Je nach den Vortriebsklassen sind daher folgende Abstände zwischen den Messquerschnitten der Verformung für die geodätischen 3D-Messungen vorgesehen (Querschnitte vom Typ C und C1):

- Alle 7 m für die Vortriebsklassen vom Typ C1 (unterirdische Abschnitte mit Jet-grouting und Injektionen von Zement),
- Alle 10 m für die Vortriebsklassen vom Typ B0V und B2V (und Typ B0 in den Grundwasserschichtbereichen im Südabschnitt),
- Alle 20 m für die Vortriebsklassen vom Typ A2 und B0,
- Alle 30 m für die Vortriebsklassen vom Typ A0 und A1

**Tipo L** – sezione di misurazione longitudinale per il rivestimento definitivo, composta da 2 catene di estensimetri a Fibra Ottica disposti parallelamente all'asse della galleria all'altezza del Piano dei Centri su entrambi i paramento.

L'obiettivo delle sezioni di misura tipo C e C1 è quello di controllare sistematicamente le convergenze del cavo al fine di valutare il livello di deformazione dell'ammasso nell'intorno della galleria.

L'obiettivo delle sezioni di misura tipo E e S è quello di misurare gli spostamenti e le pressioni all'interno dell'ammasso roccioso e lungo il contorno della cavità.

L'obiettivo delle sezioni di misura tipo P è quello di monitorare le tensioni all'interno del rivestimento definitivo anche nel lungo periodo con la linea in Esercizio.

### 7.3.2 Disposizione delle sezioni di monitoraggio

In funzione delle classi di avanzamento sono previsti quindi i seguenti intervalli tra le sezioni di misurazione della deformazione per le misurazioni geodetiche 3D (sezioni tipo C e C1):

- Ogni 7 m per le classi di avanzamento tipo C1 (tratti in sotterraneo in jet grouting ed iniezioni),
- ogni 10 m per le classi di avanzamento tipo B0V e tipo B2V (e tipo B0 nelle aree di faglia nel tratto sud),
- ogni 20 m per le classi di avanzamento tipo A2 e tipo B0,
- ogni 30 m per le classi di avanzamento tipo A0 e tipo A1

Nella planimetria generali ed in quelle di dettaglio (vedi elaborati 02-H71-AF-002-06-08-17.00-B0115-01741-1A7-00 e 02-H71-AF-002-06-08-22.00-B0115-01746-1A7-00 ) sono state ubicate le sezioni di monitoraggio riportate nella tabella seguente. Ciascuna sezione di monitoraggio prevede la combinazione delle sezioni tipo di monitoraggio descritte nel paragrafo precedente

(7.3.1). l'ubicazione è stata definita in base alle difficoltà geotecniche previste, od in corrispondenza di interferenze significative, come per esempio il sottopassaggio della A22, SS12 e linea storica; tuttavia l'ubicazione potrà essere modificata in corso d'opera in funzione di eventuali esigenze al momento non previste.

Im Bereich der Anschlussquerschläge und des Notausgangs NA-4 sind nur Messquerschnitte der Verformungen für die äußere Vorverschalung (Typ C) vorgesehen.

Per i cunicoli trasversali di collegamento e per l'uscita di emergenza NA-4 sono previste solo sezioni di misurazione delle deformazioni per il rivestimento di prima fase (tipo C).

Sezione di monitoraggio N°	sezione tipo monitoraggio	Pk	Sezione tipo	note
BD1	E+S+P	54+150	N2-DR-SMF-4.6_BO	Faglia Rio Bianco
BD2	S+P	54+300	N2-TP-4.6_C1	
BD3	S+P	54+360	N2-TP-4.6_C1	sotto A22
BD4	S+P	34+420	N2-TP-4.6_C1	sotto SS12
BD5	S+P	54+500	N2-TP-PC1	Jet da PC
BD6	S+P	54+525	N2-TP-PC2	Jet da PC
BD7	S+P	54+580	N2-TP-PC4	Jet da PC
BD8	P+L	54+649	S1-TP-IS	Sotto Isarco
BD9	S+P	54+800	S1-TP_JET	Jet da PC
BD10	S+P	54+900	S1-TP_JET	Jet da PC
BD11	S+P	55+080	S1-TP-C1	
BD12	E+S+P	55+140	S1-TP-C1	
BD13	P	56+030	S2-DR-4.6-A1	

Tabelle 1

Tabella 1: sezioni di monitoraggio binario dispari

Sezione di monitoraggio N°	sezione tipo monitoraggio	Pk	Sezione tipo	note
BP1	E+S+P	54+200	N2-DR-SMF-4.6_BO	Faglia Rio Bianco
BP2	S+P	54+240	N2-TP-4.6_C1	
BP3	S+P	54+325	N2-TP-4.9_C1	sotto A22
BP4	S+P	54+400	N2-TP-6.0_C1	sotto SS12
BP5	S+P	54+450	N2-TP-PC2	Jet da PC
BP6	S+P	54+520	N2-TP-PC3	Jet da PC
BP7	S+P	54+570	N2-TP-PC4	Jet da PC
BP8	P+L	54+659	S1-TP-IS	Sotto Isarco
BP9	S+P	54+750	S1-TP_JET	Jet da PC
BP10	S+P	54+850	S1-TP_JET	Jet da PC
BP11	S+P	55+040	S1-TP-C1	
BP12	E+S+P	55+100	S1-TP-C1	Uscita NA4

BP13	P	56+065	S2-DR-4.6-A1	
------	---	--------	--------------	--

Tabelle 2

Tabella 2: sezioni di monitoraggio binario pari

Sezione di monitoraggio N°	sezione tipo monitoraggio	Pk	Sezione tipo	note
ID1	P+L	02+020	S1-TP-IS	Sotto Isarco

Tabelle 3

Tabella 3: sezioni di monitoraggio interconnessione dispari

Sezione di monitoraggio N°	sezione tipo monitoraggio	Pk	Sezione tipo	note
IP1	P+L	01+747	S1-TP-IS	Sotto Isarco
IP2	S+P	01+875	S1-TP_JET	Jet da PC - Sotto linea storica spostata
IP3	S+P	01+975	S1-TP_JET	Jet da PC
IP4	S+P	02+075	S1-TP-C1	
IP5	E+S+P	02+125	S1-TP-C1	

Tabelle 4

Tabella 4: sezioni di monitoraggio interconnessione pari

#### 7.4 GEOMECHANISCHE VERMESSUNGEN DER STOLLENVORDERSEITE

#### 7.4 RILIEVI GEOMECCANICI DEL FRONTE DI SCAVO

Tra le attività di monitoraggio assumono grande importanza i rilievi geomeccanici del fronte di scavo poiché consentono la verifica della classe d'avanzamento e delle relative misure di sostegno. Si distinguono due tipologie di rilievi geomeccanici:

- Rilievi speditivi;
- Rilievi geostrutturali di dettaglio.

I rilievi speditivi hanno lo scopo di accertare l'omogeneità litologica e strutturale dell'ammasso scavato ed evidenziare eventuali anomalie che potrebbero richiedere un rilievo di dettaglio per l'attivazione delle eventuali azioni correttive. La documentazione sarà costituita sostanzialmente dalla foto del fronte di scavo, corredata dalla descrizione geologica e dichiarazione del Geologo sullo stato dell'ammasso.

I rilievi geomeccanici di dettaglio devono essere invece eseguiti in accordo alle raccomandazioni ISRM, adeguate alle condizioni di sicurezza tipiche dei fronti di scavo in sotterraneo. Hanno lo scopo di accertare le



classi d'avanzamento dell'ammasso roccioso scavato, mediante la valutazione degli indici RMR e GSI.

Die Vermessungen bestehen in der Erfassung und der grafischen und numerischen Wiedergabe der geologischen und geostrukturellen sowie geomechanischen Eigenschaften der Stollenvorderseite während des Vortriebs. Im Einzelnen müssen die lithologischen, stratigraphischen und strukturellen Merkmale des Massivs beschrieben werden, mit Angabe der Lithologie und der petrographischen Merkmale, des Grades und Typs der Kompaktheit/Zementierung, des Änderungszustandes, der Diskontinuitätsmerkmale (Art, Ort, Lage, Geometrie, Füllungstyp, JRC, JRS) sowie Beobachtungen über Wassereintritte und die eventuellen Ablösungen. Im Fall von Stollenvorderseiten in Losematerial werden die vorhandene Granulometrie und die eventuellen Schwankungen an der Skala der Vorderseite (Abwechseln von Niveaus mit feiner Körnung mit Niveaus mit grober Körnung), einschließlich des Vorhandenseins von Findlingen beschrieben. Während der Vermessungen können Proben für Labortests entnommen werden (Klassifizierungstests, Kompressionstests, triaxiale, Fugenschnitt- und Extrudierungstests...) und es können eventuell auch Tests vor Ort ausgeführt werden (Druckmessung, Dehnungsmessung, Spaltungsmessung...).

I rilievi consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologiche-geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo, durante l'avanzamento. In dettaglio devono essere descritte le caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali dell'ammasso, con indicazione della litologia e delle caratteristiche petrografiche, del grado e tipo di compattezza/cementazione, dello stato di alterazione, delle caratteristiche delle discontinuità (tipo, localizzazione, giacitura, geometria, tipo di riempimento, JRC, JRS), nonché osservazioni sulle venute d'acqua e sugli eventuali distacchi. Nel caso di fronti di scavo modellati nei depositi sciolti, sarà descritta la granulometria presente e le eventuali variazioni alla scala del fronte (alternanza di livelli a granulometria fine con livelli a granulometria grossolana), compreso la presenza di trovanti. Durante i rilievi si potranno prelevare campioni per prove di laboratorio (prove di classificazione, di compressione, triassiali, di taglio su giunto, di estrusione ...) ed eventualmente eseguire prove in situ (pressiometriche, dilatometriche, scissometriche...).

Nelle illustrazioni seguenti si riportano a titolo d'esempio i moduli che possono essere impiegati per i rilievi geomeccanici dei fronti di scavo.

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
 Thema: MONITORING

Dokumenteninhalt: Bericht über die Überwachungen und die  
 Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere  
 Tema: Monitoraggio

Contenuto documento: Relazione sui monitoraggi e sulle  
 prospezioni in galleria

RILIEVO GEOLOGICO STRUTTURALE DEL FRONTE DI SCAVO				
OPERA:		<input style="width: 100%;" type="text"/>		
DATA:	<input style="width: 50px;" type="text"/>	ORA:	<input style="width: 50px;" type="text"/>	RILIEVO N° <input style="width: 50px;" type="text"/>
			PROG. NAT. [m]: <input style="width: 50px;" type="text"/>	PROG. ASS. [km]: <input style="width: 50px;" type="text"/>
REDATTO DA:	ORIENTAZIONE ASSE GALLERIA	COPERTURA (m)	AVANZAMENTO (m)	SEZIONE TIPO
fam.	tipo	legenda	giaciture	Tipo di discontinuità
1				SC = Scistosità
2				ST = Stratificazione
3				J = Giunto generico
4				CT = Contatto
5				VN = Vena - intrusione
				F = Faglia
				FR = Frattura aperta
				CL = Clivaggio
LITOLOGIA 1		<input style="width: 100%;" type="text"/>		
LITOLOGIA 2		<input style="width: 100%;" type="text"/>		
DESCRIZIONE FRONTE:				

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
 Thema: MONITORING

Dokumentinhalt: Bericht über die Überwachungen und die  
 Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere  
 Tema: Monitoraggio

Contenuto documento: Relazione sui monitoraggi e sulle  
 prospezioni in galleria

	OPERA: _____	PROG. NAT. (m): _____	
	DATA: _____	RILIEVO N°: _____	PROG. ASS. (m): _____

R1 - RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA					
Classe	R	q <sub>0</sub> (MPa)	Is 60 P.L.T.		Coeff.
Medio alta	>58	>250	>10		15
Alta	44-58	110-250	4-10		10-15
Medio - alta	32-43	60 - 110	2-4		6-10
Moderata	12-31	20 - 60	1-2		3-6
Bassa	<12	10-20	<1		2-3
Molto bassa	0	<10			1

prove sclerometriche												
disc.	orient.	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	MPa
1												
2												
3												
4												
5												

R2 - RQD			
Qualità	%	g (cm)*	Coeff.
Eccellente	90-100	>19	18-20
Buona	75-90	10,9-19	15-18
Discreta	50-75	6-10,5	10-15
Bassa	25-50	3,5-6	6-10
Molto bassa	<25	<3,5	3-6

Correlazione tra RQD%, discontinuità per rotture di ammasso (roccioso dm3) e V.R.U. (Volume Roccioso Unitario) da Peterson (1980)

\* Priest & Hudson (1978)

Modificato da Goodman & Smith 1980

R3 - SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'					
	Fam. 1	Fam. 2	Fam. 3	Fam. 4	Coeff.
Molto larga	> 1,8 m				20
Larga	0,6 - 1,8 m				12-19
Moderata	20 - 60 cm				8-12
Stretta	8-20 cm				6-8
Molto stretta	< 8 cm				5

R5 - CONDIZIONI IDRICHE AMMASSO			
Condizioni generali	Venute d'acqua per 10 m di lunghezza (l/min)	σ <sub>w</sub> /q <sub>h</sub>	Coeff.
Asciutta	nessuna	0	15
Umida	<10	<0,1	10
Bagnata	10-25	0,1-0,2	7
Stitfida	25-125	0,2-0,5	4
Venute	>125	>0,5	0

R4 - CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'					
	Fam. 1	Fam. 2	Fam. 3	Fam. 4	Coeff.
PERSISTENZA	Molto bassa	< 1 m			6
	Bassa	1 - 3 m			4
	Media	3 - 10 m			2
	Alta	10 - 20 m			1
	Molto alta	> 20 m			0
x = si estende oltre la parte visibile - r = termina in roccia - d = termina contro un'altra discontinuità					
APERTURA	molto chiusi	nessuna			6
	chiusi	< 0,1 mm			5
	moderat. aperti	0,1 - 1,0 mm			4
	aperti	1 - 5 mm			1
	molto aperti	> 5 mm			0
RUGOSITÀ	molto rugose	15-18 18-20			6
	rugose	12-14 14-16			5
	legg. rugose	8-10 10-12			3
	plane	4-6 6-8			1
	levigate	0-2 2-4			0
REMPIMENTO	Nessuno				6
	compatto < 5mm				5
	Compatto > 5mm				3
	Scolto < 5mm				1
	scolto > 5mm				0
ALTERAZIONE	Non alterata				6
	Leggermente alterata				5
	Moderatamente alterata				3
	Altamente alterata				1
	Suolo residuale				0

R6 - CORREZIONE PER L'ORIENTAZIONE				
Immersione	parallela all'asse galleria	reggipoggio	45-90	0
		franaoggio	20-45	-2
	perpendicolare all'asse galleria	reggipoggio	45-90	-10
		franaoggio	20-45	-12
Qualsiasi		<20	-10	

RMR - BIENIAWSKI (1989)		
PARAMETRI		COEFF.
Resistenza roccia intatta	R1	
Rock Quality Designation (R.Q.D.)	R2	
Spaziatura discontinuità	R3	
Condizioni delle discontinuità	R4	
Presenza di acqua nella roccia	R5	
Compensazione orientazione	R6	

RMR				
CLASSE DI BIENIAWSKI				
I ottima	II buona	III discreta	IV scadente	V molto scad.
100-81	80-61	60-41	40-21	< 20

RMR base (secco)	
GSI = RMR base (secco) - 5 =	

RAPPORTO LITOLOGIA 1/LITOLOGIA 2	1 =
	2 =

CONVERGENZE	
INSTABILITA'	
TIPO DI SCAVO	

NOTE	
------	--

	OPERA: <input style="width: 100%;" type="text"/>																																																					
	DATA: <input style="width: 100%;" type="text"/>	RILIEVO N°: <input style="width: 100%;" type="text"/>																																																				
		PROG. NAT. (m): <input style="width: 100%;" type="text"/> PROG. ASS. (m): <input style="width: 100%;" type="text"/>																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">STRUCTURE</th> <th colspan="5" style="text-align: center;">SURFACE CONDITIONS</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">VERY GOOD</th> <th style="width: 10%;">GOOD</th> <th style="width: 10%;">FAIR</th> <th style="width: 10%;">POOR</th> <th style="width: 10%;">VERY POOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td colspan="5" style="text-align: center;">                     DECREASING SURFACE QUALITY →                 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">90</td> <td style="text-align: center;">80</td> <td style="text-align: center;">70</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">80</td> <td style="text-align: center;">70</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">70</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">40</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">40</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </tbody> </table>	STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS					VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR		DECREASING SURFACE QUALITY →						90	80	70	60	N/A		80	70	60	50	40		70	60	50	40	30		60	50	40	30	20		N/A	N/A	N/A	N/A	10	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 90%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">↓</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center;"> </div>	DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES				↓	
STRUCTURE		SURFACE CONDITIONS																																																				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR																																																	
	DECREASING SURFACE QUALITY →																																																					
	90	80	70	60	N/A																																																	
	80	70	60	50	40																																																	
	70	60	50	40	30																																																	
	60	50	40	30	20																																																	
	N/A	N/A	N/A	N/A	10																																																	
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES																																																						
↓																																																						
Abaco per la stima di GSI	Stereogramma delle discontinuità																																																					
Panoramica del fronte o dettaglio																																																						
Panoramica del fronte di scavo.																																																						
Per l'Impresa:	Per la D.L.:																																																					

Abbildung 1

Illustrazione 1: moduli per il rilievo geomeccanico del fronte di scavo

## 7.5 SISTEMA DI MONITORAGGIO IN SUPERFICIE

Neben den beschriebenen untertägigen Messungen sind in den folgenden möglichen Einflussbereichen der Baudurchführung ergänzende obertägige Messungen durchzuführen.

- in den Eingangsbereichen mit geringer Überlagerung,
- in Vortriebsabschnitten im Schutz eines DSV-Körpers von oben und beim Vortrieb,
- im Bereich bestehender Bauwerke.

In den Abschnitten mit DSV-Vortrieb können durch das unter hohem Druck eingepresste Injektionsmaterial Hebungserscheinungen an der Geländeoberfläche hervorgerufen werden. Diese werden anhand eines ergänzenden Messprogramms aufgenommen und gegebenenfalls erforderliche Anpassungen im Vortriebsablauf vorgenommen.

Es sind grundsätzlich folgende obertägigen, geotechnischen Messungen vorgesehen:

- 3-dimensionale, geodätische Messungen von Messpunkten an der Oberfläche sowie im Bereich bestehender Straßen und Bauwerke,
- Messung von hohlraumnahen Gebirgsbewegungen oder Gebirgsverformungen mittels Extensometer-Setzungsmesser mit Faseroptik von der Oberfläche.

### 7.5.1 Ausbildung und Anordnung der Messquerschnitte

#### Abschnitt Nord

Zur Feststellung von Setzungen (Verformungen) und

## 7.5 SISTEMA DI MONITORAGGIO IN SUPERFICIE

Oltre alle stazioni di monitoraggio in sotterraneo descritte, sono da eseguire misurazioni aggiuntive in superficie nelle seguenti zone di possibile influenza della costruzione.

In questo capitolo saranno descritte sommariamente le attività di monitoraggio aggiuntive in superficie, per tutti i dettagli si rimanda alla relazione del monitoraggio all'aperto, elaborato 02-H71-AF-002-06-08-002.00.

Le aree oggetto del monitoraggio aggiuntivo in superficie sono:

- nelle zone di imbocco con poca copertura,
- nelle zone di avanzamento preconsolidate con jet grouting in avanzamento,
- nelle zone ove sono presenti opere esistenti in superficie.

Nelle aree di avanzamento con jet grouting, l'iniezione di miscela cementizie a pressione elevata possono causare fenomeni di sollevamento sulla superficie. Questi dovranno essere registrati mediante un programma di monitoraggio, in grado di apportare le modifiche necessarie ai lavori di avanzamento.

Sono previste le seguenti misurazioni geotecniche in superficie:

- Misurazioni geodetiche tridimensionali in superficie e nelle aree della strada e delle opere esistenti
- Misurazione dei movimenti dell'ammasso mediante estensimetro-assesimetro a Fibra Ottica dalla superficie

### 7.5.1 Struttura e disposizione delle sezioni di monitoraggio

La posizione e la quantità delle sezioni di misurazione nelle zone di accesso sono riportati negli elaborati relativi al monitoraggio all'aperto (elaborati 02-H71-AF-002-06-08-013.00 (nord) e 02-H71-AF-002-06-08-014.00 (sud). Nel seguito si riporta solo una descrizione sintetica.

#### Tratto nord

Per definire i cedimenti (deformazioni) e le modifiche

daraus resultierender Änderungen der Tangenten- neigungen einzelner Fahrbahnabschnitte der A22 und der SS12 aufgrund der untertägigen Vortriebs- arbeiten sind in den relevanten Bereichen 3D- Messpunkte zu versetzen.

In Abhängigkeit des Straßenverlaufs werden im möglichen Einflußbereich der Tunnelbauwerke entlang der Autobahn A22 sowie entlang der neu verlegten Staatsstraße SS12 eine Anzahl von Mess- reihen (M1 – M6), bestehend aus geodätischen 3D- Mess-punkten versetzt. Der Abstand der einzelnen Messpunkte zueinander beträgt dabei in der Regel zwischen 10 und maximal 50 m.

Ergänzend dazu werden in definierten Bereichen quer zur Vortriebsrichtung Messquerschnitte, bestehend aus jeweils 2 Stück obertägiger Mehrfach- Extensometer angeordnet.

Der Abstand der Extensometer zur Profilachse der zweigleisigen Tunnelquerschnitte beträgt unter Berücksichtigung der untertägigen DSV-Körper ca.

10-12 m.

Entsprechend den Auflagen der Genehmigungs- bescheide wird zur Beurteilung der Beeinflussung des durch die Baumaßnahmen verlegten Schmutzwasserhauptsammlers ebenfalls eine geodätische Überwachung durchgeführt.

#### Abschnitt Süd

In Abhängigkeit der Geländetopographie sowie bestehender Bauwerke (z.B. Strommasten RFI) werden im möglichen Einflußbereich der Tunnel- bauwerke im Eingangsbereich entlang der Tunnel- achse Messreihen (M1 – M4), bestehend aus geodätischen 3D- Messpunkten versetzt.

Der Abstand der einzelnen Messpunkte zueinander beträgt dabei in der Regel zwischen 10 und 20 m.

Ergänzend dazu werden unmittelbar hinter dem obertägig hergestellten DSV-Körper quer zur Vortriebsrichtung Messquerschnitte, bestehend aus jeweils 2 Stück obertägiger Mehrfach-Extensometer- Setzungsmesser mit Faseroptik angeordnet.

Der Abstand der Extensometer zur Profilachse der

risultanti alle pendenze delle singole carreggiate dell'A22 e della SS12 a seguito dei lavori di avanzamento sotterranei (cedimenti differenziali), nelle zone di rilievo devono essere collocati punti di misura 3D

Seguendo il corso stradale, nelle aree di possibile influenza della galleria lungo la A22, così come lungo la nuova SS12, verranno posizionate diverse serie di misurazione (M1 – M6), formate da punti di misurazione installati generalmente a intervalli tra 10 ed al massimo 50m.

In aggiunta, in aree definite in direzione trasversale rispetto all'avanzamento verranno installati punti di misurazione formati da 2 estensimetri multipli in superficie.

Gli estensimetri saranno posti a distanza di circa 10-12 m dall'asse della sezione della galleria a binario doppio, rispetto alla zona preconsolidata con jet grouting.

Secondo le disposizioni dei provvedimenti autorizzativi, per valutare l'influenza sul collettore fognario principale realizzato nell'ambito degli interventi di costruzione, viene eseguito un monitoraggio geodetico.

#### Tratto sud

Seguendo la topografia del territorio e le opere esistenti (per es. tralicci della RFI), nelle aree di possibile influenza della galleria, presso le zone di imbocco, verranno posizionate lungo l'asse delle gallerie delle serie di punti di misurazione (M1 – M4), formate da punti di misurazione geodetica 3D.

I punti di misurazione saranno installati generalmente a distanze tra 10 e 20 m.

In aggiunta, direttamente dietro alla struttura di jet grouting realizzata dalla superficie, trasversalmente alla direzione dell'avanzamento, verranno installati punti di misurazione formati da due estensimetri-assestimetri a fibra ottica installati dalla superficie.

Gli estensimetri saranno posti a distanza di circa 9,5 m

eingleisigen Tunnelquerschnitte beträgt unter Berücksichtigung der untertägigen DSV-Körper ca.9,5 m.

dall'asse della sezione della galleria a binario singolo, in considerazione della zona preconsolidata con jet grouting

## 7.6 ZUSÄTZLICHES ÜBERWACHUNGSSYSTEM FÜR DIE TUNNELABSCHNITTE UNTERHALB DES EISACK

In Anbetracht der Empfindlichkeit und der Schwierigkeiten in Verbindung mit dem Bau der Tunnel unterhalb des Eisack, bei dem auf die Grabung in geschlossener Bauweise mit intensiven Vorkonsolidierungsmaßnahmen des Bodens mit Injektionen von Zementmörteln und mit dem Einfriersystem zurückgegriffen wird, wurden integrative Überwachungsmaßnahmen vorgesehen.

Im Einzelnen wird für jeden Abschnitt (Gleis 2, Gleis 1 und zugehörige Verbindungsgleise) Folgendes vorgesehen (siehe Ausarbeitung 02-H71-AF-002-06-08-057.1-B0115-01994-4B4-00 und 02-H71-AF-002-06-08-058.2-B0115-01995-4B4-00):

- 4 Konvergenzabschnitte der Vorverschalung Typ C
- 1 Messabschnitt für die Spannungen innerhalb der endgültigen Schale mittels Druckmesszellen und Paaren von Belastungsmessern mit Faseroptik verkettet entlang des gesamten endgültigen Schalenrings mit Temperatursausgleich.

Während der Grabungs- und Konsolidierungsphasen werden 19 Temperatursonden parallel zur Tunnelachse in einem Abstand von 2,00 m auf die Länge des Abschnittes installiert, der dem Einfrieren unterzogen wird, mit dem Ziel, zu prüfen, ob das Einfrieren des Bodens erfolgt ist und bis zum Ende der

## 7.6 SISTEMA DI MONITORAGGIO PER LE TRATTE DI GALLERIA SOTTO IL FIUME ISARCO

Considerando la delicatezza e le difficoltà connesse alla realizzazione delle gallerie sotto il Fiume Isarco, ricorrendo allo scavo a foro cieco con intensivi trattamenti di preconsolidamento del terreno al contorno con iniezioni di malte cementizie e con il sistema del congelamento, sono stati previsti degli interventi integrativi di monitoraggio.

In dettaglio per ogni tratta (Binario Pari, Dispari e relative Interconnessioni) si prevedono (vedi elaborato 02-H71-AF-002-06-08-057.1-B0115-01994-4B4-00 e 02-H71-AF-002-06-08-058.2-B0115-01995-4B4-00):

- N°4 sezioni di convergenza del pririvestimento Tipo C
- N°1 sezione di misura delle deformazioni/tensioni all'interno del rivestimento definitivo mediante celle pressiometriche e coppie di strain meter a Fibra Ottica concatenate lungo l'intero anello del rivestimento definitivo, con compensazione della temperatura (sezioni di monitoraggio BD8, BP8, ID1 e IP1)

Nel progetto Definitivo di Variante presentato in offerta erano previste in questa tratta anche due sezioni tipo S (celle di pressione nel rivestimento di prima fase) per ciascuna galleria. Si è ritenuto opportuno eliminare queste sezioni poiché l'installazione di questa strumentazione richiederebbe un tempo piuttosto elevato prima della posa in opera del rivestimento di prima fase, poco compatibile con le delicate condizioni di scavo di questa tratta. Si ritengono sufficienti le informazioni che saranno rilevate dalle sezioni di monitoraggio tipo C1 (convergenza).

Durante le fasi di scavo e consolidamento, saranno installate 19 sonde termometriche, parallele all'asse della galleria, con interasse di 2.00m, di lunghezza pari alla tratta sottoposta all'intervento di congelamento, con lo scopo di verificare l'avvenuto congelamento del terreno, ed il suo corretto mantenimento fino alla fine

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
Thema: MONITORING

**Dokumentinhalt:** Bericht über die Überwachungen und die Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere

Tema: Monitoraggio

**Contenuto documento:** Relazione sui monitoraggi e sulle prospezioni in galleria

Grabungsarbeiten erhalten bleibt. Diese Sensoren werden beständig abgelesen und sind direkt mit der Kontrollzentrale sowie mit einem Alarmsystem verbunden, das ausgelöst wird, wenn die erfassten Temperaturen oberhalb der kritischen Temperatur liegen, wodurch der Tunnel in Sicherheit evakuiert werden kann.

delle operazioni di scavo. Questi sensori saranno rilevati in continuo e collegati direttamente alla centrale di controllo oltre che ad un sistema di allarme che sarà azionato qualora le temperature rilevate saranno al di sopra di quella critica, consentendo l'evacuazione della galleria in sicurezza.

Per maggiori dettagli relativi alle sonde termometriche si rimanda all'elaborato 02-H71-AF-002-06-06-001.0-B0115-01930-RT5-00 - "Galleria principale ed interconnessioni sotto il Fiume Isarco - Relazione tecnica"

Zum Kontrollieren der Entwicklung der Spannungen und Verformungen in der endgültigen Schale in Längsrichtung der Tunnel, die durch eventuelle Zugwirkungen des Unterbettes des Eisack verursacht sind, wird dagegen die Installation von zwei Ketten von Extensometern mit Faseroptik, die in Längsrichtung (parallel zur Tunnelachse) auf Höhe der Zentrenebene an den beiden Seitenwänden angeordnet sind. (Sezione tipo L)

Per controllare invece lo sviluppo delle tensioni e deformazioni nel rivestimento definitivo in senso longitudinale alle gallerie, causate da eventuali effetti di trascinamento del subalveo del Fiume Isarco, si prevede l'installazione di due catene di estensimetri a Fibra Ottica, disposte lungitudinalmente (parallele all'asse della galleria) all'altezza dei Piano dei Centri sui due paramenti. (Sezione tipo L)



## 8

## 8 CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

Per il monitoraggio geotecnico delle opere in sotterraneo, come descritto nei capitoli precedenti, si prevedono attività di tipo manuale (misure topografiche di convergenza e rilievi geomeccanici dei fronti di scavo), e attività con strumentazione dotata di sensori automatici. Nel Progetto Definitivo di variante presentato in sede di offerta, sono stati proposti quali elementi migliorativi i sensori a fibra ottica poiché, a differenza dei comuni sensori elettrici, risultano più resistenti e soprattutto immuni dalle interferenze elettromagnetiche create dalla linea di alta tensione del treno, oltre ad altri vantaggi di carattere operativo (maggiore facilità di cablaggio e di inserimento nel mezzo da monitorare).

Nei paragrafi seguenti si riportano le caratteristiche e specifiche tecniche della strumentazione prevista, topografica e a fibra ottica. Tuttavia, considerata l'evoluzione molto veloce di questa tipologia di strumentazione, l'Appaltatore potrà proporre in fase costruttiva l'impiego di sensori con caratteristiche differenti da quelle proposte, purché approvati dalla Direzione Lavori e dal Progettista, senza così precludere la possibilità di impiegare dispositivi più evoluti rispetto a quelli conosciuti al momento della protezione esecutiva.

### 8.1

### 8.1 STRUMENTI TOPOGRAFICI

Per le misure di convergenza del rivestimento di prima fase (sezione tipo C) e definitivo (sezione tipo P), saranno impiegate stazioni totali di tipo topografico, con le seguenti caratteristiche:

- Principio di Misura: Puntamento ottico e misurazione elettronica (angoli e distanze)
- Precisione sistema collimazione automatica:  $\leq 1$  mm a 200 metri
- Precisione lettura angolare: 1"
- Precisione misura della distanza: 1 mm + 2 ppm

### 8.2

### 8.2 SENSORI A FIBRA OTTICA

Die vorgeschlagenen Verformungssensoren basieren hauptsächlich auf der Faseroptik-Technologie. Unter den verschiedenen Typen von Sensoren mit Faseroptik, die in den letzten Jahren für Überwachungsanwendung

I sensori di deformazione e pressimetrici proposti per questo progetto, si basano sulla tecnologia in fibra ottica. Tra i diversi tipi di sensori a fibra ottica sviluppati negli ultimi anni per applicazioni di monitoraggio di

für Verformungen entwickelt wurden, werden die Sensoren mit Bragg-Netz (FBG) wegen ihrer Leistungen am häufigsten verwendet, da sie

- sich leicht in das Material einfügen lassen, das zu überwachen ist.
- Sie können in Serie und parallel geschaltet werden, um eine Raummatrix zu bilden.
- Sie haben eine sehr gute Linearität und sind für Breitenschwankungen der Signale unempfindlich.
- Sie sind in schwierigen Umgebungen hoch widerstandsfähig und immun gegen elektromagnetische Felder e kompensasti in temperatura.

Außerdem ist die Wahl der Technologie von Sensoren mit Faseroptik vom Typ FBG auch durch die Möglichkeit begründet, Überwachungssysteme zu bauen, die im Dauerbetrieb und langfristig sowohl für die Überwachung von dynamischen wie auch quasi-statischen Verformungen mit hoher Auflösung, Genauigkeit und Stabilität auf einen langen Zeitraum eingesetzt werden können.

Die Technologie ermöglicht äußerst einfache Verkabelungen, die gering invasiv sind und die Verbindung der Sensoren untereinander selbst in großer Anzahl möglich machen mit einer einzigen Faser in der Konfiguration WDM (Wavelength Division Multiplexing), wodurch das System in der Tat weniger invasiv gegenüber dem Bauwerk ist, was vor allem der Abdichtung zugute kommt.

Die Schnittstelle zum Abfragesystem wird mittels einknotigen Faseroptiken vom Typ SMF28 erreicht, die an das Abfragesystem mittels Steckverbindern attraverso varie tipologie di connettori.

Die Sensorenmatrix FBG muss mit einknotigen Faseroptiken gebaut werden, die zwischen 1500 und 1650 nm arbeiten mit einer Dämpfung von weniger oder gleich 0.25dB/Km. Il periodo del reticolo di Bragg dovrà avere una risoluzione dell'ordine di 0.1 nm.

Alle Messinstrumente müssen vor dem Installieren geeicht werden; es muss ein Eichzertifikat ausgestellt werden, aus dem die Kennwerte des Gerätes und der Instrumente für die Eichung, Datum und Name des Eichbeauftragten hervorgehen.

Das vorschriftsmäßige Funktionieren jedes Messgerätes ist vor dem Installieren und nach der Montage

deformazioni, i sensori a reticolo di Bragg (FBG) sono i più utilizzati grazie alle loro prestazioni in quanto

- possono essere facilmente incorporati nel mezzo da monitorare
- possono essere interconnessi in serie e in parallelo per formare matrici spaziali
- godono di ottima linearità e sono insensibili alle fluttuazioni di ampiezza dei segnali
- sono altamente resistenti in ambienti difficili e immuni ai campi elettromagnetici e compensasti in temperatura.

Inoltre la scelta della tecnologia dei sensori in fibra ottica di tipo FBG è motivata anche dalla possibilità di realizzare sistemi di monitoraggio che operano continuamente ed a lungo termine, sia per il monitoraggio di deformazioni dinamiche che quasi-statiche, con grande risoluzione, accuratezza e stabilità su lungo periodo.

La tecnologia consente cablaggi estremamente semplici e poco invasivi consentendo l'interconnessione dei sensori, anche in numero elevato, su una unica fibra in regime WDM (Wavelength Division Multiplexing), rendendo di fatto il sistema meno invasivo rispetto all'opera, soprattutto nei confronti dell'impermeabilizzazione.

L'interfaccia con il sistema d'interrogazione è realizzato attraverso fibre ottiche monomodali del tipo SMF28 collegate al sistema di interrogazione attraverso varie tipologie di connettori.

La matrice di sensori FBG dovrà essere realizzata con fibre ottiche monomodali che operano tra 1500 e 1650 nm, con una attenuazione minore o uguale a 0.25dB/Km. Il periodo del reticolo di Bragg dovrà avere una risoluzione dell'ordine di 0.1 nm.

Tutti gli strumenti dovranno essere tarati prima dell'installazione, e dovrà essere redatto un certificato di taratura riportante gli estremi identificativi dell'apparecchio e della strumentazione usata per la taratura, la data ed il nome dell'operatore.

Il corretto funzionamento di ogni strumento dovrà essere verificato prima dell'installazione ed a montaggio

zu prüfen.

Die Instrumente, bei denen sich im Zuge der Abnahme herausstellt, dass sie nach dem Installieren nicht perfekt funktionieren, müssen vom AN ersetzt werden, auch durch Installieren neuer Instrumente, die möglichst nah an den mangelhaften Instrumenten positioniert werden.

Bezüglich der detaillierten Beschreibung der Messinstrumente, und zwar Trigonometrische Messungen – Totalstationen Trigonometrischen Messungen – Zielmarken und Prismen wird auf das Kapitel 5.2.2.4 des Berichtes 02-H71-AF-002-06-08-002.00 [3] verwiesen.

#### **8.2.1 Druckmessgeber tangential/ radial con trasduttori in fibra ottica (FBG) – (Tipo S e Tipo P)**

Die Spannungsaufnehmer mit hydraulischem Druckkissen und in fibra ottica Druck-sensoren dienen zur Messung von Kontakt- und Betonspannungen innerhalb der Spritzbetonschale sowie der Ortbetonauskleidung.

Die Messung erfolgt optisch und automatisiert.

Il rilevamento è ottico può essere automatizzato mediante l'interrogatore automatico, o manuale mediante un interrogatore portatile manuale.

- Messbereich Radialdruckgeber: <50 bar
- Messbereich Tangentialdruckgeber: <200 bar
- Risoluzione:  $\pm 0.05\%$  F.S.
- Accuratezza:  $\pm 0.25\%$  F.S.
- Überlast: 50% v.E.

#### **8.2.2 Verformungssensoren mit Faseroptik Estensimetri multibase (Tipo E), catene estensimetriche da calcestruzzo (Tipo P e Tipo L)**

avvenuto.

Gli strumenti che nel corso del collaudo svolto dopo l'installazione risultino non perfettamente funzionanti dovranno essere tempestivamente sostituiti a cura dell'appaltatore anche attraverso l'installazione di nuovi strumenti in posizione il più possibile prossima a quelli difettosi.

Per una dettagliata descrizione degli strumenti di misurazione topografiche – stazioni totali Misurazioni trigonometriche – target riflettenti e prismi si rimanda alla relazione 02-H71-AF-002-06-08-002.00 [3].

#### **8.2.1 Celle di pressione tangenziali / radiali con trasduttori in fibra ottica (FBG) – (Tipo S e Tipo P)**

I rilevatori di pressione con celle idrauliche e con trasduttori di pressione in fibra ottica servono per monitorare le tensioni di contatto e del calcestruzzo all'interno del guscio di spritzbeton (sezioni tipo S) nonché del rivestimento definitivo (sezioni tipo P).

Il rilevamento è ottico può essere automatizzato mediante l'interrogatore automatico, o manuale mediante un interrogatore portatile manuale.

I requisiti delle celle di carico da installare sono:

- Campo di misura celle di pressione radiale: <50 bar
- Campo di misura celle di pressione tangenziale <200 bar
- Risoluzione:  $\pm 0.05\%$  F.S.
- Accuratezza:  $\pm 0.25\%$  F.S.
- Sovraccarico: 50% FS

#### **8.2.2 Sensori di deformazione a Fibra Ottica - Estensimetri multibase (Tipo E), catene estensimetriche da calcestruzzo (Tipo P e Tipo L)**

I sensori di deformazione sono previsti negli estensimetri multi base per il monitoraggio del terreno (sezioni tipo E) e per il monitoraggio del rivestimento definitivo (sezioni tipo P ed L). Per quest'ultime si prevede la realizzazione di catene di estensimetri disposti all'interno del rivestimento definitivo, formanti due anelli completi in intradosso ed estradosso (sezione

tipo P), o disposti longitudinalmente lungo le gallerie all'altezza del piano dei centri (sezioni tipo L – sottoattraversamento del fiume isarco).

Tutti questi sensori saranno dotati anche di rilevatore della temperatura per la compensazione delle misure di deformazione.

Per le catene di estensimetri si potranno utilizzare sensori tipo "GFRP", ossia sensori a fibra ottica disposti in serie all'interno di un tubo flessibile in fibra di vetro di piccolo diametro (0.9 – 5.0 mm), facilmente installabile all'interno del calcestruzzo del rivestimento definitivo (vedi Illustrazione 2).

Questa strumentazione è in grado di registrare le piccole deformazioni che avvengono all'interno del rivestimento definitivo, e sarà possibile ricavare le tensioni agenti in intradosso ed estradosso applicando il modulo elastico del calcestruzzo.

L'interdistanza dei sensori all'interno della catena sarà di circa 2.00 m per le sezioni tipo P, e di circa 3.00 m per le sezioni tipo L.

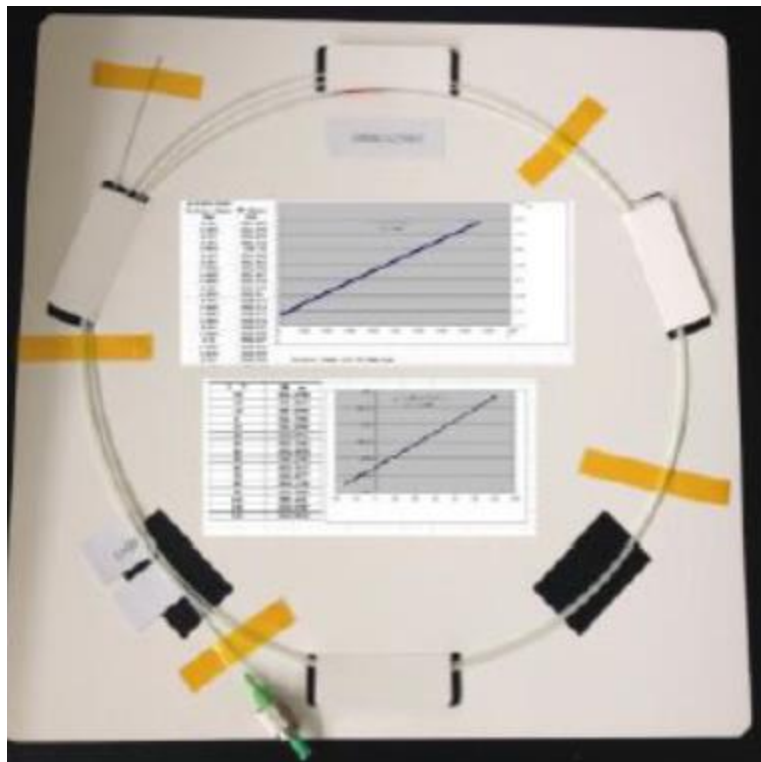


Abbildung 2

Illustrazione 2: Sensori tipo GFRP

- Interdistanza sensori: 2.00 m circa (sezioni tipo P)
- Interdistanza sensori: 3.00 m circa (sezioni tipo L)

P), 3.00 m circa (sezioni tipo L)

- Anwendbarer Belastungsbereich. +/- 2500 µε;
- Empfindlichkeit in Wellenlänge auf die ausgeübte Verformung: 1.2 pm/ µε;
- Range lunghezza d'onda: 1460 – 1620
- Riflettività > 70%
- Betriebstemperaturbereich (°C): -40+120
- Realizzato in fibra di vetro flessibile;
- Pigtail-Länge: 1 m an beiden Enden mit Schutz aus Glasfaserkabel zu 1 mm;
- Faser: kompatibel mit SMF28;
- Betriebswellenlänge: ist im Bereich von 1516 - 1588 nm in Schritten zu 4 nm zu finden;
- Steckverbinder FC/APC an beiden Enden und Schutz am Steckverbinder.

P), 3.00 m circa (sezioni tipo L)

- Range strain applicabile: +/- 2500 µε;
- Sensibilità in lunghezza d'onda alla deformazione applicata: 1.2 pm/ µε;
- Range lunghezza d'onda: 1460 – 1620
- Riflettività > 70%
- Range operativo di temperatura (°C): -40 +120;
- Realizzato in fibra di vetro flessibile;
- Lunghezza pigtail: 1 m su entrambe le terminazioni con protezione in cavo in fibra di vetro da 1 mm;
- Fibra: compatibile con SMF28;
- Lunghezza d'onda operativa: da individuare nel range 1516 – 1588 nm con step di 4 nm;
- Connettore FC/APC su entrambe le terminazioni e protezione sul connettore.

## 9

### 9.1 EINBAU UND DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

Der Einbau der jeweiligen Messgeräte hat entsprechend den zugehörigen Planunterlagen (Siehe Pläne 02-H71-AF-002-06-08-050.00 bis 02-H71-AF-002-06-08-061.00) sowie den Beschreibungen im Leistungsverzeichnis gemäß den Einbauvorschriften des Geräteherstellers zu erfolgen.

Alle vom AN beizustellenden zum Einsatz gelangenden Messgeräte bedürfen vor dem Einbau der Zustimmung durch die Bauleitung.

Der Einbau der Messgeräte erfolgt durch den AN unter Anleitung eines von der BL beigestellten Fachmannes.

Sämtliche Tätigkeiten müssen von qualifizierten und eigens geschulten Mitarbeiter vorgenommen werden.

15 Tage vor Aufnahme der Arbeiten teilt der AN der BL

## 9 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

### 9.1 INSTALLAZIONE E SVOLGIMENTO DELLE MISURAZIONI

L'installazione dei dispositivi di rilevamento deve avvenire in ottemperanza alla relativa documentazione di progetto (Vedi tavole da 02-H71-AF-002-06-08-050.00 a 02-H71-AF-002-06-08-061.00), così come alle descrizioni dell'elenco prestazioni e come da indicazioni di posa da parte del produttore dei dispositivi stessi.

Prima di essere installati, tutti gli apparecchi di misurazione devono essere approvati dalla Direzione lavori.

Le sezioni di convergenza (sezioni tipo C e C1), dovranno essere installate con la frequenza definita nel paragrafo 7.3.2 e nei relativi elaborati grafici, in funzione della classe di scavo.

Le sezioni di monitoraggio saranno installate alle progressive riportate nelle Tabella 1 a Tabella 4 del paragrafo 7.3.2 e nei relativi elaborati grafici.

Le sezioni di monitoraggio sono correlate a differenti fasi esecutive della galleria:

- ammasso roccioso (Tipo E);
- rivestimento di prima fase (Tipo S);
- rivestimento definitivo (Tipo P e L).

Gli strumenti saranno quindi installati in tempi differenti, talora con intervalli di tempo considerevoli. Le letture della strumentazione non dovranno attendere il completamento della sezione di monitoraggio, ma dovranno cominciare appena dopo l'installazione di ciascuna tipologia di strumentazione. Tutti i sensori saranno di volta in volta cablati alla scatola di derivazione di ciascuna sezione di monitoraggio, dalla quale sarà possibile eseguire le letture manuali mediante interrogatore portatile, e, quando disponibile, collegare la sezione di monitoraggio alla dorsale in fibra ottica principale di trasferimento dati.

L'installazione degli strumenti di misura sarà effettuata dall'appaltatore sotto la direzione di un tecnico incaricato dalla DL.

Tutte le operazioni di monitoraggio devono essere

den Namen des Beweissicherungs-Beauftragten mit, da die BL die Ernennung nach Maßgabe von Qualifikation und Erfahrung genehmigen muss.

Die Messgeräte und Messstrecken sind für die Durchführung der Messungen freizuhalten. Dies gilt insbesondere für automatisierte Messungen, bei denen bei jeder Messung die Bauleitung automatisch per Email informiert werden muss, wenn eine oder mehrere Messstrecken nicht messbar sind.

eseguite da personale qualificato ed appositamente addestrato.

L'Appaltatore deve provvedere, attraverso interventi adeguati, alla protezione degli impianti di misurazione da danni dovuti ai lavori, dalle azioni di terzi, e dagli influssi atmosferici, soprattutto d'inverno.

Gli strumenti e le tratte di misurazione devono essere tenuti liberi per consentire l'esecuzione delle misurazioni. Questo vale, soprattutto, per le misurazioni automatizzate, per le quali, nel caso d'impossibilità a misurare uno o più tratti, sussiste l'obbligo d'informare la Direzione Lavori in automatico via e-mail, per ogni misurazione.

Gli strumenti per la misurazione degli spostamenti del contorno del profilo di scavo devono essere installati direttamente dietro il fronte di scavo

## 9.2 MESSHÄUFIGKEIT

Im Regelfall hat der Einbau der geotechnischen Messeinrichtungen zum frühest möglichen Zeitpunkt zu erfolgen.

Die Messhäufigkeit ist, wenn erforderlich, den Erfordernissen des Bauablaufes, der Geotechnik sowie der Beurteilung vor Ort anzupassen.

Sämtliche Nullmessungen werden unverzüglich nach dem funktionsfähigen Einbau der Messgeräte durchgeführt, jedenfalls aber noch vor dem nächsten Abschlag.

### 9.2.1

Die Verformungsmessquerschnitte (Typ C bzw. Typ C1) sind bis zu einem Abstand von 50 m hinter der Ortsbrust mindestens 1x täglich (bei Erfordernis 2x täglich) und in einem Abstand von 50 bis 100 m mindestens jeden 2. Tag zu messen.

Bei einem Abstand >100 m zur Ortsbrust erfolgt die Messung der Verformungsmessquerschnitte nach Erfordernis in Abhängigkeit der Entwicklung der Deformationen, jedoch mindestens 2x wöchentlich. Nach Abklingen der Verformungen wird der zeitliche Abstand der Messungen auf 1x pro Woche ausgedehnt

## 9.2 FREQUENZA DELLE MISURAZIONI

Di regola gli impianti di misurazione geotecnica devono essere installati il prima possibile.

La frequenza di misurazione deve essere adeguata, se necessario, alle esigenze dei lavori e della geotecnica e alla valutazione in situ.

Tutte le misurazioni di zero saranno svolte immediatamente dopo l'installazione e le messe in funzione degli strumenti di misurazione, in ogni caso prima della successiva fase di scavo.

### 9.2.1 Sezioni di convergenza (Tipo C e C1)

La misurazione delle sezioni di convergenza (tipo C ovvero tipo C1), sino a distanza di 50 m dal fronte di scavo, deve avvenire almeno una volta al giorno (se necessario anche due volte al giorno) e a distanza di 50-100 m almeno una volta ogni 2 giorni.

Se la distanza è >100 m dal fronte di scavo la sezione di convergenza viene misurata, in relazione all'evoluzione delle deformazioni secondo necessità e, in ogni caso, almeno due volte alla settimana.

Dopo l'esaurimento delle deformazioni l'intervallo tra le misurazioni viene esteso a 1 settimana.

### 9.2.2

Je nach den geomechanischen Merkmalen des durchquerten Kontextes wird folgende Häufigkeit der Vermessungen vorgesehen.

- Rilievi speditivi
  - Für die Vortriebsklassen VA1 (A0), VA2 (A1) eine Vermessung alle 15/20 m.
  - Für die Vortriebsklassen VB1 (A2), VB2 (B0) eine Vermessung alle 10/15m.
  - Für die Vortriebsklassen VB3 (B0V), VB4 (B2V) und VE (C1) eine Vermessung bei jedem Vortriebsfeld (5/10 m bei VB3 (B0V), VB4 (B2V) und 5/7 m bei VE (C1),
  - eine Vermessung alle 5 m der Grabung für den Abschnitt des natürlichen Tunnels mit Konsolidierung von oben und im Abschnitt unterhalb des Eisack.
- Rilievi geostrutturali di dettaglio
  - Für die Vortriebsklassen VA1 (A0), VA2 (A1) eine Vermessung alle 25/30 m.
  - Für die Vortriebsklassen VB1 (A2), VB2 (B0) eine Vermessung alle 15/20 m.
  - Für die Vortriebsklassen VB3 (B0V), VB4 (B2V) und VE (C1) eine Vermessung bei jedem Vortriebsfeld (10 m bei VB3 (B0V), VB4 (B2V) und 7 m bei VE (C1),
  - eine Vermessung alle 10 m der Grabung für den Abschnitt des natürlichen Tunnels mit Konsolidierung von oben und im Abschnitt unterhalb des Eisack.

Die Häufigkeit der geomechanischen Vermessungen der Stollenvorderseite kann im Lauf des Baus je nach besonderen geomechanischen Bedingungen des Bodens oder auf Verlangen der Arbeitsleitung geändert werden.

### 9.2.3

### 9.2.2 Rilievi geomeccanici del fronte di scavo

In funzione delle caratteristiche geomeccaniche del contesto attraversato si prevede la seguente frequenza dei rilievi:

- Rilievi speditivi
  - Per le classi d'avanzamento A0, A1 un rilievo ogni 15/20m
  - Per le classi d'avanzamento A2, B0 un rilievo ogni 10/15m
  - Per le classi d'avanzamento B0V, B2V e C1 un rilievo ogni campo d'avanzamento 5/10m per B0V, B2V e 5/7m per C1
  - un rilievo ogni 5m di scavo per il tratto di galleria naturale con consolidamento dall'alto e nel tratto sotto il Fiume Isarco
- Rilievi geostrutturali di dettaglio
  - Per le classi d'avanzamento A0, A1 un rilievo ogni 25/30 m
  - Per le classi d'avanzamento A2, B0 un rilievo ogni 15/20 m
  - Per le classi d'avanzamento B0V, B2V e C1 un rilievo ogni campo d'avanzamento 10m per B0V, B2V e 7m per C1
  - un rilievo ogni 10 m di scavo per il tratto di galleria naturale con consolidamento dall'alto e nel tratto sotto il Fiume Isarco

La frequenza dei rilievi geomeccanici del fronte di scavo potrà essere variata in corso d'opera, in funzione di particolari condizioni geomeccaniche del terreno, o su richiesta della DL

### 9.2.3 Sezioni di monitoraggio (Tipo E, S, P e L)

Tutti i sensori in fibra ottica delle sezioni di monitoraggio, fino a quando non sarà disponibile il sistema centralizzato di gestione del monitoraggio (dorsale principale di trasferimento dati), saranno letti manualmente mediante interrogatore portatile collegato



alla scatola di derivazione, di cui ciascuna sezione di  
 monitoraggio sarà provvista.

Nella tabella seguente si riportano le frequenze di  
 lettura di ciascuna sezione tipo di monitoraggio sia in  
 caso di letture manuali, sia automatiche, in funzione dei  
 giorni dall'installazione.

Nei primi giorni dopo l'installazione si dovranno eseguire  
 più letture al giorno, per poter essere sicuri del corretto  
 funzionamento dei sensori.

sezione tipo di monitoraggio		E	S	P	P	P	L
		<b>Estensimetri multibase (3-6-9m)</b>	<b>Celle di pressione spritz beton</b>	<b>Celle di pressione riv. Def.</b>	<b>Punti di misura topog. (riv. def.)</b>	<b>Catena estensimetri in serie FBG - [m]</b>	
Frequenza letture	manuali	0-15 gg	1/g		1/g	1/g	
		16-30 gg	3/w		3/w	3/w	
		30 - 365 gg	1/w		1/w	1/w	
		> 365 gg	1/m		1/m	1/m	
	automatiche	1/12h		-	1/12h		
Misrazione geotecnica		Deform. ammasso roccioso	Tensione spritz beton	Tensione riv. def.	Deform. riv. def.	Deform./tensi one riv. def.	Deform. Long. galleria

Tabella 5

Tabella 5: Frequenza di lettura della strumentazione delle  
 sezioni di monitoraggio

Nella tabella seguente si riepilogano tutte le sezioni di  
 monitoraggio previste con le relative quantità.

**Galleria di Base del Brennero**  
**Brenner Basistunnel BBT SE** Seite/pagina 49 von/di 72

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
 Thema: MONITORING

**Dokumentinhalt:** Bericht über die Überwachungen und die  
 Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere

Tema: Monitoraggio

**Contenuto documento:** Relazione sui monitoraggi e sulle  
 prospezioni in galleria

Sezione N°	Tipo sezione monitoraggio	Pk	Sezione tipo	Estensimetri multibase (3-6-9m)	Celle di pressione spritz beton	Celle di pressione rivest. Definitivo	Punti di misura topografica (riv. def.)	Catena estensimetri in serie FBG						L1 [m]	L2 [m]
				[n°]	[n°]	[n°]	[n°]	Bi-1 [m]	Bi-2 [m]	Bi-1+2 [n° sensori]	Be-1 [m]	Be-2 [m]	Be-1+2 [n° sensori]		
<b>BINARIO DISPARI</b>															
BD1	E+S+P	54+150	N2-DR-SMF-4.6_BO	5	10	3	3	11,25	22,80	17	12,50	23,90	18		
BD2	S+P	54+300	N2-TP-4.6_C1		10	3	3	12,50	22,85	18	14,90	26,50	21		
BD3	S+P	54+360	N2-TP-4.6_C1		10	3	3	12,50	22,85	18	14,90	26,50	21		
BD4	S+P	34+420	N2-TP-4.6_C1		10	3	3	12,50	22,85	18	14,90	26,50	21		
BD5	S+P	54+500	N2-TP-PC1		10	3	3	13,00	24,50	19	15,40	26,10	21		
BD6	S+P	54+525	N2-TP-PC2		10	3	3	14,40	25,90	20	16,90	27,50	22		
BD7	S+P	54+580	N2-TP-PC4		10	3	3	18,10	30,10	24	21,60	32,60	27		
BD8	P+L	54+649	S1-TP-IS			3	3	7,85	18,15	13	10,25	20,10	15	63,10	63,00
BD9	S+P	54+800	S1-TP_JET		10	3	3	7,85	18,15	13	9,65	19,80	15		
BD10	S+P	54+900	S1-TP_JET		10	3	3	7,85	18,15	13	9,65	19,80	15		
BD11	S+P	55+080	S1-TP-C1		10	3	3	7,85	18,15	13	10,25	21,25	16		
BD12	E+S+P	55+140	S1-TP-C1	5	10	3	3	7,85	18,15	13	10,25	21,25	16		
BD13	P	56+030	S2-DR-4.6-A1			3	3	10,90	22,75	17	12,25	23,85	18		
<b>BINARIO PARI</b>															
BP1	E+S+P	54+200	N2-TP-SMF-4.6_BO	5	10	3	3	12,45	22,85	18	14,30	24,90	20		
BP2	S+P	54+240	N2-TP-4.6_C1		10	3	3	12,50	22,85	18	14,90	26,50	21		
BP3	S+P	54+325	N2-TP-4.9_C1		10	3	3	12,60	23,15	18	15,25	26,50	21		
BP4	S+P	54+400	N2-TP-6.0_C1		10	3	3	13,90	24,25	19	16,60	27,65	22		
BP5	S+P	54+450	N2-TP-PC2		10	3	3	14,40	25,90	20	16,90	27,50	22		
BP6	S+P	54+520	N2-TP-PC3		10	3	3	16,60	28,45	23	19,75	30,65	25		
BP7	S+P	54+570	N2-TP-PC4		10	3	3	18,10	30,10	24	21,60	32,60	27		
BP8	P+L	54+659	S1-TP-IS			3	3	7,85	18,15	13	10,25	20,10	15	56,75	56,55
BP9	S+P	54+750	S1-TP_JET		10	3	3	7,85	18,15	13	9,65	19,80	15		
BP10	S+P	54+850	S1-TP_JET		10	3	3	7,85	18,15	13	9,65	19,80	15		
BP11	S+P	55+040	S1-TP_JET		10	3	3	7,85	18,15	13	10,25	21,25	16		
BP12	E+S+P	55+100	S1-TP-C1	5	10	3	3	7,85	18,15	13	10,25	21,25	16		
BP13	P	56+065	S2-DR-4.6-A1			3	3	10,90	22,75	17	12,25	23,85	18		
<b>INTERCONNESSIONE DISPARI</b>															
ID1	P+L	02+020	S1-TP-IS			3	3	7,85	18,15	13	10,25	20,10	15	62,65	62,10
<b>INTERCONNESSIONE PARI</b>															
IP1	P+L	01+747	S1-TP-IS			3	3	7,85	18,15	13	10,25	20,10	15	58,00	58,65
IP2	S+P	01+875	S1-TP_JET		10	3	3	7,85	18,15	13	9,65	19,80	15		
IP3	S+P	01+975	S1-TP_JET		10	3	3	7,85	18,15	13	9,65	19,80	15		
IP4	S+P	02+075	S1-TP-C1		10	3	3	7,85	18,15	13	10,30	21,30	16		
IP5	E+S+P	02+125	S1-TP-C1	5	10	3	3	7,85	18,15	13	10,30	21,30	16		

Tabelle 6

Tabella 6: Sezioni di monitoraggio e quantità strumenti

## 10

## 10 SCHEMA TRASMISSIONE DATI

Ad eccezione delle misure topografiche di convergenza, tutta la strumentazione prevista nel presente Progetto di Monitoraggio è dotata di sensori automatici in fibra ottica, che saranno quindi disponibili per letture automatiche anche per la fase in esercizio dell'opera. Tuttavia si vuole sottolineare che il presente Progetto di Monitoraggio si riferisce esclusivamente alla fase di costruzione dell'opera, sarà il committente (BBT-SE) a stabilire quale strumentazione continuare a rilevare in esercizio, e con quale frequenza.

I sensori a fibra ottica devono essere collegati ad una macchina di acquisizione/interrogatore (MS) che invia il fascio luminoso nella fibra, e legge le misure inviate dai sensori.

Tale stazione di misura automatica (MS - interrogatore/acquisitore per sensori a fibra ottica) è connessa mediante dorsale in fibra ottica con la rete di sensori di deformazione/temperatura dislocati lungo le sezioni della galleria (vedi elaborato 02-H71-AF-002-06-08-23.00-B0115-01747-1A6-00), e costituisce un sistema di monitoraggio integrato a lungo termine.

Ciascuna sezione di monitoraggio è dotata di una scatola di derivazione (SD) che consente le letture manuali tramite il collegamento con un interrogatore portatile, ed il cablaggio alla dorsale principale in fibra ottica, a sua volta collegata con la stazione di misura automatica (MS).

La stazione di misura automatica (MS) è una unità programmabile e dotata di memoria interna, in grado di registrare autonomamente un gran numero di misure di tutti i sensori ad essa collegati (datalogger). La MS sarà collegata ad un computer che a sua volta dialogherà con la stazione centrale di gestione dati ubicata negli uffici del campo base, tramite linea dati LAN, WI-FI o GSM. Dalla stazione centrale di gestione dati sarà possibile controllare integralmente la programmazione della MS, oltre che scaricare in tempo reale i dati memorizzati.

Considerato il numero di sensori previsti, le unità MS potranno essere più di una (il numero può variare in funzione del numero di canali di cui è dotato l'interrogatore). Nella fase finale l'unità MS sarà ubicata in corrispondenza del cunicolo trasversale 54/3 (vedi

elaborato 02-H71-AF-002-06-08-23.00-B0115-01747-1A6-00, poiché il Pozzo BPN consente l'accesso alla rete esterna GSM, e quindi garantire il collegamento con la stazione centrale di gestione dati.

In corso d'opera, le unità MS potranno essere ubicate in posti differenti da quello indicato per la situazione finale, così da poter provvedere alle misure in automatico delle sezioni di monitoraggio che saranno al momento disponibili. Qualora non vi sia disponibile alcuna via di trasmissione dati (LAN, WI-FI o GSM), l'unità sarà comunque in grado di operare autonomamente e memorizzare i dati nella memoria interna. In questo caso, lo scarico dei dati e l'aggiornamento del database della stazione centrale avverrà manualmente.

#### 10.1 EIGENSCHAFTEN DES SYSTEMA DI MISURA AUTOMATICA (MS)

Nachstehend werden die Funktions- und projektbezogenen Anforderungen der Bauteile des Kollektor-Überwachungssystems (SMC) angeführt. Dieses Kontrollzentrum besteht aus:

- Datenerfassungs- und verarbeitungseinheiten und Optischer Multiplexer für die Abfrage einer größeren Anzahl von in Serie geschalteten FBG-Sensoren;
- Einem externen Server mit folgenden Funktionen:
  - Verlaufsdatenbank mit den Ergebnissen der vom Dauerkontrollsystem durchgeführten Erfassungen;
  - "Aufzeichnung" und Speicherung von Überwachungsdaten;
  - Lokale Anzeige der Ergebnisse der Messungen mittels entsprechender Softwaretools;
  - Verwaltung und Versenden von Alarmsignalen im Fall einer Überschreitung der festgelegten Schwellenwerte;
  - Kommunikation mit der SCR (Zentralfernstation) und dem SMI (Lokale Messstation der Beschleunigungs- und Neigungsmesser).

Das Abfragesystem (CIM) muss folgende Funktionen gewährleisten:

- Übertragung von optischen Breitbandimpulsen;
- Möglichkeit der Abfrage einer Reihe von parallel geschalteten Fasern mit FBG-Sensoren über ein

#### 10.1 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MISURA AUTOMATICA (MS)

Di seguito si riportano i requisiti funzionali e progettuali della componentistica del Sistema di misura automatica (MS). Tale centro di controllo è costituito da:

- Unità di acquisizione ed elaborazione dati e Multiplexer Ottico per l'interrogazione di un maggior numero di sensori FBG connessi in serie;
- Server esterno con funzioni di:
  - DB storico sui risultati delle rilevazioni effettuate dal sistema di controllo continuativo;
  - "Recording" ed immagazzinamento dati di monitoraggio;
  - Visualizzazione in locale dei risultati delle sessioni di misura attraverso tools software dedicati;
  - Gestione ed invio di segnali di allarme in caso di superamento di limiti di soglia prefissati;
  - Comunicazione con SCR (Stazione Centrale Remota) e SML (Stazione di Misura Locale dei sensori accelerometrici/inclinometrici).

Il sistema di interrogazione (MS) dovrà provvedere alla lettura dei segnali ottici ricevuti dalla matrice di sensori FBG.

Il sistema di interrogazione (MS) dovrà garantire le seguenti funzionalità:

- Trasmissione di impulsi ottici a larga banda;
- Possibilità di interrogare una serie di fibre in parallelo con sensori FBG attraverso un sistema di

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung

Thema: MONITORING

**Dokumenteninhalt:** Bericht über die Überwachungen und die Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere

Tema: Monitoraggio

**Contenuto documento:** Relazione sui monitoraggi e sulle prospezioni in galleria

Multiplexer-System in Zeit und Wellenlänge (TDM und WDM).;

- Analyse der von den FBG-Sensoren reflektierten Signale
- Dauerüberwachung des Gesundheitszustandes der Sensoren
- Regelmäßiger Download der Datei, welche die vom Abfragesystem erfassten Daten enthält

multiplazione in tempo e lunghezza d'onda (TDM e WDM);

- Analisi dei segnali ottici riflessi dai sensori FBG
- Monitorare costantemente lo stato di salute dei sensori
- Effettuare il download periodico del file contenente i dati acquisiti dal sistema di interrogazione

Die Abfrageeinheit muss folgende technische Merkmale haben:

- Gesamtleistung größer oder gleich 23 dBm (200 mW);
- Mindeste Spektraldichte 0 dB;
- Spektrale Mindeststabilität von weniger als 0,005 dB auf einen Mittelwert von fünf Minuten;
- Anzahl von Optikkanälen für gleichzeitige Erfassung: 4;
- Messbereich der Wellenlänge: 1510 – 1590 nm; optional: Bereich erweitert auf 1460 – 1620
- Maximale Anzahl von erfassbaren Sensoren pro einzeltem Kanal: 80 (160 mit erweitertem Bereich);
- Quelle: Swept laser
- Stabilität in Wellenlänge: Typ 2 pm;
- Wiederholbarkeit in Wellenlänge: 1 pm;
- Feldfrequenz: 10 Hz;
- Dynamischer Bereich: 40 dB ;
- Automatischer Ausgleich der Wirkung der Umgebungstemperatur;
- Optische Steckverbinder: FC/APC;
- Ethernet-Schnittstelle für Datenübertragung
- Software für die Steuerung des Abfragesystems, die Analyse und die Speicherung der erfassten Daten.

L'unità di interrogazione (MS) dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Potenza totale maggiore o uguale a 23 dBm (200 mW);
- Densità spettrale minima 0 dB;
- Stabilità spettrale minima minore di 0.005 dB su una media di cinque minuti;
- Numero di canali ottici di acquisizione simultanea: 4-32;
- Range di misura della lunghezza d'onda: 1510 – 1590 nm; opzionale: range esteso a 1460 – 1620
- Numero max. di sensori acquisibili per singolo canale: 80 (160 con range esteso);
- Sorgente: swept laser;
- Stabilità in lunghezza d'onda: 2 pm typ;
- Ripetibilità in lunghezza d'onda: 1 pm;
- Frequenza di campionamento: 10 Hz;
- Range dinamico: 40 dB ;
- Compensazione automatica degli effetti della temperatura ambiente;
- Connettori ottici: FC/APC;
- Interfaccia Ethernet per trasmissione dati;
- Software per il controllo del sistema di interrogazione, per l'analisi e la memorizzazione dei dati acquisiti.

Das Verarbeitungsmodul für die Kommunikation der Abfrageeinheit mit den Fern-Kontrollsystemen muss folgende Eigenschaften haben:

- Kommunikation der Abfrageeinheit mit Fern-Kontrollsystemen über TCP/IP, RS- 232/422/485, Modbus, wireless LAN usw.
- Ermöglicht die Steuerung der Abfrageeinheit mit einer individuellen Software, die sowohl in Windows-Umgebung als auch mit Linux läuft;
- Ermöglicht das Ein-/Ausschalten des Abfragesystems über SW;
- RAM-Speicher 512 MB
- Festplatte zu 100 GB;
- Optische Steckverbinder: FC/APC;

Il Modulo di elaborazione per la comunicazione dell'unità di interrogazione con sistemi remoti di controllo dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Comunicazione dell'unità di interrogazione con sistemi remoti di controllo via TCP/IP, RS-232/422/485, Modbus, wireless LAN etc.;
- Consente il controllo dell'unità di interrogazione con software custom, sviluppati sia in ambiente Windows che Linux;
- Consente l'accensione/spegnimento del sistema di interrogazione via SW;
- Memoria RAM 512 MB;
- Hard disk da 100 GB;
- Connettori ottici: FC/APC.

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung

Thema: MONITORING

**Dokumentinhalt:** Bericht über die Überwachungen und die Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere

Tema: Monitoraggio

**Contenuto documento:** Relazione sui monitoraggi e sulle prospezioni in galleria

Die Mindestanforderungen sind folgende:

- Prozessoruhr größer als 1,06 GHz;
- RAM größer als 1 GB;
- Festplatte mit mehr als 200 GB;

Die MS muss außerdem eine eingebaute UPS-Einheit vorsehen, die eine Toleranz für Spannungsabfälle und Stromausfälle beim Kontrollzentrum gewährleisten muss. Das bringt klare Vorteile für die Betriebskontinuität des Überwachungssystems, für den Schutz der Geräte vor Überspannungen und die Möglichkeit, die Vorgangszeit zu reduzieren, die für die Datensicherung notwendig ist.

I requisiti minimi dell'unità sono i seguenti:

- Clock del processore maggiore di 1.06 GHz;
- RAM maggiore di 1 GB;
- Capacità disco rigido maggiore di 200 GB.

L'MS deve prevedere inoltre un'unità UPS integrata in grado di garantire tolleranza alle cadute di tensione ed interruzione di disponibilità di energia elettrica presso il Centro di Controllo. Ciò comporta vantaggi evidenti per la continuità di esercizio del sistema di monitoraggio, la protezione degli apparati da sovratensioni e la possibilità di ridurre il tempo di intervento necessario per il salvataggio dati.

## 11 AUSWERTUNG UND INTERPRETATION

Sämtliche Daten müssen in geordneter Form ausgewertet werden. Die durchgeführten Messungen müssen in folgenden numerischen Diagrammen und Tabellen nach der Zeit und der Distanz zur Ortsbrust dargestellt werden:

- Verschiebungen quer/vertikal/horizontal,
- Konvergenz der Messpunkte
- Konvergenzgeschwindigkeit (mm/Tag).
- Relative Verschiebungen eines jeden Messpunktes im Verhältnis zur Tiefe; Grafik der Differentialverschiebungen
- Übersicht der Differentialverschiebungen im Verhältnis zum tiefsten angenommenen Messpunkt
- Druck im Verhältnis zur Zeit
- Druck im Verhältnis zur Distanz des Messquerschnitts von der Ortsbrust mit Angabe der erfolgten Arbeitsphase
- Sämtliche Daten sind in Form von entsprechenden
- Berichten auszuwerten.

Die Art der Auswertungsdiagramme und -tabellen, die verwendeten EDV-Systeme und EDV-Programme, sind von der Bauleitung zu genehmigen. Beschriebenen detaillierten Messprogramm im Ausführungsprojekt ein Bericht mit der Beschreibung der EDV-Systeme und EDV-Programme samt Mustern der Auswertungsmöglichkeiten und den Möglichkeiten zur einfachen lückenlosen Datenübertragung der Bauleitung zur Genehmigung vorzulegen.

Die abgelesenen Messergebnisse sind in tabellarischer oder graphischer Form darzustellen; dabei sind sämtliche Informationen, die für eine korrekte Auslegung von Bedeutung sind, anzuführen. Außer Tabellen und Graphiken sind die Unterlagen auch in digitaler Form (als Datei) abzugeben, die sämtliche Messungen und die obgenannten Informationen zu enthalten hat. Diese Dateien müssen mit den handelsüblichen elektronischen Tabellenformaten kompatibel (z.B. EXCEL usw.) und so aufbereitet sein, dass sie wie vereinbart in die EDV-Systeme und in die Datenbanken des AG und der BL eingefügt werden können.

Sämtliche Daten sind weiters in einem Format auszuwerten, welches für die Einarbeitung in die

## 11 ELABORAZIONE E RESTITUZIONE DATI

Tutti i dati dovranno essere redatti in forma ordinata restituendo le misurazioni elaborate offrendo i seguenti diagrammi e tabulati numerici in funzione del tempo e della distanza del fronte:

- Spostamenti trasversali/verticali/piano,
- Convergenza dei punti di misura;
- Velocità di convergenza (mm/giorno).
- Spostamenti relativi di ciascuna base di misura in funzione della profondità, grafico degli spostamenti differenziali
- Sommatoria degli spostamenti differenziali rispetto alla base più profonda che viene ipotizzata
- Pressioni in funzione del tempo
- Pressioni in funzione della distanza dal fronte della sezione di misura con indicazione della fase lavorativa intervenuta

Tutti i dati dovranno essere restituiti redigendo opportuni rapporti.

Il tipo di diagramma e tabelle di valutazione, i sistemi ed i programmi impiegati di elaborazione elettronica dei dati, devono essere approvati dalla Direzione lavori. A tal fine, prima dell'inizio dei lavori, deve essere presentata alla Direzione lavori, al fine di approvazione, una relazione con la descrizione dei sistemi e dei programmi di elaborazione elettronica dei dati, unitamente a esempi di possibilità di analisi ed a possibilità di trasferimento semplice e completo dei dati.

Le letture degli strumenti saranno presentate in forma tabellare o grafica corredando le stesse di tutte le informazioni necessarie alla loro corretta interpretazione. Oltre al supporto tabellare e grafico si fornirà anche un supporto informatico (file) contenente tutte le misure eseguite e le informazioni di cui sopra. Tali files dovranno essere compatibili con i più comuni fogli elettronici in uso (es.: EXCEL, etc), e dovranno essere predisposti per essere integrati nei sistemi informativi e nelle banche dati del committente e della D.L, secondo quanto concordato con i suddetti soggetti.

Tutti i dati dovranno essere inoltre restituiti in formato adeguato per l'inserimento nella piattaforma di

Plattform 2doc des Auftraggebers geeignet ist. Es ist Aufgabe des AN, sämtliche von ihm automatisch erhobenen Daten in das richtige Importformat umzuwandeln, damit ein automatischer Import möglich ist.

Es ist weiters Aufgabe des AN, sämtliche von ihm erhobenen Daten einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen.

Sämtliche vom AN erhobenen Daten, sowohl „Rohdaten“ aus den Datenerfassungssystemen als auch vom AN aufbereitete Daten, sind der BL und dem Auftraggeber auch in digitaler Form zu übermitteln. Etwaige vom AN eingerichtete Datenverwaltungssysteme bedürfen jedenfalls der Ab- und Zustimmung seitens der Bauleitung.

Die Auswertung und graphische Darstellung der Messergebnisse hat umgehend und laufend zu erfolgen, um erforderlichenfalls entsprechende Gegenmaßnahmen bei großen und/oder anhaltenden Verformungen sofort einleiten und die Sicherungsmaßnahmen entsprechend anpassen zu können.

11.1

collaborazione “2doc” del Committente. È compito dell'affidatario la trasformazione di tutti i dati rilevati da lui automaticamente nel formato di import corretto, al fine di consentirne l'import automatico.

È altresì compito dell'affidatario la verifica della plausibilità dei dati da lui rilevati.

Si precisa comunque che tutti i dati acquisiti dall'affidatario, sia quelli "grezzi" provenienti dai sistemi di acquisizione dati sia quelli elaborati dell'affidatario, dovranno essere consegnati alla D.L. e al Committente anche in formato digitale. Tutti gli eventuali sistemi di gestione dei dati predisposti dell'affidatario dovranno comunque essere concordati con la Direzione Lavori e approvati da essa.

L'analisi e la rappresentazione grafica dei risultati delle misurazioni devono essere eseguiti immediatamente ed in continuo, al fine di poter adottare, se necessario, gli interventi atti a contrastare un incremento grande e/o progressivo delle deformazioni, e per un adeguamento corrispondente degli interventi di stabilizzazione.

Sulla base dei risultati delle misurazioni, potranno essere attivate tutte le procedure definite nel “Piano di gestione del rischio” (elaborato 02-H71-AF-002-06-01-020.00-B0115-04089-RT5-00).

## 11.1 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO – RUOLI E FLUSSO DELLE INFORMAZIONI

Le attività di monitoraggio prevedono misure all'aperto ed in sotterraneo di tipo manuale (rilievi geomeccanici dei fronti di scavo, misure topografiche, misure inclinometriche, etc.) e di tipo automatico (strumentazione a fibra ottica, sensori elettrici, etc.). Tale monitoraggio riguarda più nello specifico: la Linea Ferroviaria Storica esistente e spostata, la A22, la SS12, gli elettrodotti, il Fiume Isarco e le opere in sotterraneo relative alle gallerie naturali e artificiali, e Pozzi.

Il RESPONSABILE DEL MONITORAGGIO (RM) dovrà provvedere al rilievo dei dati secondo le modalità definite (tipologia, quantità, ubicazione e frequenza letture).



Il RM in caso di superamento delle soglie di avviso, allerta, valore limite (allarme) predefinite dovrà diramare l'opportuna comunicazione alla Direzione di Cantiere, alla Direzione dei Lavori, al CSE ed a BBT. BBT a sua volta valuterà l'opportunità di diramare la comunicazione, a seconda della criticità venutasi a determinare, a RFI, A22, Provincia (SS12), Comune, Protezione Civile, ENEL.

Il RM avrà anche il compito di validare, sotto gli aspetti strumentali, i dati acquisiti dal Sistema.

Inoltre, sulla base di considerazioni tecniche, della propria esperienza e delle eventuali segnalazioni dei rilevatori dovrà identificare e depurare tutti i dati ritenuti anomali, qualora presenti, dandone sempre evidenza e motivandone la classificazione.

I dati grezzi (non elaborati, filtrati e/o processati) dovranno comunque essere sempre archiviati e restare disponibili per possibili verifiche da parte di tutti i soggetti coinvolti ed autorizzati.

Il RM dovrà aggiornare giornalmente (entro le ore 12.00 del giorno successivo) il database che dovrà essere compatibile con la piattaforma "2doc" adottata da BBT, aggiornamenti a cadenza più frequente (fino al "tempo reale" o "quasi tempo reale") potranno essere previsti per la strumentazione ad acquisizione automatica (limitatamente ai dati grezzi).

Tutti i dati dovranno comunque essere trasmessi giornalmente alla DL-BBT ed al CSE, o dovrà essere data comunicazione dell'avvenuto aggiornamento del database.

La consultazione degli stessi potrà avvenire tramite piattaforma informatica da parte dei soggetti interessati (DL-BBT e CSE). DL-BBT aggiornerà, secondo modalità da loro definite, le Amministrazioni e gli Enti Gestori interessati. L'APP aggiornerà i progettisti incaricati dell'assistenza tecnica in cantiere che, in caso di necessità, potranno coinvolgere la propria sede per eventuali approfondimenti di natura progettuale. Il RM dovrà inoltre segnalare ai soggetti interessati eventuali guasti della strumentazione e situazioni che a suo giudizio richiedano attenzione (esempio misure non stabilizzate, incremento delle velocità deformative, valori agli disomogenei tra strumenti adiacenti, etc.) anche se

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
Thema: MONITORING

**Dokumentinhalt:** Bericht über die Überwachungen und die  
Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere

Tema: Monitoraggio

**Contenuto documento:** Relazione sui monitoraggi e sulle  
prospezioni in galleria

con valori ancora inferiori alle soglie di avviso, allerta,  
valore limite (allarme) definiti in Progetto.

Nella figura seguente si riporta lo schema a blocchi che  
rappresenta il flusso di dati del monitoraggio e le figure  
coinvolte.

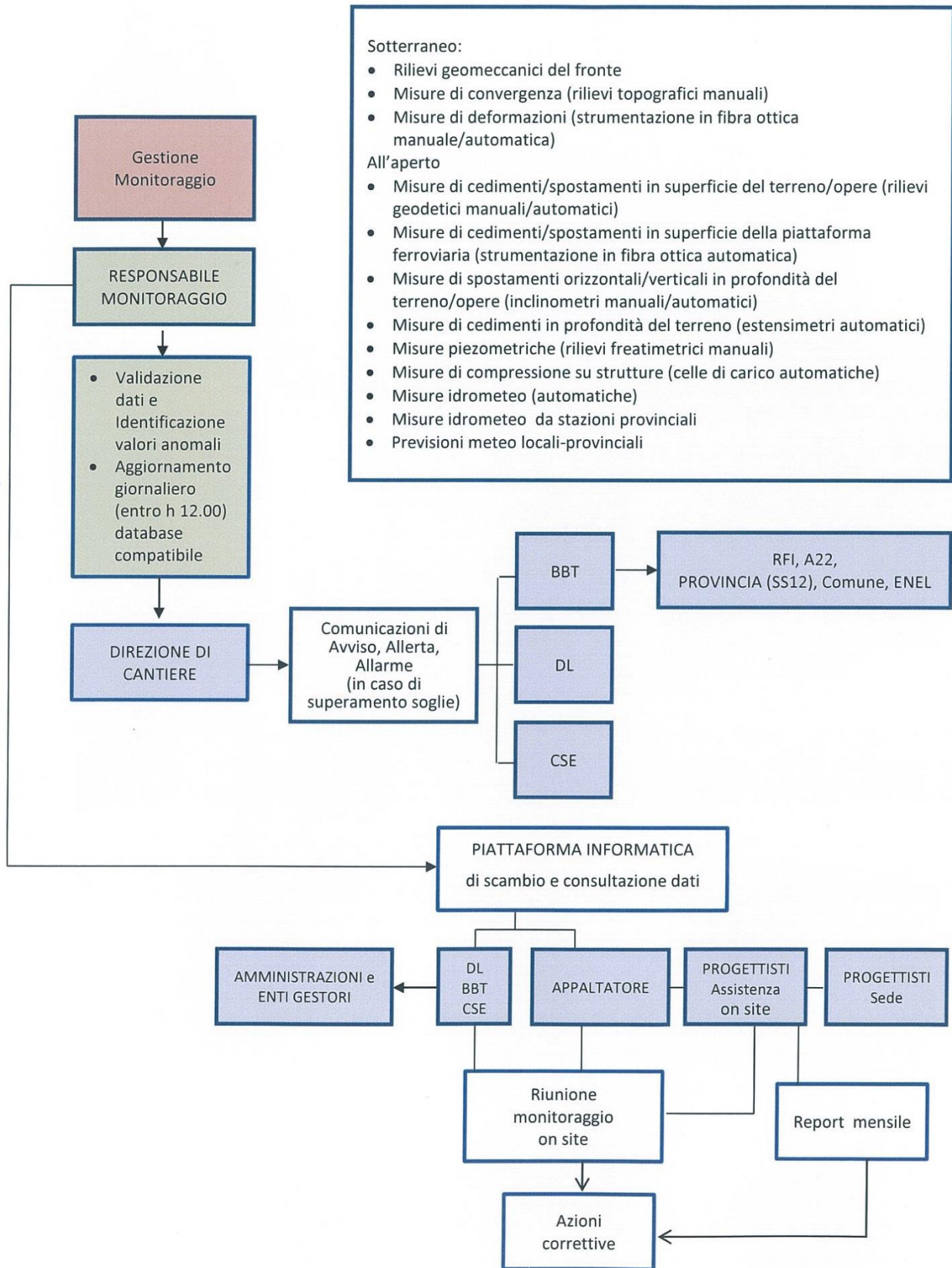


Abbildung 3

Illustrazione 3: schema flusso dati monitoraggio e figure coinvolte

## 11.2 VERFORMUNGSSCHWELLENWERTE IM VORTRIEB

## 11.2 VALORI LIMITE DELLE DEFORMAZIONI DURANTE LO SCAVO

Nella relazione 'Linea guida per l'applicazione delle sezioni tipo' (elaborato 02-H71-AF-002-06-05-013.00-B0115-01352-RT2-00), sono state descritte le situazioni che si possono riscontrare durante lo scavo delle gallerie, definendo le opportune azioni correttive come, per esempio, la variazione delle quantità degli interventi di sostegno, o il passaggio ad altra classe d'avanzamento.

Tra i criteri di valutazione dello "stato di salute" della galleria, oltre all'osservazione geologica e geomeccanica del fronte di scavo e di eventuali segni di sofferenza del rivestimento di prima fase, le misure di convergenza assumono una importanza rilevante, soprattutto confrontando le misure eseguite con le deformazioni attese.

Si riportano di seguito gli intervalli di deformazioni attese per ciascuna classe d'avanzamento, in conformità alla geometria della sezione trasversale. I valori riportati sono da intendersi come convergenza diametrale media, ossia la media delle tre corde principali materializzate dai punti inferiori sui piedritti (n° 3 e 5) e quello in chiave di calotta (n° 1). (vedi elaborato grafico 02-H71-AF-002-06-08-10.00-B0115-01734-3B2-00)

### -gleisige Querschnitte, Querschläge und Stollen:

- VKL A0-A1-A2: 20 – 30 mm
- VKL B0: 30 - 40 mm
- VKL B0V-B2V: 50 - 80 mm
- VKL C1: 50 - 70 mm

### 2-gleisige Querschnitte:

- VKL A0-A1-A2 30 – 40 mm
- VKL B0 50 - 60 mm
- VKL B0V-B2V 80 - 100 mm
- VKL C1 70 - 90 mm

### Sezioni trasversali a binario singolo, collegamenti trasversali e cunicoli

- Classe di avanzamento A0-A1-A2: 20 – 30 mm
- Classe di avanzamento B0: 30 - 40 mm
- Classe di avanzamento B0V-B2V: 50 - 80 mm
- Classe di avanzamento C1: 50 - 70 mm

### Sezioni trasversali a binario doppio

- Classe di avanzamento A0-A1-A2: 30 – 40 mm
- Classe di avanzamento B0: 50 - 60 mm
- Classe di avanzamento B0V-B2V: 80 - 100 mm
- Classe di avanzamento C1: 70 - 90 mm

Nella relazione del "piano di gestione del rischio" (elaborato 02-H71-AF-002-06-01-020.00-B0115-04089-RT5-00), con riferimento agli intervalli di convergenze diametrali medie attese sopra esposti, sono state

definite le soglie di attenzione ed allarme previste dal piano. Si riporta di seguito la tabella riassuntiva

<b>Livello di criticità</b> .....	<b>Soglie critiche</b> .....	<b>Fase operativa</b> .....
Molto basso-Basso .....	Convergenza diametrale media ai limiti inferiori dell'intervallo delle deformazioni attese per ciascuna sezione tipo di scavo .....	Generica vigilanza .....
Basso-Medio .....	Convergenza diametrale media nella media dell'intervallo delle deformazioni attese per ciascuna sezione tipo di scavo .....	Avviso .....
Medio-Elevato .....	Convergenza diametrale media ai limiti superiori dell'intervallo delle deformazioni attese per ciascuna sezione tipo di scavo .....	Allerta .....
Elevato-Molto-Estremamente elevato .....	Convergenza diametrale media maggiore dei limiti superiori dell'intervallo delle deformazioni attese per ciascuna sezione .....	Allarme .....

Tabelle 7

Die in Zusammenhang mit den durch den bergmännischen Tunnelbau betroffenen Infrastrukturanlagen A22 und RFI zu beachtenden Schwellenwerte und die zugehörigen Maßnahmen sind im Bericht Externes Monitoring 02-H71-AF-002-06-08-002.00

11.3

Tabella 7: Definizione delle soglie critiche per le misure di convergenza

In relazione alle infrastrutture di A22 e di RFI interferenti con i lavori della galleria naturale, i valori di soglia da rispettare sono riportati nella relazione sul monitoraggio esterno 02-H71-AF-002-06-08-002.00.

**11.3 VALORI LIMITE DELLE TENSIONI NEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE E DEFINITIVO**

Nel seguito si forniranno i valori attesi delle tensioni all'interno del rivestimento definitivo ed in quello di prima fase, derivati dalle verifiche di calcolo condotte per le diverse sezioni tipo delle gallerie.

Quali valori di soglia invece, si farà riferimento alle resistenze nominali  $F_{ck}$  del calcestruzzo definite per ciascuna sezione tipo d'avanzamento.

Si precisa che tali valori non rientrano nelle procedure per la gestione del rischio geomeccanico, poichè si ritiene che le convergenze rispondano meglio alle esigenze relative alla valutazione dello scavo delle gallerie. La strumentazione installata all'interno dei rivestimenti potrà fornire utili dati ed informazioni in sede

di collaudo dell'opera, e potrà essere mantenuta attiva per il monitoraggio in esercizio. In ogni caso, in sede di assistenza tecnica in corso d'opera, si potranno svolgere analisi approfondite nei casi particolari in cui la strumentazione rilevi tensioni anomale.

### 11.3.1

#### 11.3.1 Tensioni attese rivestimento definitivo

- Sezioni tipo A e B: 4.0 – 5.0 MPa
- Sezioni tipo C: 6.0 – 8.0 MPa

Tali valori sono da considerarsi medi lungo lo sviluppo dei rivestimenti definitivi, localmente si potranno accettare valori tensionali anche superiori

### 11.3.2

#### 11.3.2 Tensioni attese rivestimento di prima fase

- Sezioni tipo B: 6.0 – 7.5 MPa
- Sezioni tipo C: 4.0 – 6.0 MPa

Tali valori sono da considerarsi medi lungo lo sviluppo dei rivestimenti definitivi, localmente si potranno accettare valori tensionali anche superiori

### 11.3.3

#### 11.3.3 Valori di soglia

Quale valori di allerta ed allarme si dovranno considerare i limiti tensionali pari allo 0.45 ed allo 0.60 della resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck}$  del calcestruzzo, definita per ciascuna sezione tipo d'avanzamento (vedi "Elenco dei tipi di calcestruzzo e dei materiali di costruzione – Tabella" elaborati 02-H71-AF-002-06-03-809.00-B0115-01308-5Z0-00, 02-H71-AF-002-06-05-949.00-B0115-01917-5Z0-00, 02-H71-AF-002-06-06-417.00-B0115-01311-5Z0-1).

## 12 VORAUSERKUNDUNGSMASSNAHMEN UNTERTAGE

### 12.1 ALLGEMEIN

Es ist ein ergänzendes Erkundungsprogramm im Zuge der Bauausführung in jenen Bereichen, wo Unsicherheiten in Bezug auf die komplexe geologische, geotechnische und hydrogeologische Situation bestehen. Damit sollen abgestimmt auf die geplanten Baumethoden die Kenntnisse über Geometrie, Aufbau und Eigenschaften dieser Untergrundbereiche vertieft und ergänzt werden, so dass ein möglichst störungsfreier und sicherer Bauablauf gewährleistet werden kann. Diese Maßnahmen werden untertage, das heißt von den in Bau befindlichen Tunnelröhren aus durchgeführt.

Zweck der Vorauserkundungen ist die Überprüfung des prognostizierten geologischen und geotechnischen Modells, im speziellen die angenommenen lithologischen Grenzen, Verlauf und Ausbildung der Störungen, Menge und Eigenschaften des Bergwassers sowie die geotechnischen Eigenschaften der zu durchörternden Formationen anzupassen. Die Erkundungen werden im zweckmäßigen bzw. für die Sicherheit notwendigen Abstand zur Ortsbrust ausgeführt. Die eigentlichen Vortriebsarbeiten können in der Folge aufgrund der bestmöglich gesicherten Erkenntnisse über Beschaffenheit und Eigenschaften des aufzufahrenden Gebirges und die Überprüfung der Vortriebs- und entsprechend angepassten Bau- und Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Schwerpunkt beim gegenständlichen Vorhaben ist die Detailerkundung der Störungszone Weißenbach im Norden, vor allem deren exakte Raumlage, Mächtigkeit und Gesteinsinventar sowie der damit verbundenen Wasserzutritte.

Des Weiteren sollen auch die geringmächtige Störungszone Plungerbach sowie der genaue Verlauf der Felsoberfläche am Übergang Locker- zu Festgestein vorseilend erkundet werden.

Die Bohrlöcher dienen im Falle von Wasserführung gleichzeitig als Drainagen zur Vorausentwässerung des Gebirges während in den Abschnitten, in denen

## 12 INTERVENTI PRELIMINARI SOTTERRANEI

### 12.1 GENERALITÀ

Si prevede un programma d'indagine integrativo in corso d'opera nei tratti dove permangono delle incertezze in relazione alla complessità della situazione geologica, geotecnica ed idrogeologica. In questa maniera sarà aumentato ulteriormente, alla luce del metodo di costruzione previsto, lo stato di conoscenza circa geometria, assetto e caratteristiche di tali tratti di galleria, ai fini di uno svolgimento sicuro dei lavori e possibilmente senza problemi imprevisti. Queste prospezioni saranno eseguite in galleria ovvero a partire dalle canne di galleria in fase di costruzione.

La finalità delle indagini in avanzamento è quella di verificare il modello geologico e geotecnico pronosticato ritardando eventualmente la collocazione dei passaggi di litologia, l'andamento e le caratteristiche delle faglie, quantità e caratteristiche dell'acqua di montagna nonché verificare la caratterizzazione geotecnica delle formazioni attraversate. Le indagini saranno eseguite a distanza minima tra fronte di scavo e potenziali anomalie tale da consentire sia che le lavorazioni avvengano in sicurezza sia la taratura degli interventi di scavo e consolidamento con sufficiente anticipo. I lavori di avanzamento potranno quindi effettivamente avvenire sulla base di conoscenze il più possibile certe sulle condizioni e sulle caratteristiche dell'ammasso roccioso e dopo la verifica delle metodologie di scavo e di un conseguente adeguamento degli interventi costruttivi e di consolidamento.

Un punto fondamentale delle presenti indagini in avanzamento è la prospezione dettagliata della faglia del Rio Bianco a nord, soprattutto per quanto riguarda l'orientazione, lo spessore ed i tipi di roccia presenti nonché i rispettivi afflussi d'acqua.

Inoltre, sono da indagare in anticipo la faglia Plungerbach di modesto spessore (settore Sud), nonché la posizione precisa della superficie di contatto roccia - terreni sciolti.

In caso di presenza d'acqua, i fori di sondaggio sono da utilizzare ed attrezzare come drenaggi preventivi dell'ammasso roccioso nei tratti in cui si prevede

der Einsatz von druckdichten Querschnitten und Vortrieben unter hydrostatischen Bedingungen vorgesehen ist, die Sondierungslöcher zementiert werden, um ein Einsickern von Grundwasser zu vermeiden.

Nachfolgend werden die geplanten untertägigen Erkundungsmaßnahmen näher beschrieben.

Das geplante Erkundungsprogramm kann im Zuge der Arbeiten von der BL angepasst werden, aufgrund der effektiv angetroffenen Verhältnisse.

Effektiver Ansatzpunkt, Orientierung und Länge der Bohrungen sowie das Bohrlochversuchsprogramm werden vor Ort durch die BL festgelegt.

Al momento della redazione del presente Progetto Esecutivo di Monitoraggio, il programma lavori prevede che il binario pari sia scavato per primo. Di conseguenza le indagini sono previste per l'avanzamento dal binario pari; per il successivo binario dispari, si dovrebbe già avere raggiunto un grado di indagine sufficiente ed un sufficiente predrenaggio dove previsto.

## 12.2 ABSCHNITT NORD

### 12.2.1 Erkundungsbedarf

Es besteht folgender Erkundungsbedarf:

- Bestimmung Verlauf der Grenze Lockergestein-Festgestein
- Bestimmung Mächtigkeit und Ausbildung (Geotechnik/Wasser) der Störungszone Weißenbach
- Klärung Bergwasserdrücke, Durchlässigkeiten und Wasserführung

### 12.2.2 Erkundungsprogramm

Die Felsoberfläche wird laut Prognose in Vortriebsrichtung der Tunnelröhre schräg angefahren (in der Lage ca. 45° zur Tunnelachse, im Aufriss mit einem scheinbaren Einfallen von 30-40°).

l'impiego di sezioni tipo drenate, mentre nelle tratte in cui si prevede l'impiego di sezioni tipo a tenuta di pressione ed avanzamenti in condizioni di idrostaticismo, i fori dei sondaggi saranno cementati per evitare l'agottamento dell'acqua di falda.

Di seguito si descrivono gli interventi previsti di prospezione in sotterraneo.

Il programma di indagine previsto potrà essere adattato dalla DL, durante il corso dei lavori, a seguito della situazione effettivamente riscontrata.

La posizione definitiva delle prospezioni, la definizione di orientazione e profondità finale dei sondaggi nonché il programma delle misure e prove in foro saranno indicati sul posto dalla DL .

Al momento della redazione del presente Progetto Esecutivo di Monitoraggio, il programma lavori prevede che il binario pari sia scavato per primo. Di conseguenza le indagini sono previste per l'avanzamento dal binario pari; per il successivo binario dispari, si dovrebbe già avere raggiunto un grado di indagine sufficiente ed un sufficiente predrenaggio dove previsto.

## 12.2 TRATTO NORD

### 12.2.1 Situazione da indagare

Si ha la necessità di indagare i seguenti aspetti:

- Andamento preciso della superficie di contatto terreno sciolto - roccia
- Determinazione dello spessore e delle caratteristiche (geotecnica/acqua) della zona di faglia del Rio Bianco
- Chiarimenti sulle pressioni idrostatiche, permeabilità e venute d'acqua

### 12.2.2 Programma d'indagine

La linea della roccia sarà incontrata in direzione di avanzamento della galleria con un angolo obliquo (in pianta ca. 45° rispetto all'asse galleria, in sezione con un'inclinazione apparente di 30-40°).

La sezione tipo di scavo utilizzata per l'avanzamento in



Die Erkundungen sind zeitlich so zu planen, dass der DSV-Vortrieb möglichst wenig gestört wird.

detrito in approccio al contatto con la roccia è la classe d'avanzamento C1, che prevede l'esecuzione sia di interventi in Jetgrouting, sia di iniezioni, pertanto si presta molto bene per il passaggio roccia/detrito, potendo modulare a seconda della reale geometria del contatto le iniezioni in alternativa al jetgrouting. I tubi di iniezioni nelle porzioni in roccia saranno armati con elementi strutturali in VTR del tipo a tre piatti, così da fornire un supporto per l'ammasso roccioso fratturato.

Sono tuttavia previsti due sondaggi a distruzione di ucleo con registrazione automatica dei dati di perforazione suborizzontali, per la localizzazione della linea della roccia a partire dal tratto di terreno sciolto, lunghezza ca. 30-50 m per sondaggio (SD01 e SD02).

Le indagini sono da progettare in maniera tale da disturbare il meno possibile l'avanzamento jet-grouting.

Secondo il cronoprogramma lavori, sarà la galleria del binario pari a raggiungere per prima il contatto roccia/detrito.

La linea della roccia è assunta in asse del binario pari al km 54+250. Procedendo con l'avanzamento da sud a nord, si prevede

I sondaggi SD01 e SD02 saranno eseguiti dal km 54+280 circa (cfr. schema riportato di seguito).

La zona di faglia del Rio Bianco, dopo il raggiungimento della linea della roccia, è da indagare dal punto di vista geologico, geomeccanico ed idrogeologico tramite sondaggi a carotaggio continuo. La fine prevista della zona di faglia è al Km 54+185 del binario pari e km 54+100 del binario dispari. Dovranno essere indagate l'estensione effettiva della zona, la distribuzione core zone/damage zone, il grado di fratturazione/alterazione, venute d'acqua ecc., si prevedono i seguenti sondaggi:

- Binario Pari (Km 54+245): SC01 (carotaggio – 70m ca.), SC02 (carotaggio 40m ca.) e SD03 (diatruzione 40m ca.)

Die Kernbohrung wird subhorizontal, ca. in Tunnelachse ausgerichtet und soll möglichst den gesamten prognostizierten Störungsbereich durchhörern (230 m in Tunnelrichtung); Mindestdurchmesser Bohrloch 100 mm, Mindestdurchmesser Bohrkerne 84 mm. Diese Bohrung ist mit Preventer und Ausrüstungen

E' previsto un sondaggio suborizzontale a carotaggio continuo per attraversare l'intera zona pronosticata di faglia (SC01), lunghezza complessiva 70 m, diametro minimo del foro 100 mm, diametro minimo delle carote 84 mm. Il sondaggio è da eseguire con un preventer e attrezzature in grado di resistere e di effettuare la

vorzusehen, die es auch bei einem Wasserdruck von 10 bar ermöglichen, die vorgesehenen Bohrungen und Versuche durchzuführen.

Diese Bohrung soll möglichst in einem Mal und durchgehende ausgeführt werden, um möglichst früh Erkenntnisse über die gesamte Störungszone zu liefern. Im Falle von größeren technischen Schwierigkeiten bei der Durchführung der Bohrung kann der AN auf eigene Kosten eine Staffelung der Bohrungen in zwei oder mehrere Teilabschnitte mit ausreichender Überlappung der Bohrungen in Betracht ziehen. Dies ist aber vorab durch die Bauleitung zu genehmigen. Die daraus entstehenden Mehrkosten gehen zu Lasten des AN.

Von derselben Station aus sollen 2 Bohrungen mit je ca. 30-50 m Länge ausgeführt werden: Auf der linken Seite eine Kernbohrung nach oben und außen (ca. 20-30° nach oben und 20-30° nach - in Vortriebsrichtung gesehen - links außen) zur Erkundung der Verhältnisse über Firste bzw. außerhalb des Tunnelquerschnitts sowie eine Vollbohrung auf der rechten Seite schräg nach oben (ca. 10-15°) und 20-30° nach rechts außen.

Sofern in der langen Vorausbohrung stark gestörte und geotechnisch ungünstige Bereiche auftreten, sind (optional) beim weiteren Vortrieb zusätzliche Erkundungen im geeigneten Abstand vor Erreichen dieser Zone nach dem oben erwähnten Schema (1 Kernbohrung, 1 Vollbohrung, schräg nach oben /außen orientiert) vorzusehen

perforazione e le prove previste in presenza di pressioni idriche di 10 bar.

Questo sondaggio è previsto che venga eseguito con un unico foro per fornire il prima possibile le conoscenze sull'intera zona di faglia. In caso di grosse difficoltà nella realizzazione del sondaggio, si potrà prendere in considerazione di eseguire il sondaggio a due o più riprese con fori opportunamente sovrapposti. Sarà la DL a rilasciare l'apposita autorizzazione. Tutti gli oneri aggiuntivi che ne risultano sono a carico dell'Appaltatore.

Inoltre, dalla stessa stazione sono previsti due sondaggi aggiuntivi di ca. 40 m di lunghezza: un sondaggio a carotaggio continuo sul lato destro rivolto in alto e all'esterno (ca. 20-30° verso l'alto e 20-30° all'esterno - visto in direzione di avanzamento a sinistra) per indagare la situazione sopra la calotta ed al contorno della galleria nonché un sondaggio a distruzione sul lato destro rivolto in alto e all'esterno (ca. 10-15° verso l'alto e 20-30° all'esterno a destra).

Se nel primo sondaggio lungo suborizzontale si dovessero riscontrare tratti molto disturbati e sfavorevoli dal punto di vista geotecnico, sono da prevedere (opzionale), in posizione anticipata ai tratti interessati, indagini aggiuntive di questo tipo (1 sondaggi a carotaggio, 1 sondaggio a distruzione, inclinati verso l'alto / verso l'esterno

L'estensione prevista sul binario dispari della zona di faglia del Rio Bianco risulta decisamente maggiore rispetto a quella del binario pari, sarà pertanto necessario eseguire un sondaggio a carotaggio anche sul binario dispari. In dettaglio il sondaggio (SC03) sarà realizzato a partire dal Km 54+235, poiché si ritiene che i primi metri della zona di faglia, ossia dal contatto roccia detrito procedendo verso Nord, siano già stati indagati dallo scavo del vicino binario pari scavato prima. Il sondaggio sarà lungo 90m circa, o comunque fino al superamento della core zone della faglia.

Si riassumono di seguito i sondaggi previsti per il settore Nord (vedi schema di Illustrazione 4).

- Binario Pari (Km 54+280):
  - SD01 (distruzione, 30m ca.)

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
Thema: MONITORING

Dokumentinhalt: Bericht über die Überwachungen und die  
Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere

Tema: Monitoraggio

Contenuto documento: Relazione sui monitoraggi e sulle  
prospezioni in galleria

- SD02 (distruzione, 50m ca.)
- Binario Pari (Km 54+245):
  - SC01 (carotaggio, 70m ca.)
  - SC02 (carotaggio, 40m ca.)
  - SD03 (distruzione, 40m ca.)
- Binario Dispari (KM 54+235)
  - SC03 (carotaggio, 90m ca.)

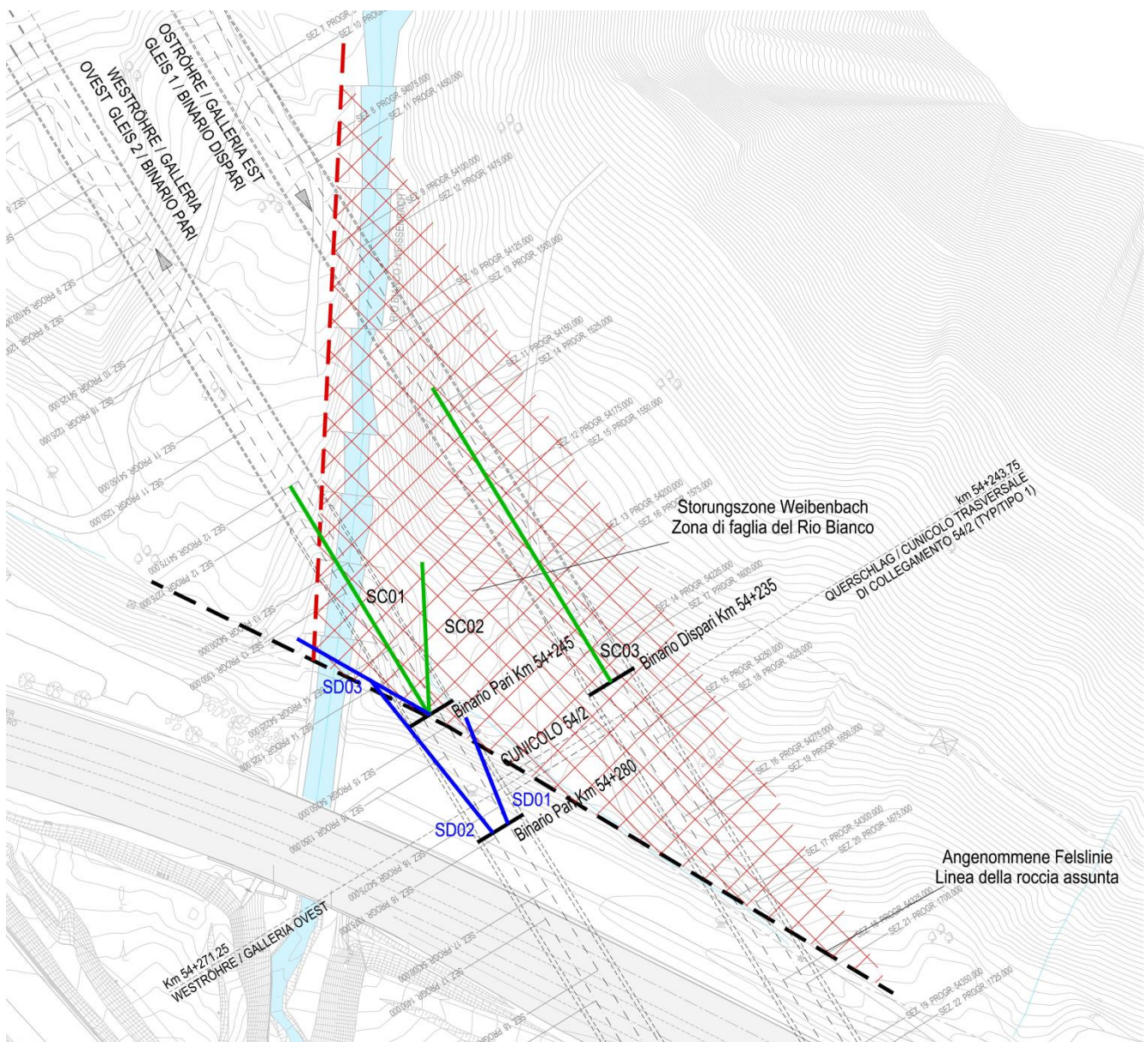


Abbildung 4 : Schema der vorgesehenen Vorausbohrungen im Abschnitt Nord

Illustrazione 4 Schema dei sondaggi in avanzamento previsti nel tratto nord

Generell sind die Bohrungen mit Verrohrung zu planen

Generalmente le perforazioni sono da prevedere ed

und auszuführen, da wegen der prognostizierten Beschaffenheit und Ausbildung der Gesteine keine durchgehend ausreichende Standsicherheit des Bohrloches garantiert ist und damit Vermessung, Bohrlochversuche und ein späterer Ausbau als Drainage nur bedingt möglich sind.

Beim Antreffen von Wasserzutritten sind Unterbrechungen mit Wassermessungen (Schüttung und Druck, Auslaufversuche) vorzusehen. Hier sind entsprechende Stillstandszeiten (je Wasserzutritt bis ca. mehreren Stunden) einzuplanen.

Orientierung/Verlauf der Bohrlöcher wird eingemessen und - soweit die Standfestigkeit dies zulässt - mittels Bohrlochscanner strukturgeologisch aufgenommen werden.

Für die Bestimmung der Durchlässigkeit werden in vor Ort zu bestimmenden Abschnitten Wasserabpressversuche (Lugeon-Tests) vorgesehen.

Die Bohrkerns sind in Kernkisten zu legen. Für Bestimmung von Zusammensetzung, Durchlässigkeit, Injizierbarkeit, Ausbruchverhalten etc. in Störungszonen mit Lockergesteinscharakter werden Korngrößenanalysen vorgesehen.

Die Bohrlöcher dienen als vorauseilende Drainagen in der Bauphase und sind mit Filterrohren auszustatten; vorgesehen werden PVC-Rohre mit mind. DN 75, bzw. bei der langen Kernbohrung aus Stahl, Schlitzweiten gem. Anforderung aufgrund Korngrößenzusammensetzung und Festlegung durch die BL.

Im Falle von starken Wasserzutritten mit Materialeintrag muss das Bohrloch über den Preventer geschlossen werden, bzw. auf Anordnung der BL auch auszementiert werden

### 12.2.3 Zusammenfassung Erkundungen

Bohrungen aus dem Vortrieb

2x Vollbohrung subhorizontal,

1x30m (SD01) + 1x50m (SD02) = 80 m

1x Vollbohrung schräg nach oben

1x40m (SD03) = 40 m

2x Kernbohrung

eseguire con un rivestimento del foro, giacché a causa delle condizioni e delle caratteristiche pronosticate della roccia non è garantita la stabilità del foro su tutta la sua lunghezza, con conseguente limitazione delle possibilità di eseguire un rilievo o delle prove in foro nonché di attrezzarlo poi ai fini di un suo utilizzo come drenaggio.

In caso di venute d'acqua sono previste delle interruzioni con misure dell'acqua (portata e pressione, prove di scarico). Qui sono da prevedere rispettivi fermi di alcune ore per venuta.

Deve essere rilevato l'andamento e l'orientazione dei fori di sondaggio e, se possibile (qualora la stabilità del foro lo permetta), deve anche essere effettuato un log strutturale con scanner ottico.

Per la determinazione della permeabilità sono da prevedere delle prove di permeabilità Lugeon, da definire in dettaglio sul posto

Le carote sono da porre in apposite cassette catalogatrici. Per la determinazione della composizione, permeabilità, iniettabilità, comportamento allo scavo ecc. in rocce di faglia con caratteristiche di terreno sciolto si prevedono delle analisi granulometriche.

I fori di sondaggio sono da utilizzare come predrenaggi (fase di lavoro) e quindi da attrezzare con tubi filtranti; si prevede l'impiego di tubi di diametro minimo DN 75, in PVC nonché nel sondaggio a carotaggio lungo in acciaio, apertura fessure da definire dalla DL in base alle richieste ed ai risultati delle analisi granulometriche.

In caso di acqua in pressione con dilavamento di materiale è da prevedere la chiusura del foro attraverso il preventer e su indicazione della DL la cementazione del foro

### 12.2.3 Sintesi indagini

Sondaggi in avanzamento

2x sondaggi a distruzione suborizzontali,

1x30m (SD01) + 1x50m (SD02) = 80 m

1x sondaggio a distruzione obliquo verso l'alto,

1x40m (SD03) = 40 m

3x sondaggio a carotaggio continuo

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
Thema: MONITORING  
**Dokumenteninhalt:** Bericht über die Überwachungen und die Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere  
Tema: Monitoraggio  
**Contenuto documento:** Relazione sui monitoraggi e sulle prospezioni in galleria

(1 x subhorizontal, 1 x schräg nach oben)

1x70m (SC01) + 1x40m (SC02) + 1x90m (SC03) = 200m

optional (2 x schräg nach oben):

1x40 m Kernbohrung = 40 m Kernbohrung

1x40 m Vollbohrung = 40 m Vollbohrung

Preventervorrichtung: 3 x (inklusive Vorhaltung Manometer und Verpressvorrichtungen)

5x Wassermessungen (Schüttung und Druck) mit Stillstand (im Mittel ca. 4 h)

3x Wasserabpressversuche (Lugeon-Test) im subhorizontalen Bohrloch

8x Korngrößenanalysen an entnommenen Bohrkernmaterial

5x Bohrloch-Verlauf einmessen

1x70m (SC01) + 1x40m (SC02) + 1x90m (SC03) = 200m

1x30m (SD01) + 1x50m (SD02) = 80m

3x Bohrlochscan mit strukturgeolog. Auswertung

1x70m (SC01) + 1x40m (SC02) + 1x90m (SC03) = 200m

Filterrohr PVC DN 75:

4x40m = 160 m

Filterrohr Stahl DN 75:

1x230m = 230 m

### 12.3 ABSCHNITT SÜD

#### 12.3.1 Erkundungsbedarf

Es besteht folgender Erkundungsbedarf

- Genauer Verlauf des Übergangs Locker- gestein- Festgestein
- Lage und Ausbildung (Geotechnik/Wasser) Plungerbachstörung
- Klärung Bergwasserdrücke, Durchlässigkeiten und Wasserführung

(2x suborizzontale, 1x obliquo verso l'alto)

1x70m (SC01) + 1x40m (SC02) + 1x90m (SC03) = 200m

opzionale (2 x obliquo verso l'alto):

1x40 m sondaggio a carotaggio = 40 m carotaggio

1x40 m sondaggio a distruzione = 40 m distruzione

Preventer: 3x (incl. messa a disposizione manometro ed impianto di iniezione)

5x misure d'acqua (portata e pressione) con fermo (mediamente ca. 4 h)

3x prove di permeabilità in foro suborizzontale (Lugeon)

8x analisi granulometriche su materiale di carota prelevato

5x rilievo andamento del foro

1x70m (SC01) + 1x40m (SC02) + 1x90m (SC03) = 200m

1x30m (SD01) + 1x50m (SD02) = 80m

3x log strutturale del foro

1x70m (SC01) + 1x40m (SC02) + 1x90m (SC03) = 200m

Tubo filtrante PVC DN 75:

4x40m = 160 m

Tubo filtrante acciaio DN 75:

1x230m = 230 m

### 12.3 TRATTO SUD

#### 12.3.1 Situazione da indagare

Si ha la necessità di indagare i seguenti aspetti

- Andamento preciso della superficie di contatto terreno sciolto - roccia
- Posizione e caratteristiche (geotecnica/acqua) della faglia Plungerbach
- Chiarimenti sulle pressioni idrostatiche, permeabilità e venute d'acqua

### 12.3.2 Erkundungsprogramm

Die Felsoberfläche wird laut Prognose in Vortriebsrichtung der Tunnelröhre schräg angefahren (in der Lage und im Aufriss).

### 12.3.2 Programma d'indagine

La linea della roccia sarà incontrata in direzione di avanzamento con un angolo obliquo (in pianta ed in sezione).

Il programma lavori prevede che il primo passaggio roccia detrito nel settore a Sud del Fiume Isarco sia incontrato dal binario principale pari, che verrà scavato partendo dall'incrocio con il cunicolo di soccorso NA4. Il passaggio roccia detrito quindi, sarà affrontato da Sud verso Nord, ossia dal tratto in roccia verso quello in detrito. Anche per l'interconnessione pari il contatto sarà affrontato da Sud verso Nord (dalla roccia al detrito).

Per il binario dispari invece lo scavo avverrà da Nord verso Sud, ossia dal tratto in detrito verso la roccia.

Il passaggio dalla roccia al detrito, quindi ad una condizione più sfavorevole, risulta decisamente più delicata rispetto al contrario, quindi per il binario pari e l'interconnessione pari i sondaggi ricopriranno una maggiore importanza.

La linea della roccia è assunta alle seguenti progressive:

- BD: Km 55+112
- BP: Km 55+078
- IP: Km 2+100

Lungo il binario e l'interconnessione pari sono previsti due sondaggi ciascuno a distruzione con registrazione automatica dei dati di perforazione suborizzontali, per la localizzazione della linea della roccia a partire dal Km 55+100 (binario pari – SD04 e SD05), e Km 2+125 (interconnessione pari – SD06 e SD07) lunghezza ca. 30-50 m per sondaggio.

Per il binario dispari invece, non si ritiene necessario eseguire alcun sondaggio, poiché le stesse perforazioni previste per i consolidamenti al contorno forniranno in anticipo i dati sulla localizzazione del contatto con la roccia.

Die Plungerbachstörung wurde aus Oberflächen- daten auf Tunnelniveau projiziert (ca. 50 m unter GOK).

La faglia Plungerbach è stata proiettata da dati superficiali fino a livello galleria (ca. 50 m sotto la superficie topografica).

La tratta interessata dalla faglia sarà affrontata prima

Fachbereich: 06-Bauwerksplanung  
Thema: MONITORING

**Dokumentinhalt:** Bericht über die Überwachungen und die Prospektionen im Tunnel

Settore: 06-Progettazione delle opere

Tema: Monitoraggio

**Contenuto documento:** Relazione sui monitoraggi e sulle prospezioni in galleria

dalla galleria del binario pari, e si prevede compresa tra le Pk 55+532 e 55+550.

Si dovrà quindi realizzare a partire dal Km 55+510 un sondaggio a carotaggio continuo di lunghezza pari a 40m circa (o comunque fino al superamento della zona di faglia), diametro minimo del foro 100 mm, diametro minimo delle carote 84 mm (SC04).

L'obiettivo del sondaggio sarà di indagare l'estensione effettiva della zona di faglia, la distribuzione core zone/damage zone, il grado di fratturazione/alterazione, venute d'acqua ecc

Ein Bohrloch soll zur Voraussentwässerung mit einem Filterrohr ausgestattet werden: PVC DN 75; der Bohrdurchmesser ist entsprechend zu wählen.

Come misura di predrenaggio uno dei fori è da attrezzare con un tubo filtrante: PVC DN 75; il diametro del foro è da adeguare a questo scopo.

### 12.3.3 Zusammenfassung Erkundungen

### 12.3.3 Sintesi indagini

Bohrungen aus dem Vortrieb

Sondaggi in avanzamento

4x Vollbohrung subhorizontal,  
4x40m = 160 m

4x sondaggi a distruzione suborizzontali,  
4x40m = 160 m

1x sondaggio a carotaggio (SC04)  
1x40m

1x sondaggio a carotaggio (SC04)  
1x40m

Filterrohr:  
1x40m = 40 m

Tubo filtrante:  
1x40m = 40 m

## 13 VERZEICHNISSE

### 13.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Lage der prognostizierten Felslinie entlang  
der verschiedenen Untertagebauwerke

23

### 13.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schema der vorgesehenen  
Vorausbohrungen im Abschnitt Nord

50

### 13.3 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BL Bauleitung

DSV Düsenstrahlverfahren

GA Gebirgsart

GOK Geländeoberkante

GVT Gebirgsverhaltenstyp

ADECO-RS

ÖGG Österreichische Gesellschaft für  
Geomechanik

OT Obertage

SS Staatsstraße

UT Untertage

## 13 ELENCHI

### 13.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Posizione della linea della roccia pronosticata  
lungo le diverse opere sotterranee

23

### 13.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Illustrazione 1: Schema dei sondaggi in avanzamento  
previsti nel tratto nord

50

### 13.3 ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI

DL - Direzione Lavori (della Committenza)

JG - Jet grouting

GA - Tipo di ammassi rocciosi

Superficie topografica

GVT - Tipi di comportamento dell'ammasso  
roccioso

ADECO-RS - Analisi delle Deformazioni Controllate  
nelle Rocce e nei Suoli

ÖGG - Società Austriaca per Geomeccanica

OT - In superficie

SS - Strada statale

UT - In sotterraneo