




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

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



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

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

<b>D0700: Baulos Mauls 2-3</b>		<b>D0700: Lotto Mules 2-3</b>					
<b>Projekteinheit</b> Gesamtbauwerke		<b>WBS</b> Opere generali					
<b>Dokumentenart</b> Technischer Bericht		<b>Tipo Documento</b> Relazione tecnica					
<b>Titel</b> Außenüberwachungen zusammenhängend mit geodätischen Setzungen, Absenkungen, Erschütterungen und Wasserressourcen		<b>Titolo</b> Monitoraggi esterni inerenti i cedimenti geodetici, le subsidenze, le vibrazioni e le risorse idriche					
 <b>Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P</b> <small>clo Pro Iter S.r.l., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel. +39 0267167911, Fax +39 0267152612</small>		Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470					
<b>Mandataria</b>  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	<b>Mandante</b> 	<b>Mandante</b> 	<b>Mandante</b> 				
Fachplaner / il progettista specialista Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista				
	Datum / Data	Name / Nome	Gesellschaft / Società				
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Palisse	Pro Iter				
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Marazzi	Pro Iter				
 <b>Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE</b>		Name / Nome R. Zurlo	Name / Nome K. Bergmeister				
Projekt-kilometer / Chilometro progetto von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	Projekt-kilometer / Chilometro opera von / da bis / a bei / al	Status Dokument / Stato documento	Massstab / Scala -				
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H61	MX	997	BTB	D0700	18001	21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung Emissione per Appalto	Marazzi	30/01/2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Marazzi	04/12/2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren Completamento progetto e recepimento istruttoria	Marazzi	30/09/2014
10	Endabgabe Consegna Definitiva	Marazzi	31/07/2014

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ALLGEMEINE BESCHREIBUNG</b>	
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE</b> .....	<b>5</b>
2.1	DEFINITION DER BAUWERKE DES BAULOSES MAULS 2-3	
2.1	DEFINIZIONE DELLE OPERE DEL LOTTO DI COSTRUZIONE MULES 2-3 .....	5
2.2	UNTERTEILUNG DES BAULOS MAULS 2-3	
2.2	SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO MULES 2-3 .....	7
<b>3</b>	<b>ÜBERWACHUNGSZIELE</b>	
<b>3</b>	<b>OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>FORTFÜHRUNG DER LAUFENDEN ÜBERWACHUNGEN</b>	
<b>4</b>	<b>PROSEGUIMENTO DEI MONITORAGGI IN CORSO</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>ÜBERWACHUNGSTYPOLOGIEN</b>	
<b>5</b>	<b>TIPOLOGIE DI MONITORAGGIO</b> .....	<b>14</b>
5.1	ÜBERWACHUNGEN DER SETZUNGEN UND ABSENKUNGEN	
5.1	MONITORAGGIO DI CEDIMENTI E SUBSIDENZE .....	14
5.1.1	Sicherstellungen	
5.1.1	Asseverazioni .....	14
5.1.2	Trigonometrische Messungen	
5.1.2	Misurazioni trigonometriche.....	15
5.1.2.1	Tachymeter	
5.1.2.1	Stazioni totali .....	15
5.1.2.2	Zielmarken	
5.1.2.2	Target riflettenti .....	17
5.1.3	Differentialinterferometrie	
5.1.3	Interferometria differenziale.....	17
5.1.4	Geodätische Überwachung	
5.1.4	Monitoraggio geodetico .....	19
5.1.5	Eventuelle weitere Überwachungen der Einrichtungen und der morphologisch sensiblen Elementen	
5.1.5	Eventuali ulteriori monitoraggi delle strutture e degli elementi morfologici sensibili.....	20
5.2	ÜBERWACHUNG DER ERSCHÜTTERUNGEN	
5.2	MONITORAGGIO DELLE VIBRAZIONI .....	20
5.3	ÜBERWACHUNG WASSERRESSOURCEN	
5.3	MONITORAGGIO DELLE RISORSE IDRICHE.....	22
<b>6</b>	<b>ÜBERWACHUNGSZUTÄNDIGKEITEN</b>	
<b>6</b>	<b>COMPETENZE DEI MONITORAGGI</b> .....	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>ERMITTLUNG DER ÜBERWACHUNGSPUNKTE</b>	
<b>7</b>	<b>INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO</b> .....	<b>25</b>
7.1	BEREICH GRENZE SÜD BAULOS MAULS 2-3	
7.1	ZONA CONFINE SUD DEL LOTTO MULES 2-3 .....	25
7.2	BEREICH MAULS	
7.2	ZONA MULES .....	26
7.3	BEREICH PFITSCHTAL UND BRENNERPASS	
7.3	ZONA VALLE DI VIZZE E VALICO DEL BRENNERO .....	27
<b>8</b>	<b>ÜBERWACHUNGSASUFÜHRUNG</b>	
<b>8</b>	<b>ESECUZIONE DEI MONITORAGGI</b> .....	<b>29</b>

8.1	ZEITLICHE GLIEDERUNG DER ÜBERWACHUNGEN	
8.1	ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEI MONITORAGGI.....	29
8.1.1	Überwachung vor Baubeginn	
8.1.1	Monitoraggio ante operam.....	29
8.1.2	Überwachung während der Bauphase	
8.1.2	Monitoraggio in corso d'opera .....	30
8.1.3	Überwachung nach Bauende	
8.1.3	Monitoraggio post operam.....	31
8.2	HÄUFIGKEIT DER ÜBERWACHUNGEN WÄHREND DER BAUPHASE	
8.2	FREQUENZA DEI MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA .....	31
8.2.1	Dreidimensionale geodätische Messungen	
8.2.1	Misurazioni geodetiche tridimensionali .....	31
8.2.2	Absenkungen	
8.2.2	Subsidenze.....	31
8.2.3	Erschütterungen	
8.2.3	Vibrazioni.....	32
8.2.4	Wasserressourcen	
8.2.4	Risorse idriche.....	32
8.2.5	Zusammenfassung der geplanten Überwachungen und deren Häufigkeit	
8.2.5	Sintesi dei monitoraggi previsti e loro frequenza .....	35
<b>9</b>	<b>BEWERTUNG, AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG DER DATEN</b>	
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE, INTERPRETAZIONE E PRESENTAZIONI DEI DATI.....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	
<b>10</b>	<b>ELENCHI.....</b>	<b>39</b>
10.1	REFERENZDOKUMENTE	
10.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	39
10.1.1	Eingangsdokumente	
10.1.1	Documenti in ingresso .....	39
10.1.1.1	Einreichproject	
10.1.1.1	Progetto Definitivo .....	39
10.1.1.2	Ausführungsprojekt Baulos Muls 2-3	
10.1.1.2	Progetto Esecutivo Lotto Muls 2-3.....	39
10.1.2	Ausgangsdokumente	
10.1.2	Documenti in uscita .....	40

## 1 EINLEITUNG

Der Brenner Basistunnel ist mit einer Länge von knapp über 55 km das Kernelement des Eisenbahnkorridors München-Verona.

Das Baulos Muls 2-3 ist auf italienischer Seite der Hauptteil der BBT Streckenführung; er erstreckt sich insbesondere von der Staatsgrenze im Norden (km 32.0+88 Oströhre) bis zum angrenzenden Baulos "Eisack Unterführung" im Süden (km 54.0+15 Oströhre).

Dieser Bericht, nach kurze Beschreibung des ganzen Baulos Muls 2-3 des Brenner Basistunnels, wird insbesondere die mit geodätischen Setzungen, Absenkungen, Erschütterungen und Wasserressourcen zusammenhängend Oberflächenüberwachungen behandeln, welche mit dem Untertageaushub des Baulos Muls 2-3 verknüpft sind.

Die mit den innerhalb der Außenbaustellen, in den Ablagerungsarealen und angrenzenden Bereichen ausgeführten Tätigkeiten verbundenen Überwachungen sind nicht Gegenstand dieses Berichts.

## 1 INTRODUZIONE

La Galleria di base del Brennero (BBT) si sviluppa per una lunghezza poco superiore ai 55 Km e costituisce la parte centrale del corridoio ferroviario Monaco di Baviera-Verona.

Il Lotto costruttivo Muls 2-3 costituisce la principale parte del tracciato BBT sul versante italiano; in particolare è compreso tra il Confine di Stato, a nord (km 32.0+88 canna est) e il lotto adiacente "Sottoattraversamento dell'Isarco", a sud (km 54.0+15 canna est).

La presente relazione, dopo una breve descrizione dell'intero Lotto Muls 2-3 della Galleria di Base del Brennero, tratterà in particolare dei monitoraggi di superficie inerenti i cedimenti geodetici, le subsidenze, le vibrazioni e le risorse idriche, legati agli scavi in sotterraneo relativi al Lotto Muls 2-3.

I monitoraggi legati alle attività svolte nelle aree di cantiere esterne, nelle aree di deposito e nelle zone limitrofe non sono oggetto di questa relazione.

## 2 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

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

Zwischen den zwei Tunneln liegen alle 333 m Verbindungsquerstellen.

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

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

In Bezug auf den Höhenverlauf weist die Oströhre eine Steigungsstrecke mit entgegengesetzten Neigungen,  $-3.907\%$  und  $+7.399\%$  auf, deren höchster Punkt bei km 49.6+35 bzw. deren niedrigster Punkt bei km 49.5+90 liegt. Um die Steigungsstrecke mit der Streckenführung des bereits erstellten Bauloses Mails 1 zu verbinden, mussten für die Weströhre zahlreiche geringfügige Neigungsänderungen eingeführt werden, welche jedenfalls auf die Enden des Bauloses Mails 1 begrenzt sind. Die Details zum Höhenverlauf sind in den Plänen [5], [6] erfasst.

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

Die in der Ausführungsplanung des Bauloses Mails 2-3 geplanten und auf dem Bauwerkslageplan [4], dargestellten Bauwerke sind folgende: (NB: die Kilometrierungen des Erkundungsstollens steigen nach Norden, die der Haupttunnel und des Zugangsstollens nach Süden an.)

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

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

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

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

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

Altimetricamente si distingue per la canna est una livelletta con due pendenze opposte,  $-3.907\%$  e  $+7.399\%$ , il cui vertice risulta ubicato al km 49.6+35 e il punto di minimo altimetrico del tracciato al km 49.5+90. Per la canna ovest, invece, la necessità di raccordare la livelletta con il tracciato del Lotto Mules 1 già realizzato, ha comportato l'introduzione di numerosi cambi di pendenza della livelletta limitati, in ogni caso, agli estremi del lotto Mules 1. I dettagli dell'andamento altimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [5] e [6].

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

Le opere previste nel Progetto Esecutivo del lotto Mules 2 – 3, rappresentate sulla Planimetria delle opere [4], sono le seguenti: (N.B.: le progressive del Cunicolo Esplorativo sono crescenti verso nord; quelle delle Gallerie di Linea e della Galleria di Accesso, verso sud).

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

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

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

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

Hauptröhren sowie einem Verbindungsschacht zum Erkundungsstollen [7].

- 9) Erkundungsstollen (CE) "Ende Baulos Mauls 1 – Staatsgrenze", von km 12.4+59 ca. bis km 27.2+17 (Vortrieb und Innenschale).

Es ist außerdem die Rohbauausrüstung für den Erkundungsstollen geplant, die hauptsächlich aus der Beleuchtungsanlage, der MS/NS-Verteilung, der Löschwasserversorgung, dem GSM-Fernmeldenetz sowie den selektiven Wasserdrainageanlagen bestehen.

- 10) Erkundungsstollen: „Stollenausbau der vorhergehenden Baulose“: Innenschale der bestehenden Erkundungsstollenstrecke, die im Rahmen der vorhergehenden Baulose, von km 10.4+19 ca. bis zu km 12.4+60 ca. vorgetrieben wurden; Endgestaltung des Verbindungstunnels zwischen der Weströhre und dem Erkundungsstollen.

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

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

Die Baulosgrenzen gehen aus den Plänen [4] hervor, auf die verwiesen wird.

#### **2.2 UNTERTEILUNG DES BAULOS MAULS 2-3**

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

e le Gallerie di Linea e un pozzo di collegamento con il Cunicolo Esplorativo [7].

- 9) Cunicolo Esplorativo (CE) " fine lotto Mules 1 – Confine di Stato": da km 12.4+59 circa a km 27.2+17 (scavo e rivestimento definitivo).

Sono inoltre previste le dotazioni impiantistiche a servizio del Cunicolo Esplorativo, costituite essenzialmente dall'impianto di illuminazione, distribuzione MT/BT, dalla rete idrica antincendio, dalla rete di telecomunicazione GSM e dagli impianti di drenaggio selettivo delle acque.

- 10) Cunicolo Esplorativo "rivestimenti lotti precedenti": rivestimento definitivo della tratta del Cunicolo Esplorativo esistente, scavato nell'ambito dei lotti precedenti, compresa tra km 10.4+19 circa e km 12.4+60 circa; sistemazione definitiva della galleria di collegamento tra la canna ovest e il Cunicolo Esplorativo.

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

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

I limiti del lotto di costruzione sono rilevabili nelle tavole [4] alle quali si rimanda.

#### **2.2 SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO MULES 2-3**

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



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

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

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

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

12.0+15; km 12.3+42,5

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3 ÜBERWACHUNGSZIELE

Das Projektgebiet ist durch morphologische Bedingungen charakterisiert die typisch für die alpine Umwelt sind, mit sich abwechselnden Tälern und sehr steilen Erhebungen.

In diesem Umfeld kann der Untertageaushub Absenkungsphänomene verursachen oder im Gebiet sich befindende Quellen belasten.

Die Grundgewässerdrainage während eines Tunnelaushubs kann tatsächlich Oberflächensetzungen verursachen, die im Wesentlichen durch die Gebirgsmassereduzierung, in Folge der Diskontinuitäten, wie dränierte Brüche und Verwerfungen, erzeugt wird.

In der Talsenke, die durch dicke Schichten von losem Material charakterisiert sind, können sich Absenkungen bis zur Oberfläche verbreiten, wenn eine Verbindung zwischen den tiefen dränierten Schichten des Tunnels und den oberflächlichen, die das lose Material charakterisieren, vorhanden ist. Tatsächlich, würden auch die wasserführenden Schichten des losen Materials stark dräniert werden, mit folgender Materialverdichtung.

Die Realisierung der Bauwerke, die das Baulos Muls 2-3 betreffen, zwingen daher im Projektgebiet eine Oberflächenüberwachung auf, dessen Ziel es ist eventueller Belastungen, welche aus den Tunnelaushubarbeiten und den relativen Bearbeitungen während des Baus entstehen, zu bewerten und dokumentieren.

Die Überwachungsaktionen werden ermöglichen die Änderungen von Eigenschaften und Bodenform (physische Parameter, Verformungen, Oberflächenveränderungen) zu bewerten und dokumentieren, sowie die hydrogeologischen Bedingungen, welche aus den Tunnelaushubarbeiten und den eventuell folgenden Auswirkungen auf Einrichtungen und morphologisch sensiblen Elementen entstehen.

Während der Bauphasen des Los Muls 2-3 sind also folgende in den späteren Absätzen beschriebenen Überwachungsarten geplant:

#### Setzungen und Absenkungen:

- Sicherstellungen;
- Trigonometrische Messungen;
- Satellitendifferenzinterferometrie;
- Geodätische Überwachungen;
- Eventuelle weitere Überwachungen der Einrichtungen und morphologisch sensiblen Elementen.

#### Erschütterungen;

#### Wasserressourcen.

### 3 OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

L'area di progetto è caratterizzata da condizioni morfologiche tipiche dell'ambiente alpino con alternanze di vallate e rilievi molto scoscesi.

In questo ambiente lo scavo di opere in sotterraneo può provocare fenomeni di subsidenza o impattare negativamente sulle sorgenti presenti nell'area.

Il drenaggio delle acque di falda durante lo scavo di una galleria può, infatti, causare cedimenti superficiali, provocati principalmente dalla diminuzione di volume dell'ammasso roccioso, a seguito della chiusura delle discontinuità, quali fratture e faglie, drenate.

Nei fondovalle caratterizzati da spesse coltri di materiale sciolto le subsidenze possono propagarsi fino alla superficie, nel caso sia presente un collegamento tra le falde profonde drenate dalla galleria e quelle superficiali, che caratterizzano il materiale sciolto. Infatti, in questo caso anche gli acquiferi presenti nel materiale sciolto verrebbero drenati fortemente con conseguente compattazione del materiale.

La realizzazione delle opere, che si riferiscono al Lotto Muls 2-3, impone, pertanto, nell'area di progetto un monitoraggio in superficie, finalizzato a valutare e documentare eventuali impatti, dovuti alle operazioni di scavo delle gallerie e alle relative lavorazioni in corso d'opera.

Le operazioni di monitoraggio consentiranno di valutare e documentare le modificazioni delle caratteristiche e della forma del suolo (parametri fisici, deformazioni, mutamenti superficiali) e delle condizioni idrogeologiche, dovute alle operazioni di scavo delle gallerie e i conseguenti eventuali impatti sulle strutture e gli elementi morfologici sensibili.

Durante le fasi di costruzione del Lotto Muls 2-3 sono, quindi, previsti i seguenti tipi di monitoraggio, descritti nei successivi paragrafi:

#### Cedimenti e subsidenze:

- Asseverazioni;
- Misurazioni trigonometriche;
- Interferometria differenziale satellitare;
- Monitoraggi geodetici;
- Eventuali ulteriori monitoraggi delle strutture e degli elementi morfologici sensibili.

#### Vibrazioni;

#### Risorse idriche.

Das Überwachungsprogramm ist in folgende drei Phasen gegliedert:

- vor Baubeginn;
- Bauphase;
- nach Bauende.

Es ist wichtig zu unterstreichen, dass, in Bezug auf die Oberflächenüberwachung dieses Bauwerks, diese in einer bereits bestehenden Bauphasensituation einfügt und aus diesem Grund als Fortführung wo nötig der laufenden Überwachungen von geplanten Bearbeitungen auch in diesem Los geschehen wird.

Die Überwachungen, welche mit den durchgeführten Tätigkeiten in den Außenbaustellen, Ablagerungsareale und angrenzenden Bereichen verbunden sind (Hängestabilität Setzungen, usw.) sind nicht Gegenstand dieses Berichts, werden aber in den Unterlagen des Baustellenaufbaus, im Kapitel bzgl. *Baulegistik – Materialverwaltung – Abraumhalden* (Dokumente von 51005 bis 51123) behandelt, sowie im Umweltüberwachungsplan [8].

Il programma di monitoraggio si articola in tre fasi distinte:

- ante operam;
- in corso d'opera;
- post operam.

È importante sottolineare che, riguardo al monitoraggio superficiale dell'opera in questione, ci si innesta in una situazione già in corso d'opera e, per questo motivo, verrà data continuità ai monitoraggi in corso, ove necessari in funzione delle lavorazioni previste anche nel presente lotto.

I monitoraggi legati alle attività svolte nelle aree di cantiere esterne, nelle aree di deposito e nelle zone limitrofe (stabilità versanti cedimenti, ecc.), non sono oggetto del presente rapporto, ma sono trattate nella documentazione della Cantierizzazione, il capitolo relativo alla *Logistica di costruzione - Gestione del materiale – depositi* (elaborati dal 51005 al 51123) e nel Programma di Monitoraggio Ambientale [8].

#### 4 FORTFÜHRUNG DER LAUFENDEN ÜBERWACHUNGEN

Wie bereits angegeben, ist es wichtig zu unterstreichen, dass, in Bezug auf die Oberflächenüberwachung dieses Bauwerks, diese in einer bereits bestehenden Bauphasensituation einfügt, wo die vorbereitenden Bauwerke des Baulos Mauls 1 sowie des Erkundungsstollen Aicha-Mauls, welche die Baustellenareale und dazugehörigen Abraumhalden einschließen, schon ausgeführt wurden und der Baubeginn des Baulos Eisack Unterführung im Gange ist.

Aus diesem Grund werden wo nötig die laufenden Überwachungen von geplanten Bearbeitungen auch in diesem Los fortgeführt.

Insbesondere, ist die zeitliche Verlängerung der laufenden Überwachungen in der Ortschaft Mauls und teilweise auch derer welche für das Baulos Eisack Unterführung durchgeführt werden geplant, hinsichtlich einige potentiell vom traditionellen Haupttunnelaushub betroffenen Infrastrukturen, die sich an der Grenze zwischen dem Baulos, Gegenstand dieses Berichts, und dem der Eisack Unterführung befinden.

Neue Überwachungen sind dagegen in den Bereichen über dem Tunnel, ausgehend vom Areal Mauls, für die Gebiete des Pfitschtals und des Brennerpass, die bis jetzt von keinem Bauwerk des Brenner Basistunnel Projekts beeinflusst wurden, vorgesehen.

#### 4 PROSEGUIMENTO DEI MONITORAGGI IN CORSO

Come già indicato, è importante sottolineare che, riguardo al monitoraggio superficiale dell'opera in questione, ci si innesta in una situazione già in corso, dove le opere propedeutiche del Lotto Mules 1 e del Cunicolo Esplorativo Aica-Mules, comprendenti le aree di cantiere e i relativi depositi, sono già state realizzate ed è in corso l'avvio del lotto Sottoattraversamento Isarco.

Per questo motivo, verrà data continuità ai monitoraggi in corso, ove necessari in funzione delle lavorazioni previste anche nel presente lotto.

In particolare, si prevede il prolungamento temporale dei monitoraggi in corso nella località di Mules e in parte anche di quelli che verranno effettuati per il lotto Sottoattraversamento Isarco, per quanto riguarda alcune infrastrutture potenzialmente affette dallo scavo in tradizionale delle gallerie principali, situate al limite tra il lotto oggetto della presente relazione e quello del Sottoattraversamento Isarco.

Nuovi monitoraggi sono, invece, previsti, a partire dall'area di Mules, nelle aree soprastanti la galleria per le zone della val di Vizze e del valico del Brennero, che fino ad ora non sono state influenzate da alcuna opera facente parte del progetto della Galleria di Base del Brennero.

## 5 ÜBERWACHUNGSTYOLOGIEN

### 5.1 ÜBERWACHUNGEN DER SETZUNGEN UND ABSENKUNGEN

Aus den während der Endprojektphase [1] ausgeführten Untersuchungen sind in weiten Zonen über der Tunnelstreckenführung Absenkungen in einer Zentimeter- oder Dezimeter Größenordnung vorgesehen. Trotz der möglichen weiten Verbreitung dieser Phänomene werden keine, von diesen selbst, ausgehenden Schäden erwartet. Dies, weil weite Absenkungen auf großen Gebieten die von minimal Differentialabsenkungen charakterisiert sind im Allgemeinen keine Schäden an Bauwerke richten.

Die geographische Lokalisierung des Brenner Basistunnels, einschließlich der Absenkungsrisikogebiete, sind im Lageplan [10] aufgezeigt.

Die Überwachung dieser Phänomene wird mit unterschiedlichen Kontrollmodalitäten durchgeführt.

#### 5.1.1 Sicherstellungen

In den von den Bauarbeiten des Baulos Muls 2-3 betroffenen Arealen, muss, vor dem Bau, die Sicherstellung des Ist-Zustands der Infrastrukturen als Beweis des Vorkommens eventueller vorheriger Schäden.

In den Bereichen der Eisack Unterführung und im Bereich Muls müssen Gebäude und Infrastrukturelemente die bereits in den vorherigen Baulosen sichergestellt wurden überprüft werden.

Im Gebiet des Pfischtals muss die Erhebung des Ist-Zustands den Damm von Ried betreffen, sowie die dazugehörigen Infrastrukturen, wie Straßen, Gebäude, usw. neben den Wohnhäusern der sich in der Umgebung befindenden Ortschaften.

Im Brenner Gebiet müssen die Infrastrukturen der Autobahn A22, der SS12, Infrastrukturen der RFI sowie die Masten der Hochspannungsleitung, Gebäude und andere Bauwerke berücksichtigt werden.

Wichtig ist, dass die Sicherstellung des Ist-Zustands kurz vor Beginn der Arbeiten und, falls ausdrücklich von der BL verlangt, auch während der Bauphase durchgeführt werden.

Diese müssen von einem zugelassenen Fachmann, der im Verzeichnis der "Consulenti tecnici dei Tribunali italiani" eingetragen ist, ausgeführt werden.

Die Sicherstellungsmodalitäten der Gebäude, Bauwerke und Infrastrukturen, welche direkt oder indirekt von den Untertagearbeiten beeinflusst werden können, sind im Sicherstellungsbericht enthalten [13].

## 5 TIPOLOGIE DI MONITORAGGIO

### 5.1 MONITORAGGIO DI CEDIMENTI E SUBSIDENZE

Dalle indagini condotte in fase di progettazione definitiva [1] sono previste, in ampie zone sovrastanti il tracciato delle gallerie, subsidenze nell'ordine di grandezza centimetrico o decimetrico. Nonostante la probabile estesa diffusione areale di tali fenomeni, non sono però attesi danni causati dagli stessi. Questo perché subsidenze estese su grandi aree caratterizzate da subsidenze differenziali minime non provocano in genere danni a manufatti.

La localizzazione geografica della Galleria di Base del Brennero, incluse le aree a rischio subsidenza sono indicati nella planimetria [10].

Il monitoraggio di tali fenomeni verrà condotto con varie modalità di controllo.

#### 5.1.1 Asseverazioni

Nelle aree interessate dai lavori di costruzione del Lotto Muls 2-3, preliminarmente alla costruzione, sarà necessario rilevare lo stato di fatto delle infrastrutture, come prova dell'esistenza di eventuali danni antecedenti.

Nelle zone del Sottoattraversamento dell'Isarco e nella zona di Muls, andranno verificati gli edifici e gli elementi infrastrutturali, già asseverati nei precedenti lotti costruttivi.

Nell'area della val di Vizze il rilevamento dello stato di fatto dovrà riguardare la diga di Novale e le infrastrutture ad essa collegate, quali strade, edifici, ecc., oltre che le abitazioni delle località situate nelle vicinanze.

Nell'area del Brennero si terrà conto delle infrastrutture dell'Autostrada A22, della SS12, infrastrutture della linea storica RFI ed i tralicci delle linee dell'alta tensione, edifici ed altri manufatti.

È importante che l'asseverazione dello stato di fatto sia effettuata poco prima dell'inizio dei lavori e, se espressamente richiesto dalla D.L., anche in corso d'opera.

Esse dovranno essere eseguite da un tecnico abilitato e regolarmente iscritto all'Albo dei "Consulenti tecnici dei Tribunali italiani".

Le modalità di asseverazione degli edifici, dei manufatti e delle infrastrutture, che potrebbero essere influenzati direttamente o indirettamente dalle lavorazioni in sotterraneo, sono contenute nella Relazione sulle asseverazioni [13].

Im selben Dokument ist die Liste der sicherzustellenden Gebäude, Bauwerke und Infrastrukturen [13] aufgezeigt.

### 5.1.2 Trigonometrische Messungen

Die trigonometrischen Messungen werden automatisch durchgeführt, durch Einsatz der feststehenden Tachymeter, welche mit einem Netz von Zielmarken, die an den Struktur- oder morphologischen Elementen angebracht werden, verbunden sind.

#### 5.1.2.1 Tachymeter

Die Anforderungen an die zu verwendenden Tachymeter sind:

- Winkelmessgenauigkeit von 0.3 mgon;
- Genauigkeit Distanzmessung 0,6 mm+1 ppm;
- Rotationsgeschwindigkeit von 200 gon/sec;
- Messgeschwindigkeit (einschl. Datenübertragung) mindestens 5 Punkte/min bei Messung in einem Kreis.

Die Ausrüstung der fix installierten Tachymeter hat folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Netzstromversorgung zu Lasten des Auftragnehmers;
- Pufferspeicher für 48h Betrieb bei Stromausfall;
- Fachgemäßer Schutz gegen Überspannungen und Blitze;
- Fachgemäße Erdung sämtlicher Komponenten;
- Möglichkeit den Tachymeter über Fernwartung ein- und auszuschalten;
- Schutz des Tachymeters vor Verschmutzung und Niederschlag (Regen und Schnee).

Bei diesen trigonometrischen Messungen ist eine Messgenauigkeit von +/-1 mm über den Tagesdurchschnitt einzuhalten.

Für jedes Tachymeter müssen daher einvernehmlich mit der Bauleitung und dem Auftraggeber Anzeige-, Warn- und Grenzwerte, gemäß den auf dem Gebiet geltenden Bestimmungen, festgelegt werden.

Zur Bestimmung der Orientierung und Kontrolle der Standsicherheit des Tachymeters sind Scheitelpunkte an Stellen in der Umgebung auszuwählen und festzulegen. Die Festlegung der Position dieser Punkte bedarf auf jeden Fall der Genehmigung des Auftraggebers.

Für die fix installierten Tachymeter ist eine Datenzentrale einzurichten, die in Echtzeit mit den Tachymetern

Nel medesimo documento è riportato l'elenco degli edifici, dei manufatti e delle infrastrutture, da asseverare [13].

### 5.1.2 Misurazioni trigonometriche

Le misurazioni trigonometriche saranno effettuate in modo automatizzato, facendo ricorso a stazioni totali fisse, collegate ad una rete di target riflettenti, posti sugli elementi strutturali o morfologici da monitorare.

#### 5.1.2.1 Stazioni totali

I requisiti delle stazioni totali da utilizzare sono:

- precisione nella misura degli angoli di 0,3 mgon;
- precisione misura della distanza 0,6 mm+1 ppm;
- velocità di rotazione di 200 gon/sec;
- velocità di misurazione (incluso la trasmissione dei dati) almeno 5 punti/min per la misurazione in un cerchio.

L'attrezzaggio delle stazioni totali fisse deve soddisfare in particolare le esigenze elencate di seguito:

- alimentazione elettrica dalla rete di alimentazione a carico dell'Appaltatore;
- memoria tampone per 48 ore di esercizio in caso di mancanza della rete di alimentazione elettrica;
- protezione a regola d'arte contro le sovratensioni e i fulmini;
- messa a terra a regola d'arte di tutte le componenti;
- la possibilità di accendere e spegnere la stazione tramite manutenzione da remoto;
- protezione della stazione totale da inquinamento e precipitazioni (pioggia e neve).

In queste misurazioni trigonometriche deve essere rispettata una precisione di rilevamento di +/-1 mm sulla media giornaliera.

Per ogni stazione totale dovranno essere, quindi, stabiliti in accordo con la Direzione Lavori e la Committenza dei valori d'avviso, di allerta e limite, in accordo alle normative vigenti in materia.

Per determinare l'orientamento e per verificare la stabilità della stazione totale dovranno essere scelti e stabiliti dei vertici presso delle posizioni nelle vicinanze. La scelta della posizione di tali vertici necessita in ogni caso dell'approvazione da parte del Committente.

Per le stazioni totali fisse deve essere predisposta una centrale di elaborazione dei dati, collegata in tempo reale



verbunden ist. Die Datenzentrale dient dem kontinuierlichen Empfang der Rohdaten, der Kontrolle und Konfiguration der Messgeräte, der Verarbeitung der vom Tachymeter erhobenen Daten, sowie der Weiterleitung der Ergebnisse an die BBT SE-Server.

Die Datenzentrale ist in einem versperrbaren, beheizten Raum einzurichten, und muss über einen Glasfaser-Internetanschluss verfügen. Die Hardware des verwendeten Rechners muss mit der verwendeten Software übereinstimmen und sowohl Hardware als auch Software müssen in jedem Fall dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.

Sämtliche Berechnungen haben in der Datenverarbeitungszentrale stattzufinden. Eine Vorort-Berechnung am Tachymeter ist nicht zulässig. Die Software muss in der Lage sein, beide Messbereiche als freie Netzausgleiche zu berechnen indem sie sich auf die Festpunkte stützt. Eine eventuelle Bewegung eines Festpunkts muss von der Software erkannt werden.

Konfigurationsänderungen der Tachymeter, insbesondere Änderungen der Messfrequenz, müssen über Fernwartung möglich sein. Zusätzlich muss gewährleistet sein, dass das Firmware-Upgrade der Tachymeter ebenfalls über Fernwartung möglich ist.

Pro Messpunkt müssen die Ergebnisse einer Session in Tagesrhythmus automatisch dem Koordinatensystem BBT\_TM-WGS84 und dem Höhensystem UELN geliefert werden. Bei kritischen Phasen wenn Warn-, Alarm oder Grenzwerte erreicht werden, muss mit dem Auftraggeber vereinbart und eine höhere Messfrequenz durchgeführt werden.

Außerdem muss es möglich sein das Zeitfenster der Messdaten, welche in einem Netzausgleich verwendet werden, frei und, nicht zwingend, auch mit einer zeitlichen Überlappung zu konfigurieren.

Die Daten der automatisierten Messung müssen laufend der Bauleitung und der BBT SE übertragen werden und graphisch mit Warn-, Alarm- und Grenzwerte korreliert werden, um einen sofortigen Überblick des Zustands zu liefern. Weiters müssen bei Überschreitung der Warn-, Alarm- und Grenzwerte die vorgesehenen Personen, gemäß Alarm- und Notfallplan, per SMS, mittels automatisierten Anruf mit Computerstimmsage und gleichzeitig per E-Mail, verständigt werden.

Bei Erreichung des Grenzwertes muss außerdem ein optischer und akustischer Alarm ausgelöst werden.

con le stazioni totali robotizzate. La centrale di elaborazione dei dati serve alla ricezione continua dei dati grezzi, al controllo e alla configurazione della strumentazione di misura, all'elaborazione dei dati rilevati dalla stazione totale nonché all'inoltro dei risultati ai server di BBT SE.

La centrale di elaborazione dei dati deve essere allestita in una stanza chiusa a chiave e riscaldata e deve disporre di una connessione internet con fibre ottiche. L'hardware del computer utilizzato deve essere conforme al software utilizzato ed in ogni caso sia hardware che software dovranno corrispondere allo stato attuale della tecnica.

Tutti i calcoli devono aver luogo nella centrale di elaborazione dei dati. Un calcolo in campo presso la stazione totale non è ammissibile. Il software deve essere capace di calcolare ambe le aree di rilevamento come libera compensazione di rete basandosi sui punti fissi. Un eventuale movimento di un punto fisso deve essere riconosciuto dal software.

Le modifiche di configurazione delle stazioni totali, in particolare le variazioni della frequenza dei rilievi, devono essere possibili tramite manutenzione da remoto. Dovrà essere anche garantito che l'upgrade del firmware delle stazioni totali sia possibile tramite manutenzione da remoto.

Per ogni punto di misurazione dovranno essere forniti automaticamente i risultati di una sessione a cadenza giornaliera nel sistema di coordinate BBT\_TM-WGS84 e nel sistema altimetrico UELN. Nelle fasi critiche quando si raggiungono i valori d'avviso, di allerta o limite è necessario concordare con il Committente ed effettuare una frequenza di misurazione più alta.

Inoltre, deve essere possibile configurare liberamente l'intervallo di tempo dei dati di misurazione impiegati in una compensazione di rete e, in via opzionale, anche con una sovrapposizione temporale.

I dati della misurazione automatizzata devono essere trasmessi continuamente alla Direzione Lavori e a BBT SE, e devono essere correlati graficamente con i valori d'avviso, di allerta e limite in modo da fornire una rappresentazione immediata dello stato della situazione. Inoltre, al superamento dei valori d'avviso, di allerta e valori limite, i soggetti previsti devono essere informati via SMS, tramite chiamata automatizzata con annuncio vocale computerizzato e, contemporaneamente, tramite e-mail, come previsto dal piano di allarme e di emergenza.

Inoltre, al raggiungimento del valore limite, deve scattare un allarme ottico ed acustico.

Das System muss für das gesamte Erhebungsfeld, für die Überwachung der Autobahn und der bestehenden Linie, per einem jeweiligen Messintervall bis zu 30 Minuten ausgelegt sein; darüber hinaus muss es möglich sein für bis zu 20 Punkte höherer Priorität festzulegen für welche ein Messintervall von bis zu 5 Minuten vorsehbar ist..

Bei Ausfall oder Defekt einer oder mehrerer Komponenten der fix installierten Systeme muss binnen 24h Ersatz beschaffen und die Einsatzbereitschaft des Überwachungssystems wiederhergestellt werden.

#### 5.1.2.2 Zielmarken

Bei den automatisierten kontinuierlichen Messungen im Erhebungsfeld der Tachymeter müssen an den Elementen, welche Gegenstand der Überwachung sind, Glasprismen als Zielmarken an den Messpunkten angebracht werden, um als stabile und dauerhafte Ziele zu fungieren.

Diese Prismen müssen als reflektierende Tripelprismen für die dreidimensionale kontaktlose Verformungsmessung vorgesehen werden.

Das reflektierende Tripelprisma muss um zwei Achsen drehen (Schraubenachse und rechtwinkelig zu diesem). Durch eine Drehung von +/- 20 Grad, darf die zugelassene Änderung der erkennbaren Position des Prismenkantenschnittpunktes, welcher den Zielpunkt repräsentiert, nur im Rahmen der Fertigungstoleranz von +/- 0,01 mm sein. Zwischen dem Messbolzen und dem reflektierenden Tripelprisma muss ein Kunststoffadapter mit Sollbruchstelle vorgesehen werden.

Bei Oberflächenmesspunkten im Gelände müssen die Zielmarken der Messpunkte auf Messbolzen angebracht werden. Diese müssen auf einem 25mm starken Stabstahl B450C von 1,80m Länge angeschweißt werden. Die Einbindung in den Boden hat dabei mind. 1,50 m einschließlich Betonummantelung zu betragen.

Die Struktur der übrigen Zielmarken für alle anderen trigonometrischen Messungen muss den Zielweiten entsprechen. Bis zu einer Zielweite von 150 m können doppelreflektierende Zielmarken mit Kipphalter verwendet werden. Bei größeren Zielweiten sind reflektierende Tripelprismen einzusetzen.

#### 5.1.3 Differentialinterferometrie

Die mit natürlichen (Sedimentfestigung, tektonische Bewegungen, usw.) oder menschlichen Ursachen (durch künstliche Arbeiten erzeugte Last, Flüssigkeitsgewinnung aus dem Untergrund, Untertageaushubtätigkeiten) verbundenen Absenkungsphänomene können leicht mittels Multi-Interferogramm Techniken überwacht werden, sowohl

Il sistema deve essere concepito per l'intero campo del rilievo, per il monitoraggio dell'autostrada e della linea esistente, per un intervallo di misurazione fino a 30 minuti ciascuna; inoltre, deve essere possibile stabilire fino a 20 punti con una priorità più alta, per i quali deve essere possibile prevedere un intervallo di misurazione fino a 5 minuti.

In caso di guasto o difetto di uno o più componenti dei sistemi fissi è necessario provvedere alla relativa sostituzione entro 24 ore e ripristinare la disponibilità del sistema di monitoraggio.

#### 5.1.2.2 Target riflettenti

Per le misurazioni automatizzate in continuo nel campo di operatività del rilievo delle stazioni totali, sugli elementi oggetto di monitoraggio dovranno essere installati dei prismi di vetro come target riflettenti per le sezioni di misurazione, in modo da fungere da mire stabili e permanenti.

Detti prismi sono da prevedere come prismi riflettenti tripli, per la misurazione tridimensionale delle deformazioni senza contatto.

Il prisma riflettente triplo deve ruotare attorno a due assi (asse vite ed ortogonale ad esso). Con una rotazione di +/- 20 gradi, la variazione ammessa della posizione apparente del punto d'intersezione dell'angolo del prisma, che rappresenta il target, deve essere soltanto nell'ambito della tolleranza di produzione di +/-0,01 mm. Tra il bullone di misurazione ed il prisma riflettente triplo deve essere previsto un adattatore in polimero plastico con punto di rottura predeterminata.

Per punti di misurazione superficiali nel terreno i target riflettenti dei punti di misurazione devono essere collocati su bulloni di misurazione. Questi devono essere saldati su una barra di acciaio B450C con uno spessore di 25 mm ed una lunghezza di 1,80 m. Devono essere interrati di almeno 1,50 m, compreso il rivestimento in calcestruzzo.

La struttura dei restanti target riflettenti per tutte le altre misurazioni trigonometriche deve essere rispondente alle lunghezze delle visure. Fino ad una lunghezza di 150 m, è possibile utilizzare target bi-riflettenti con supporto basculante. Per lunghezze maggiori, occorre utilizzare prismi riflettenti tripli.

#### 5.1.3 Interferometria differenziale

I fenomeni di subsidenza legati a cause naturali (consolidazione di sedimenti, movimenti tettonici, ecc.) o antropiche (carico esercitato da manufatti artificiali, estrazione di fluidi dal sottosuolo, attività di scavo in sotterraneo), possono essere monitorati agevolmente mediante l'uso delle tecniche multi-interferogramma, sia a

auf Regionalstufe als auch auf Lokalstufe, dank deren Entwicklungsgeschwindigkeit (im Allgemeinen sehr niedrig). Die Differentialinterferometrie erweist sich daher als höchst nützlich zur Analyse der Phänomene wie Absenkungen und langsame Verformungsphänomene mit Bewegungsgeschwindigkeiten in Zentimetergrößenordnung pro Jahr.

Der SAR, oder Radar mit synthetischer Öffnung, ist eine auf einer mobilen Plattform befestigte Radarantenne. Das Funktionsprinzip eines SAR-Systems ist das gleiche wie für alle Radar-Systeme (RADio Detection And Ranging). Der SAR ist in der Lage Gegenstände zu erkennen und deren Abstand aufgrund der Zeitverschiebung zwischen der Signalübertragung und dem -Empfang zu messen.

Der Radar mit synthetische Öffnung „synthetisiert“ de facto eine Kilometergroße Antenne, indem sie die von einer wirklichen Antenne, an verschiedenen Positionen, empfangenen Radar-Echos kombiniert.

Wenn ein SAR-System ein schon überwachtetes Erdoberflächenteil wiederbesucht, müsste die Phase identisch mit der zuvor schon gescannt sein. Falls dies nicht geschieht heißt es, dass entweder sich das Ziel verschoben hat oder der Boden. Auf dieser Art indem zwei oder mehr SAR-Aufnahmen kombiniert werden, kann man die Größe und die Richtung dieser Verschiebung feststellen. Diese Methode nennt sich Differentialinterferometrie.

Das Interferogramm ist die Datenmatrix, die man aus dem Vergleich zweier unterschiedlicher Aufnahmen derselben Fläche erhält und schließt in sich die Informationen der verschiedenen Beiträge, die den Phasenwert erzeugen, ein. Die Phase schließt die Information über den Ziel-Sensor ein und kann sowohl von topographischer Verformung als auch von atmosphärischen Störungen beeinflusst werden.

Ziel der interferometrischen Technik ist es die effektiven Phasenbeiträge, welche aus der Zielbewegung und nicht aus Störungen gegeben sind, zu isolieren, d.h. die optische Wegdifferenz der, in zwei sukzessiven Aufnahmen und vom Ziel am Boden rückgestreut, übertragenen elektromagnetischen Welle genau zu schätzen.

Die Phase einer einzelnen SAR-Aufnahme ist de facto nicht verwendbar, weil man ein Beitrag nicht vom anderen unterscheiden kann. Mit zwei oder mehrere auf dasselbe Bezugsraster genau registrierte Aufnahmen derselben Fläche kann die darin enthaltene Information benutzt werden. Tatsächlich, in diesem Fall durch Abziehen der Phase einer Aufnahme von der anderen (Differentialinterferometrie – DInSAR) generiert man ein Interferogramm.

scala regionale che a scala locale, grazie alla velocità con la quale si evolvono (generalmente molto bassa). L'interferometria differenziale risulta, quindi, essere estremamente utile per l'analisi di fenomeni come la subsidenza e fenomeni deformativi lenti con velocità di movimento nell'ordine di centimetri l'anno.

Il SAR, o radar ad apertura sintetica, è un'antenna radar montata su di una piattaforma mobile. Il principio di funzionamento di un sistema SAR è il medesimo di tutti i sistemi radar (RADio Detection And Ranging). Il SAR è in grado di individuare oggetti e misurare la loro distanza in base al ritardo temporale tra l'istante di trasmissione e quello di ricezione del segnale.

Il radar ad apertura sintetica SAR di fatto "sintetizza" un'antenna di dimensioni chilometriche, combinando gli echi radar ricevuti da un'antenna reale a posizioni diverse.

Quando un sistema SAR rivisita una porzione di superficie terrestre già monitorata, la fase dovrebbe essere identica a quella già acquisita in precedenza. Se ciò non avviene vuol dire che c'è stato uno spostamento del bersaglio o del terreno. In questo modo, combinando due o più immagini SAR è possibile misurare l'entità e la direzione di questo spostamento. Questa tecnica è detta interferometria differenziale.

L'interferogramma è la matrice di dati ottenuta dal confronto tra le due distinte acquisizioni della stessa area, e racchiude in sé le informazioni relative ai vari contributi che generano il valore di fase. La fase racchiude l'informazione sulla distanza sensore-bersaglio e può essere influenzata, oltre che dalla deformazione topografica, anche da disturbi atmosferici.

L'obiettivo della tecnica interferometrica è quello di isolare gli effettivi contributi di fase dovuti al movimento del bersaglio e non imputabili a disturbi, ovvero di stimare accuratamente la differenza di cammino ottico dell'onda elettromagnetica trasmessa in due successive acquisizioni e retrodiffusa dal bersaglio a terra.

La fase di una singola immagine SAR non è di fatto utilizzabile, perché risulta impossibile discriminare un contributo dall'altro. Avendo due o più acquisizioni relative alla stessa area, accuratamente registrate sulla stessa griglia di riferimento, è possibile utilizzare l'informazione contenuta in esse. In questo caso, infatti, sottraendo la fase di un'immagine a quella dell'altra (interferometria differenziale - DInSAR), si genera un interferogramma.

Wenn keine besonderen Veränderungen in der Zeitspanne zwischen den zwei Aufnahmen eintreten, löschen sich die Reflexionsbeiträge, und die Interferogramm-Phase hängt, mit gutem Näherungswert, nur vom Abstand zum Sensor-Ziel ab, und deshalb von eventuellen Bewegungen, die zwischen den zwei Aufnahmen eingetreten sind (abgesehen von den falschen Beiträgen der Atmosphäre und des Geräusches).

Um mehrere Gegenstände mit nur einem Strahl zu unterscheiden, darf der Zielortungswinkel nicht senkrecht zum Boden sein, sondern nach einem Sehwinkel  $\theta$  orientiert sein. Das Vorkommen innerhalb der Radaraufnahmen der perspektivischen Verformungen, die aus der Geometrie der Aufnahme der Satellitenradarsysteme sowie der Bodentopographie erzeugt sind, bringt mit sich, dass die wirkliche Abdeckung der mit den Ergebnissen einer interferometrischen Analyse analysierten Fläche nicht gleichförmig ist. Tatsächlich, das Vorkommen der Überkippen-, Verkürzungs- oder Abschattungsphänomene erzeugt die Überlappung oder das Fehlen der Signale in einigen Szenenbereichen.

Andererseits erlauben die mit der Interferometrie gesammelten Daten ein viel weiteres Gebiet zu überwachen als das welches durch Bodenüberwachungsstationen abgedeckt wird.

Vor der Installation der Überwachungssysteme wird in einer detaillierten Begehungen beurteilt, ob diese mit den Festpunkten des GNSS-Netzes zu integrieren sind. Diese Lösung, die schon beim Los Mauls geprüft wurde, erlaubt die Verbindung der Überwachungsmessungen mit dem Koordinatensystem WGS84.

In den Weite-Radaraufnahmen erleuchten insbesondere die metallischen Einrichtungen (Masten, Antennen, Eisenbahnlinien) oder die Gesteinsaufschlüsse die daher als Zielmarken genutzt werden können.

Für die Messungen müssen Daten aus mehreren Hoch-Definitionssatelliten genutzt werden wie die Satelliten RADARSAT-2 (Band C), COSMO-SKYMED und TERRA-SARX (Band X).

#### 5.1.4 Geodätische Überwachung

Die Messungen werden durch eine geodätische Überwachung mit der Unterstützung von Satellit-Aufnahmen vervollständigt.

Im Rahmen der Messungen mit Satellit-Technologie, um die maximale Genauigkeit zu erreichen, ist ein regionales GNSS-Netz (Global Navigation Satellite Systems) bei der Ortschaft Mauls eingerichtet worden, welches aus fünf Punkte besteht, die ihrerseits in einem Netz höheren Grades

Se non avvengono particolari cambiamenti nel periodo tra le due acquisizioni, i contributi dovuti alla riflettività si annullano e la fase dell'interferogramma dipende, con buona approssimazione, solo dalla distanza sensore-bersaglio e, quindi, da eventuali movimenti intercorsi tra le due acquisizioni (a parte i contributi spuri dovuti all'atmosfera e al rumore).

Per poter distinguere più oggetti con un solo fascio, l'angolo di puntamento di un'antenna SAR non deve essere perpendicolare al suolo, ma orientato secondo un angolo di vista  $\theta$ . La presenza all'interno delle immagini radar delle deformazioni prospettiche causate dalla geometria di acquisizione dei sistemi radar satellitari e dalla topografia del terreno comporta che la reale copertura dell'area analizzata con i risultati di un'analisi interferometrica non è uniforme. Infatti, la presenza dei fenomeni di layover, foreshortening o di shadowing provoca la sovrapposizione o l'assenza di segnali in alcune aree della scena.

D'altro canto i dati raccolti con l'interferometria permettono di monitorare una zona molto più ampia di quella coperta tramite stazioni di monitoraggio a terra.

Successivamente ai sopralluoghi di dettaglio propedeutici all'installazione dei sistemi di monitoraggio, si valuterà l'opportunità di integrare gli stessi con una rete composta di ricevitori GPS fissi. Tale soluzione, già sperimentata per l'abitato di Mules, consentirà di collegare i monitoraggi topografici al sistema di coordinate WGS84.

Nelle immagini radar di ampiezza appaiono particolarmente riflettenti le strutture metalliche (tralicci, antenne, linee ferroviarie) o gli affioramenti rocciosi che possono essere quindi usati come target.

Per le misure devono essere utilizzati dati da più satelliti ad alta definizione tipo i satelliti RADARSAT-2 (banda C), COSMO-SKYMED e TERRA-SARX(banda X).

#### 5.1.4 Monitoraggio geodetico

Le misurazioni sono completate da un monitoraggio geodetico ottenuto con il supporto di immagini satellitari.

Per raggiungere la massima precisione dell'ambito delle misurazioni con tecnologia satellitare si è realizzata una rete GNSS (Global Navigation Satellite Systems) regionale in corrispondenza del paese di Mules consistente di cinque punti inseriti, a loro volta, in una rete di ordine superiore.

eingesetzt sind. Da das zu überwachende Gebiet eine Ausdehnung von ca. 2 Quadratkilometer hat, um eine geeignete Genauigkeit zu erreichen, welche eventuelle Absenkungen während der Untertageaushubarbeiten ermittelt, war die einzige anwendbar Lösung die des GNSS. Die Station Fischerhof, die sich in zentrale Position befindet, ist als Bezugsstation zur Berechnung der Grundlinien zu den vier Stationen von Mauls, Krustner, Stoffl und Pfitscherhof, übernommen worden. Die Bezugsstation (und daher die anderen vier Stationen) sind darüber hinaus durch die Daten der drei Stationen des Bezugsdienst GNSS STPOS des Amtes für geodätische Vermessung des Kataster-Inspektorat der Autonomen Provinz Bozen überwacht: das Ganze für ein GNSS-Gesamtnetz von 5+3 Stationen.

Es sind Warngrenzen bestimmt worden mit drei Klassen von Grenzwerte, entsprechend der vertikalen registrierten Bewegungen:

Grenze 1: 1:  $\pm 25$  mm;

Grenze 2: 2:  $\pm 50$  mm;

Grenze 3: 3:  $\pm 75$  mm.

Im Falle der Überschreitung der Grenzwerte muss der Überwacher dies sofort dem Auftraggeber melden.

Ein Jahr vor Beginn der Untertageaushubarbeiten durch die kritische Zone der Periadriatische Linie ist das GNSS-Überwachungssystem auf ein Bezugsmaß 0 und als erste Kontrollmessung geeicht worden.

Das Überwachungsprogramm des Baulos Mauls 2-3 sieht die Fortführung dieses Überwachungssystems, bereits in Funktion, auch während des Aushubs der Buswerke des neuen Baulos vor.

#### **5.1.5 Eventuelle weitere Überwachungen der Einrichtungen und der morphologisch sensiblen Elementen**

Falls bei der Sicherstellung der Gebäude vorherige Schäden an den Gebäuden festgestellt sein sollten, müssen diese durch elektronische Rissmesser kontrolliert werden, zur Überprüfung derer Entwicklung.

Gleichfalls werden eventuell Dehnungsmessstreifen eingesetzt zur Überwachung morphologischer Elemente, welche während der Tunnelbauphasen sich entwickeln könnten.

## **5.2 ÜBERWACHUNG DER ERSCHÜTTERUNGEN**

Die Überwachung ist auf die Erschütterungsstufenaufnahme ausgerichtet, die aus den Untertageaushubarbeiten mit Sprengstoff herbeigeführt werden.

Poiché l'area da monitorare ha un'estensione di ca. 2 chilometri quadrati, l'unica soluzione applicabile è stata quella GNSS per ottenere una precisione atta a rilevare le eventuali subsidenze durante le operazioni di scavo nel sottosuolo. La stazione Fischerhof, collocata in posizione centrale, è stata assunta come stazione di riferimento per il calcolo delle linee di base alle altre quattro stazioni di Mules, Krustner, Stoffl e Pfitscherhof. La stazione di riferimento (e quindi le altre quattro stazioni) sono ulteriormente sorvegliate tramite i dati forniti da tre stazioni del servizio di riferimento GPS STPOS dell'Ufficio geodetico dell'Ispettorato del Catasto della Provincia Autonoma di Bolzano: il tutto per una rete GNSS complessiva di 5 + 3 stazioni.

Sono state definite delle soglie di allarme con tre classi di valori limite relativi ai movimenti verticali registrati:

Limite 1:  $\pm 25$  mm;

Limite 2:  $\pm 50$  mm;

Limite 3:  $\pm 75$  mm.

Nel caso di superamento dei valori limite il Monitore è tenuto ad informare immediatamente la Committenza.

Un anno prima dell'inizio dei lavori di scavo in sotterraneo attraverso la zona critica del Lineamento Periadriatico si è tarato il sistema di monitoraggio GNSS con una misura 0 di riferimento ed una prima misurazione di controllo.

Il programma di monitoraggio del Lotto Mules 2-3 prevede la continuazione di questo sistema di monitoraggio, già in opera, anche durante lo scavo delle opere parte del nuovo lotto.

#### **5.1.5 Eventuali ulteriori monitoraggi delle strutture e degli elementi morfologici sensibili**

Qualora, durante l'asseverazione degli edifici, fossero riscontrate precedenti lesioni negli edifici, queste verranno controllate facendo ricorso a fessurimetri elettrici, per il controllo della loro evoluzione.

Parimenti, verranno eventualmente posizionati estensimetri a cavo per il monitoraggio di elementi morfologici che potrebbero evolvere durante le fasi costruttive della galleria.

## **5.2 MONITORAGGIO DELLE VIBRAZIONI**

Il monitoraggio è mirato all'acquisizione dei livelli vibrazionali indotti dalle attività di scavo in sotterraneo con esplosivo.

Die Erschütterungsmessungen müssen im dem Zeitfenster durchgeführt werden in dem, in Nähe des überwachten Rezeptors, Aushubtätigkeiten mit Sprengstoff ausgeführt werden.

Im Bereich der Wohnzone Muls ist die Fortführung der bereits laufenden Überwachungen vorgesehen.

Für die zweckdienliche Überwachung des Gebiets an der Grenze zum Los Eisack Unterführung ist die Überwachung des Gebäudes E12 [11] und Umgebung geplant.

In diesem Gebiet müssen die Messvorrichtungen an der Seite des Gebäudes E12 die der Streckenführung näher ist, in Inneren der gewählten Zimmer, am ersten und am letzten Stock des Gebäudes angebracht werden. Die Erschütterungen müssen in drei gegenseitig senkrechten Richtungen angebracht werden mittels Anbringung eines dreiachsigen Beschleunigungsmesser oder 3 einachsige Beschleunigungsmesser, welche gleichzeitig die Daten auf ein Datenaufnahmegerät führen.

Über den im Gebäude angebrachten Messstellen hinaus, wird ein Seismograph genutzt werden der manuell bloß im Moment des Schusses eingeschaltet wird.

Dieses Gerät muss entlang des Fahrradwegs in Achse mit dem Tunnel angebracht werden, um die Erschütterungen zu überwachen denen der Hang über dem Aushub unterliegt.

In den mehr nach Norden liegenden Sektoren des Baulos Muls 2-3 sind keine Überwachungstätigkeiten der Erschütterungen geplant, da die Tunnels durch eine hohe Abdeckung charakterisiert sind.

Alle Messinstrumente (Überträger, Geräte zur Signalbeeinflussung und für das Datenregistrierungssystem) müssen in Vereinbarung mit den Produktionsangaben des Erbauers kalibriert werden. Der Überwachungsbericht muss in Gänze die Messungs- und Datenaufnahmekette beschreiben und es müssen die Reaktionseigenschaften in Frequenz des kompletten Messsystems genau angegeben werden. Die Messkette besteht aus:

- dreiachsigen Beschleunigungsmesser;
- Ladungsverstärker;
- Echtzeit Spektralanalysator;
- Laptop;
- Software für die Datenerfassung.

Das Instrumentarium wird an den ermittelten sensiblen Stellen in Betrieb bleiben bis Werte erhoben werden die über den Grenzwerten liegen.

Was die Überwachung der mit dem Transport und der Materialablagerung verbundenen Erschütterungen betrifft,

Le misure delle vibrazioni devono essere eseguite nella finestra temporale in cui, nelle vicinanze del ricettore monitorato, vengono eseguite le attività di scavo con esplosivo.

Nella zona dell'abitato di Muls è prevista la continuazione dei monitoraggi già in corso.

Per il monitoraggio strumentale dell'area situata al confine con il lotto Sottoattraversamento Isarco è previsto il monitoraggio dell'edificio E12 [11] e della zona circostante.

In quest'area i dispositivi di misura devono essere posizionati dal lato dell'edificio E12 a minima distanza dal tracciato, all'interno delle stanze scelte, al primo e all'ultimo piano dell'edificio. Le vibrazioni vanno misurate in tre direzioni mutuamente perpendicolari tramite il posizionamento di un accelerometro triassiale o di 3 accelerometri monoassiali, che convogliano simultaneamente i dati a una centralina di acquisizione dati.

Oltre alle misure posizionate nell'edificio, verrà utilizzato un sismografo da azionare manualmente unicamente al momento della volata.

Questo apparecchio dovrà essere posizionato lungo la pista ciclabile in asse alla galleria, in modo da monitorare le vibrazioni, cui è soggetto il versante sovrastante lo scavo.

Nei settori più a nord del Lotto Muls 2-3 non sono previste attività di monitoraggio delle vibrazioni, in quanto le gallerie sono caratterizzate da un'alta copertura.

Tutti gli strumenti di misura (trasduttori, apparecchi per il condizionamento del segnale ed il sistema di registrazione dati) devono essere calibrati in accordo con le specifiche del costruttore. Il rapporto di monitoraggio dovrà descrivere interamente la catena di misura ed acquisizione dati e dovranno essere precisate le caratteristiche di risposta in frequenza del sistema di misura completo. La catena di misura si compone di:

- Accelerometri triassiali;
- Amplificatore di carica;
- Analizzatore di spettro in tempo reale;
- PC portatile;
- Software dedicato per l'acquisizione dati.

La strumentazione rimarrà in funzione nei punti sensibili individuati fin tanto che rileva valori maggiori dei valori soglia.

Per quanto riguarda il monitoraggio delle vibrazioni legate al trasporto e deposito del materiale, che si ripercuotono sugli

welche sich auf die Gebäude innerhalb der Ablagerungsbaustellen auswirken, diese ist nicht Gegenstand dieses Berichts, welches sich ausschließlich mit den von Untertagebauten erzeugten Erschütterungen beschäftigt, aber, wie bereits erwähnt, werden diese in den Unterlagen des Baustellenaufbaus, im Kapitel bzgl. *Baulogistik – Materialverwaltung – Abraumhalden* (Dokumente von 51005 bis 51123) behandelt, sowie im Umweltüberwachungsplan [8].

### 5.3 ÜBERWACHUNG WASSERRESSOURCEN

Eine Interferenz des Tunnelaushubs mit Quellen oder Oberflächengewässer ist entlang der ganzen Tunnelstrecke potentiell möglich.

Aus diesem Grund ist bereits seit vielen Jahren im ganzen Projektgebiet die Überwachung von Grundgewässer und Quellen im Gange, und wird sich auf die gesamte Arbeitsausführung erstrecken.

Die geographische Ausdehnung des Überwachungsgebiets der Wasserressourcen ist im Überwachungsplan der Wasserressourcen dargestellt [15]. Die Überwachung der Wasserressourcen (Quellen, Piezometer, Brunnen und Wasserläufe) muss fortgeführt werden, gemäß den bereits in den Phasen vor Baubeginn dieses Baulos laufenden Modalitäten.

Das BBT-SE-Überwachungsprogramm der Wasserressourcen umfasst mit Stand 31.12.2013 ca. 530 Messstellen auf dem italienischen Projektgebiet.

Es wird unterschieden zwischen einem Stammprogramm und spezifische Programme für ergänzende Bauwerke.

Das Stammprogramm umfasst die Überwachung sämtliche Messstellen im gesamten Projektraum und sieht Messungen der physikalischen Parameter (Schüttung, Temperatur und Leitfähigkeit), sowie Probenahmen und Gewässeranalyse an bestimmten Messstellen vor.

Die Überwachung der Wasserressourcen bzgl. der sich in Bau befindenden Tunnels (Erkundungstunnel und Haupttunnels), werden als spezifische Programme für ergänzende Bauwerke bezeichnet und sind räumlich begrenzt. Diese Programme werden den Vortrieben räumlich und zeitlich angepasst.

edifici situati all'interno dei cantieri di deposito, questo non è parte della presente relazione, che si occupa esclusivamente delle vibrazioni causate dalle opere in sotterraneo, ma, come già detto, sono trattate nella documentazione della Cantierizzazione, il capitolo relativo alla *Logistica di costruzione - Gestione del materiale – depositi* (elaborati dal 51005 al 51123) e nel Programma di Monitoraggio Ambientale [8].

### 5.3 MONITORAGGIO DELLE RISORSE IDRICHE

Un'interferenza dello scavo delle gallerie con sorgenti o acquiferi di superficie è potenzialmente possibile lungo tutta la tratta della Galleria.

Per questo motivo è già in atto da numerosi anni, in tutta la zona di progetto, il monitoraggio delle acque di falda e delle sorgenti, che si protenderà per tutta l'esecuzione dei lavori.

L'estensione geografica dell'area di monitoraggio delle risorse idriche è rappresentata nella planimetria del monitoraggio delle risorse idriche [15]. Il monitoraggio delle risorse idriche (sorgenti, piezometri, pozzi e corsi d'acqua) dovrà continuare secondo le modalità già in opera nelle fasi precedenti all'inizio dei lavori del lotto attuale.

Il programma di monitoraggio delle risorse idriche di BBT SE comprende con stato 31.12.2013 circa 530 punti di misurazione distribuiti sul lato italiano dell'area di progetto.

Si distingue tra un programma principale di base e programmi specifici per opere di costruzione integrativi.

Il programma principale di base comprende il monitoraggio di tutti i punti di misurazione distribuiti sull'intera area di progetto e prevede delle misurazioni dei parametri fisici (portata, temperatura e conducibilità) nonché dei campionamenti e analisi delle acque presso determinati punti di misurazione.

I monitoraggi delle risorse idriche relative a gallerie in via di costruzione (Cunicolo Esplorativo e gallerie principali) sono denominate programmi specifici per opere di costruzione e presentano un'area limitata. Questi programmi vengono adattati agli scavi sia in termini di territorio che di tempo.

## 6 ÜBERWACHUNGSZUTÄNDIGKEITEN

Die Unterteilung der Zuständigkeiten zwischen BBT und dem Auftragnehmer bei der Ausführung der im vorigen Kapitel beschriebenen Überwachungen sind in folgende Tabelle aufgezeigt

## 6 COMPETENZE DEI MONITORAGGI

La suddivisione delle competenza tra BBT e l'Appaltatore, nell'esecuzione dei monitoraggi descritti nel precedente capitolo sono riportate nella seguente Tabella.

Tabella 1: Zuständigkeiten bei Überwachungsausführung

Tabella 1: Competenze nell'esecuzione dei monitoraggi

TIPOLOGIA DI MONITORAGGIO ÜBERWACHUNGSTYOLOGIE	COMPETENZA ZUSTÄNDIGKEIT	
	Appaltatore Auftragnehmer	BBT
<b>Monitoraggio dei cedimenti e delle subsidenze</b> <b>Überwachung der Setzungen und Absenkungen</b>		
Asseverazione Sicherstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esecuzione prima dell'inizio dei lavori</li> <li>Ausführung vor Beginn der Arbeiten</li> </ul>	
Misurazioni trigonometriche Trigonometrische Messungen		Continuazione dei monitoraggi in corso  Fortführung der laufenden Überwachungen
<i>Stazioni totali</i> <i>Tachymeter</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fornitura e installazione della nuova strumentazione;</li> <li>Esecuzione delle misure;</li> <li>Trasmissione reportistica.</li> <li>Lieferung und Installation der neuen Gerätschaft;</li> <li>Ausführung der Messungen;</li> <li>Berichtsübertragung.</li> </ul>
<i>Target riflettenti</i> <i>Zielmarken</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fornitura e installazione dei nuovi target riflettenti su richiesta della D.L.</li> <li>Lieferung und Installation der neuen Zielmarken auf Anfrage der BL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esecuzione delle misure;</li> <li>Trasmissione reportistica.</li> <li>Ausführung der Messungen;</li> <li>Berichtsübertragung.</li> </ul>
Interferometria differenziale Differentialinterferometrie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fornitura e installazione della strumentazione;</li> <li>Esecuzione delle misure;</li> <li>Trasmissione reportistica.</li> <li>Lieferung und Installation der Gerätschaft;</li> <li>Ausführung der Messungen;</li> <li>Berichtsübertragung.</li> </ul>
Monitoraggio geodetico Geodätische Überwachung		Continuazione del monitoraggio in corso



		Fortführung der laufenden Überwachungen
<p>Eventuali ulteriori monitoraggi delle strutture e degli elementi morfologici sensibili</p> <p>Eventuell weitere Überwachungen der Einrichtungen und der morphologisch sensiblen Elemente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornitura e installazione della strumentazione su richiesta della D.L.</li> <li>• Lieferung und Installation der neuen Zielmarken auf Anfrage der BL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esecuzione delle misure;</li> <li>• Trasmissione reportistica.</li>   <li>• Ausführung der Messungen;</li> <li>• Berichtsübertragung.</li> </ul>
<p><b>Monitoraggio delle Vibrazioni</b></p> <p><b>Überwachung der Erschütterungen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornitura e installazione della strumentazione su richiesta della D.L.</li> <li>• Esecuzione delle misure. Trasmissione di rapporti giornalieri alla D.L.</li> </ul>	
<p><b>Monitoraggio delle risorse idriche</b></p> <p><b>Überwachung der Wasserressourcen</b></p>		<p>Continuazione del monitoraggio in corso e attuazione del programma specifico proposto.</p> <p>Fortführung der laufenden Überwachungen und Durchführung des vorgeschlagenen spezifischen Programms.</p>

## 7 ERMITTLUNG DER ÜBERWACHUNGSPUNKTE

Die ermittelten Punkte zur Überwachung der Setzungen, der Absenkungen und der Erschütterungen, mit den dazugehörigen kartographischen Zooms, sind in der Gesamtkartographie [10] angezeigt während die Überwachungspunkte der Wasserressourcen in Tafel [10] angegeben sind.

### 7.1 BEREICH GRENZE SÜD BAULOS MAULS 2-3

Im südlicheren Teil des Baulos, im angrenzenden Bereich zum Baulos Eisack Unterführung, wird man in unmittelbarer Nähe zur Verwerfung Weissenbach ausheben, wo das Grundwasser an der Talsohle in teilweiser hydraulischer Verbindung mit dem Eisack Fluss ist. Der Tunnelaushub im Einflussbereich dieser Verwerfung oder anderen damit verbundenen Verwerfungen könnte also die Drainage dieses Grundwassers erzeugen. Hier, aufgrund der niedrigen Abdeckungen könnten außerdem die vom Aushub erzeugten Erschütterungen eine Auswirkung auf Hänge und im Gebiet vorkommende Infrastrukturen haben, die deshalb überwacht werden müssen.

Der Oberflächenüberwachungsplan bzgl. des Baulos Eisack Unterführung sieht zahlreiche Kontrolltätigkeiten der Infrastrukturen und des Gebiets im Bereich vor, das vom Bau dieses Los betroffen ist.

An der Schnittstelle mit dem Baulos Eisack Unterführung, am südlicheren Abschnitt der doppelgleisigen Tunnels, zwischen km 52.6+29 und 54.0+15 (traditionell ausgehoben) des Baulos Mauls 2-3, werden die für das Baulos Eisack Unterführung vom Auftragnehmer durchgeführten Messungen, welche das Gebiet im Norden, Nord-Westen des Fußballplatzes von Franzensfeste abdecken und aus Schichtmessungen bei Sondierungen und dreidimensionale geodätische Verformungsmessungen der Infrastrukturen mit relativen Bauwerken bestehen, erworben. Bei Abschluss des Baulos Eisack Unterführung wird das installierte Instrumentarium erworben und die Überwachung wird von BBT weitergeführt. Im Lageplan [11] ist das genaue Gebiet angezeigt wo diese Messungen fortgeführt werden sollen.

Im Gebiet befindet sich nur ein potentiell vom traditionellen Haupttunnelaushub beeinflusstes Wohnhaus (dessen genauer Standort im Lageplan [11] angezeigt ist). Während der Ausführung des Baulos Eisack Unterführung, vor diesem Baulos, werden eventuelle Auswirkungen der Erschütterungen auf die Oberfläche quantifiziert, welche von den Sprengungen des traditionellen Aushubs erzeugt werden, und eventuell nötige Maßnahmen ergriffen, falls die erlaubten Grenzen überschritten werden. Wenn keine

## 7 INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I punti individuati per il monitoraggio dei cedimenti, delle subsidenze e delle vibrazioni, con i relativi zoom cartografici sono indicati nella cartografia d'insieme [10], mentre i punti di monitoraggio delle risorse idriche sono indicati nella tavola [10].

### 7.1 ZONA CONFINE SUD DEL LOTTO MULES 2-3

Nella parte più meridionale del lotto, nella zona attigua al lotto Sottoattraversamento Isarco, si andrà a scavare a ridosso della faglia del Rio Bianco, dove l'acquifero di falda sul fondovalle è in parziale contatto idraulico con il fiume Isarco. Lo scavo della galleria nella zona di influenza di questa faglia o di altre faglie correlate potrebbe quindi causare il drenaggio di questo acquifero. Qui, date le basse coperture, le vibrazioni provocate dallo scavo potrebbero avere, inoltre, un impatto sui pendii e le infrastrutture presenti nell'area, che andranno di conseguenza monitorate.

Il piano di monitoraggio di superficie relativo al lotto Sottoattraversamento Isarco prevede numerose attività di controllo delle infrastrutture e del territorio nell'area interessata dalla costruzione di questo lotto.

All'interfaccia con il lotto Sottoattraversamento Isarco, in corrispondenza del segmento più meridionale delle gallerie a doppio binario tra il km 52.6+29 e 54.0+15 (scavate in tradizionale) del Lotto Mules 2-3, verranno acquisite le misurazioni condotte dall'Appaltatore del lotto Sottoattraversamento Isarco, che coprono la zona a nord, nord-ovest del campo da calcio di Fortezza e consistono in misure di falda nei sondaggi e misurazioni geodetiche tridimensionali di deformazioni su infrastrutture, insieme alle relative opere. Alla chiusura del Lotto Sottoattraversamento Isarco, verrà acquisita la strumentazione installata e il monitoraggio verrà proseguito da BBT. Nella planimetria [11] è indicata l'area esatta dove si intendono proseguire queste misurazioni.

Nella zona è presente un'unica abitazione (la cui posizione esatta è indicata nella planimetria [11]) potenzialmente influenzata dallo scavo in tradizionale delle Gallerie di Linea. Durante l'esecuzione del lotto Sottoattraversamento Isarco, antecedente al lotto in questione, verranno quantificate le eventuali ripercussioni sulla superficie delle vibrazioni causate dai brillamenti derivanti dallo scavo in tradizionale ed eventualmente adottati i necessari provvedimenti, nel caso in cui i limiti consentiti vengano superati. Qualora non

Probleme in diesem Zeitraum festgestellt werden, bleibt auch die Möglichkeit erhalten, dass eine sukzessive Überwachung des Gebäudes nicht nötig sei.

Insbesondere, werden Messungen der Verformungen von Bauwerke, Infrastrukturen und der Geländeoberfläche durch dreidimensionale geodätische Messungen und Erschütterungsmessungen ausgeführt.

In Bezug auf die Erschütterungsmessung sind in Folge die ermittelten Messstellen aufgezeigt.

venissero riscontrati problemi in quel lasso di tempo, si mantiene viva anche la possibilità che un monitoraggio successivo dell'edificio non sia necessario.

Più in dettaglio, verranno effettuate delle misurazioni di deformazioni di opere, infrastrutture e del piano campagna tramite misurazioni geodetiche tridimensionali e misura delle vibrazioni.

Relativamente alla misura delle vibrazioni di seguito sono riportati i punti di misurazione individuati.

*Franzensfeste*

*Fortezza*

<b>Kennzeichnungskode</b> <b>Codice identificativo</b>	<b>Alter Kode</b> <b>Vecchio codice</b>	<b>Beschreibung</b> <b>Descrizione</b>	<b>Gruppe</b> <b>Gruppo</b>	
I-MF-Mm-VIB-010/14	EI2/FB-W-1	Wohnhaus Weissenbach 1  Abitazione Mezzaselva, Riobianco,1	Mittewald  Frazione via	A

**7.2 BEREICH MAULS**

Der traditionelle Haupttunnelaushub im Norden des Mauls Fensters sowie der des Zugangstunnels zur Nothaltestelle, durch das Verwerfungsgestein der Austroalpinen Periadriatischen Linien, könnten Störungen an die darüber liegende Ortschaft Mauls verursachen.

Ein Überwachungsplan der Erschütterungen, der Setzungen und der Absenkungen wurde bereits im Bereich der Ortschaft Mauls während des Erkundungstollenaushubs auf der Strecke der Periadriatischen Liniendurchquerung durchgeführt.

In Betracht, dass dieselbe Strecke Gegenstand in diesem Baulos des traditionellen Aushubs von Haupttunnels und Zugangstunnel zur Nothaltestelle sein wird, ist die zeitliche Erstreckung der obengenannten Überwachungen auf die Gesamtdauer der Arbeiten an dieser Strecke vorgesehen.

Zurzeit läuft ein genaue geodätische Überwachung, welche aus zwei miteinander korrelierten Hauptsegmente besteht:

- Terrestrische Überwachung mit automatisierten Tachymeter mit Prismenmessungen an den Gebäuden der Ortschaft Mauls, um zuverlässige und direkte Informationen bzgl. eventuellen Oberflächenbewegungen auch im dichtbesiedelten Zentrum des Ortsteils Mauls, das ca. 2000 Einwohner zählt;

**7.2 ZONA MULES**

Lo scavo in tradizionale delle gallerie principali, a nord della finestra di Mules, e della Galleria di Accesso alla Fermata d’Emergenza, attraverso le rocce di faglia del Lineamento Periadriatico Austroalpine, potrebbero causare disturbi al sovrastante abitato di Mules.

Un programma di monitoraggio delle vibrazioni, dei cedimenti e delle subsidenze è già stato sviluppato nella zona dell’abitato di Mules durante lo scavo del Cunicolo Esplorativo nella tratta dell’attraversamento del Lineamento Periadriatico.

Considerando che la stessa tratta sarà oggetto nel presente lotto dello scavo con metodo tradizionale delle gallerie principali e della Galleria di Accesso alla Fermata d’Emergenza, verrà prevista l’estensione temporale dei suddetti monitoraggi per tutta la durata dei lavori in quella tratta.

Al momento è in atto un monitoraggio geodetico di precisione, che consta di due segmenti fondamentali correlati fra loro:

- Monitoraggio terrestre con una stazione totale robotizzata con misurazioni a prismi installati su edifici dell’abitato di Mules, al fine di ricevere delle informazioni affidabili e dirette relative ad eventuali movimenti di superficie anche nel centro densamente edificato della frazione di Mules che conta una popolazione di c.ca 2000 abitanti;

- Dauersatellitenüberwachung auf mehreren Stufen (GNSS).

Der Lageplan der Ortschaft Mauls mit dem Standort des Instrumentariums der bereits laufenden Überwachung ist in Lageplan [12] aufgezeigt.

Die Fortführung dieses Systems ist daher auch während des Aushubs der Bauwerke des Baulos Mauls 2-3 geplant.

Der Bereich Mauls, wo die bedeutendsten Absenkungen erwartet wurden, ist schon vom Erkundungsstollenaushub betroffen. Der Aushub der Haupttunnels und der Nothaltestelle dürften also nicht mehr eine bedeutende Auswirkung auf diese Gebiete haben, wo die unterirdischen Schichten schon Großteils vom Erkundungsstollenaushub drainiert wurden

Angesichts der hohen Überdeckungen sind keine Erschütterungsauswirkungen zu erwarten.

Es wird darauf hingewiesen, dass entlang der Tunnelstreckenführung im Bereich Mauls bereits Erschütterungssensoren in der Phase vor Baubeginn bereits überwacht wurden.

Die Rezeptoren könnten daher als Vergleich im Reklamationsfall genommen werden.

*Mauls*

<b>Kennzeichnungskode</b> <b>Codice identificativo</b>	<b>Alte Kode</b> <b>Vecchio codice</b>	<b>Beschreibung</b> <b>Descrizione</b>	<b>Gruppe</b> <b>Gruppo</b>
I-CF-Mu-VIB-090/14	31/63	Wohnhaus Frazione Mules 82 Mauls / Abitazione Frazione Mules 82 Mules	A

### 7.3 BEREICH PFITSCHTAL UND BRENNERPASS

Im Norden des Bereichs Mauls wird der Aushub unter hohe Gesteinsabdeckungen mittels TBM Einsatz fortsetzen. In diesem Gebiet sind keine Probleme für die Stabilität von Bauwerke oder Hänge erwartet, aber es könnten sich Absenkungsphänomene ereignen.

Das Ergebnis der Bewertung der Setzungsempfindlichkeit der verschiedenen geologischen Einheiten und der voraussichtlichen Lastsenkungen im Grundwasser zeigt, dass merkbaren Setzungen meist nur an Bereichen, die außerhalb sensible Anlagen und Infrastrukturen liegen [1], zu erwarten sind.

Dennoch muss das Überwachungsprogramm die Infrastrukturen (Brücken, Stützmauern, hohe Gebäude) am

- Monitoraggio permanente satellitare a più livelli (GNSS).

La planimetria dell'abitato di Mules con la posizione della strumentazione del monitoraggio già in atto è riportata nella planimetria [12].

La continuazione di questo sistema è quindi prevista anche durante lo scavo delle opere parte del Lotto Mules 2-3

La zona di Mules, dove erano attese le subsidenze più significative, è già stata interessata dallo scavo del Cunicolo Esplorativo. Lo scavo delle gallerie principali e della Fermata d'Emergenza non dovrebbe più avere, quindi, un impatto significativo su queste zone, dove le falde sotterranee sono già state in gran parte drenate dallo scavo del Cunicolo Esplorativo.

Relativamente alla misura delle vibrazioni, date le alte coperture, non sono attesi impatti.

Si segnala che il seguente gruppo di ricettori, lungo il tracciato della galleria, in località Mules sono stati già monitorati in fase di ante operam.

Potrebbero, quindi, essere presi a confronto in caso di contestazioni.

*Mules*

### 7.3 ZONA VALLE DI VIZZE E VALICO DEL BRENNERO

A nord della zona di Mules, lo scavo proseguirà sotto alte coperture di roccia tramite l'utilizzo di TBM. In quest'area non sono attesi problemi per la stabilità dei manufatti o dei versanti, ma potrebbero verificarsi fenomeni di subsidenza.

Dal risultato della valutazione della sensibilità alla subsidenza delle diverse unità geologiche e delle previste diminuzioni di carico idraulico negli acquiferi emerge che subsidenze percettibili sono da attendersi normalmente solo in aree ubicate al di fuori di impianti e infrastrutture sensibili [1].

Tuttavia, il programma di monitoraggio dovrà includere in particolare le infrastrutture (ponti, muri di sostegno, edifici

Brennerpass einschließen, sowie die Stauanlage des Wasserkraftwerks von Ried im Pfitschtal.

Die stärksten Differentialabsenkungen sind im Fall von Inhomogenität der losen Materialstruktur (z.B. Wechsellagerung von Seesedimenten mit Schwemm Kies oder Schuttablagerungen, wie sie im Hochpfitschtal vorkommen) erwartet..

Im Bereich des Brennerpasses sind Setzungen im Zentimeterbereich nicht auszuschließen. Einzelne Objekte sind von Setzungen betroffen, aber keine Schäden sind zu erwarten.

Die Überwachung des Gebiets wird mit Inanspruchnahme der Satellitendifferentialinterferometrie, welche den Bereich Geoteam 13 [11] betreffen wird, erfolgen.

In diesen Sektoren sind keine Überwachungstätigkeiten der Erschütterungen vorgesehen, da die Tunnels durch einer hohen Abdeckung charakterisiert sind , welche in Achse zu den Tunnels auf Höhe des Pfitschtals eine Mindeststärke von ca. 600 m erweist. In Bezug auf den Brennerpass, wo zahlreiche Infrastrukturen vorhanden sind, befindet sich das Gebiet ca. 600 m höher als der Basistunnel. In diesem Bereich ist der horizontale Mindestabstand der Tunnels von dem Gebiet wo Bauwerke und Infrastrukturen vorhanden sind von ca. 2000 m. Dagegen ist die Abdeckung in Achse zu den Tunnels von ca. 1200 m.

Für die Überwachung der Bereiche des Pfitschtals, welche von Absenkungsphänomene betroffen sind, ist hingegen, zur Überwachung der sensibleren Gebiete mit Einschließung insbesondere der Infrastrukturen wie Brücken, Stützmauern, Gebäude und Dämme, die kombinierte Nutzung von Tachymeter verbunden mit der Nutzung der Satellitendifferentialinterferometrie geplant.

Die betroffenen Gebiete werden als Geoteam Zone 14 und Geoteam Zone 15 [11] bezeichnet.

Eine ungefähre Position dieser feststehenden Tachymeter und der relativen Prismen die an den Gebäuden angebracht werden ist im Lageplan [13] angegeben; der genaue Standort wird vor Ort nach einem sachgerechten Lokalaugenschein der Bereiche festgelegt.

In Bezug auf die Erschütterungskomponente wird darauf hingewiesen, dass folgende im Pfitschtal entlang der Tunnelstreckenführung angebrachte Rezeptorengruppe bereits in der Phase vor Baubeginn überwacht wurde.

Die Rezeptoren könnten daher als Vergleich im Reklamationsfall genommen werden.

alti) al valico del Brennero, nonché l'impianto di sbarramento delle centrali idroelettriche di Novale in Val di Vizze.

Le maggiori subsidenze differenziali sono attese in caso di disomogeneità nella struttura del materiale sciolto (p.e. area di interdigitazione di sedimenti lacustri con ghiaie di origine alluvionale o depositi detritici, come presenti nell'alta val di Vizze).

Nella zona del Valico del Brennero non possono essere escluse delle subsidenze di ordine di grandezza centimetrico. Le subsidenze interessano singoli manufatti, ma non sono attesi dei danni.

Il monitoraggio della zona avverrà ricorrendo all'interferometria differenziale satellitare, che interesserà l'area Geoteam 13 [11].

In tali settori non sono previste attività di monitoraggio delle vibrazioni, in quanto le gallerie sono caratterizzate da un'alta copertura, che ha in asse alle gallerie uno spessore minimo di circa 600 m in corrispondenza della val di Vizze. Per quanto riguarda il valico del Brennero, dove sono presenti numerose infrastrutture, la zona si trova ad un'altitudine di circa 600 m maggiore di quella delle Gallerie di Base. In questa zona la distanza orizzontale minima dalle gallerie dalla zona dove sono presenti manufatti ed infrastrutture è di circa 2000 m. In asse alle gallerie la copertura è invece di circa 1200 m.

Per il monitoraggio delle aree della val di Vizze interessate dai fenomeni di subsidenza è, invece, previsto l'utilizzo combinato di stazioni totali per monitorare le zone più sensibili, comprendendo particolarmente le infrastrutture quali ponti, muri di sostegno, edifici e dighe, associate all'utilizzo dell'interferometria differenziale satellitare.

Le aree interessate sono indicate come Area Geoteam 14 e Area Geoteam 15 [11].

Una posizione indicativa di queste stazioni fisse e dei relativi prismi da disporre sulle abitazioni è specificata nelle planimetrie [13]; l'esatta posizione dovrà essere stabilita in loco dopo un opportuno sopralluogo delle aree.

Relativamente alla componente vibrazioni, si segnala che il seguente gruppo di ricettori, posti in Val di Vizze, lungo il tracciato della galleria, sono stati già monitorati in fase di ante operam.

Potrebbero, quindi, essere presi a confronto in caso di contestazioni.

Kennzeichnungskode Codice identificativo	Alter Kode Vecchio codice	Beschreibung Descrizione	Gruppe Gruppo
I-VP-Bu-VIB-010/14	29/58	Wohnhaus Pfitschtal Fussendras 33° Abitazione Val di Vize Fussendras 33a	A
I-VP-Bu-VIB-050/14	30/62	Wohnhaus Kematen Fussendras 33° Abitazione Caminata Fussendras 33a	A
I-VP-Bu-VIB-060/14	32/64	Wohnhaus Pfitschtal Burgum 12 Abitazione Val di Vize Burgum 12	A

## 8 ÜBERWACHUNGSASUFÜHRUNG

### 8.1 ZEITLICHE GLIEDERUNG DER ÜBERWACHUNGEN

#### 8.1.1 Überwachung vor Baubeginn

Vor Baubeginn sind die potentiell betroffenen Gebäude einer bautechnischen Beweissicherung zu unterziehen. In der Beweissicherung sind die Bauart und der Bauzustand der Gebäude festzuhalten, insbesondere sind vor Baubeginn bestehende Schäden zu dokumentieren.

Die Bauzustandserhebung dient einer gegenüber Bauherrn, ausführender Firma und Anrainern klar festgelegten Dokumentation der vor dem Baubeginn bestehenden und nicht durch den Bau verursachten Schäden und verhindert somit Streitigkeiten während des Baus.

Die Überwachung vor Baubeginn für die Mauis 2-3 Baulose kann nur in den nördlichen Gebieten von Mauis ausgeführt werden, wo kein Bauwerk des Projekts schon gebaut wurde.

Dagegen im Gebiet zwischen Franzensfeste und Mauis fügen sich die Baulose in einer Situation ein, bei der verschiedene Bauwerke bereits ausgeführt wurden und deshalb eventuelle von den Bauwerken erzeugte Setzungen oder Auswirkungen schon im Gange sein könnten.

Die Überwachung vor Baubeginn hat den Zweck, den Ist-Zustand des Untergrundes und der Morphologie im potentiellen Einflussbereich des Bauvorhabens in qualitativer wie quantitativer Hinsicht als Grundlage für die Ausführungsplanung zu erfassen und zu dokumentieren.

## 8 ESECUZIONE DEI MONITORAGGI

### 8.1 ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEI MONITORAGGI

#### 8.1.1 Monitoraggio ante operam

Prima dell'esecuzione del progetto gli edifici potenzialmente impattati devono essere sottoposti ad un rilievo della struttura e dello stato conservativo della stessa; in particolare devono essere documentati danni già esistenti prima dell'inizio dei lavori.

Per il Committente, per l'Appaltatore e per i frontisti il rilievo dello stato esistente costituisce una precisa documentazione dei danni esistenti già prima dell'inizio dei lavori e non causati dai lavori, onde evitare controversie durante la fase esecutiva.

Il monitoraggio ante operam per i lotti Mules 2-3 può essere effettuato solamente nelle aree a nord di Mules, dove nessuna opera relativa al progetto è già stata costruita.

Nella zona compresa tra Fortezza e Mules invece, i lotti presenti vanno ad inserirsi in una situazione dove diverse opere relative al progetto sono già state eseguite e, quindi, eventuali cedimenti o impatti causati dalle opere potrebbero già essere in atto.

Il monitoraggio ante operam ha lo scopo di caratterizzare e documentare, come base per la costruzione, lo stato del suolo e della morfologia all'interno delle aree di influenza dell'attività in progetto, in termini qualitativi e quantitativi.

Insbesondere müssen geomorphologische Formen und Prozesse überprüft werden, wie Rutsche und Erosionsphänomene im Einflussbereich des Projekts, um dann eventuelle sich mit der Zeit entwickelnde Prozesse ermitteln und dokumentieren zu können, sowohl im Allgemeinen als auch insbesondere mit der geplanten Bautätigkeiten verknüpft.

In Bezug zur Überwachung der Wasserressourcen vor Baubeginn, wurde diese bereits in den vorhergehenden Projekt- und Bauphasen durchgeführt.

Tatsächlich, zur Dokumentation der qualitativen und quantitativen Verhältnisse des Grund- und Bergwassers im Trassenbereich und zur weiteren hydrogeologischen Erkenntnisgewinnung, erfolgt seit 2001 eine in wasserwirtschaftliche Beweissicherung, vorbeugend sowie in der Bauphase.

Diese Überwachung (das sogenannte Stammprogramm) betrifft kein bestimmtes Baulos, sondern deckt das ganze Gebiet des Gesamtplans des Brenner Basistunnels, sowohl in Italien als auch in Österreich (Innsbruck – Franzensfeste / Aicha) ab.

#### **8.1.2 Überwachung während der Bauphase**

Die Überwachung während der Bauphase hat den Zweck, den Zustand des Untergrundes und der Morphologie im potentiellen Einflussbereich des Bauvorhabens in qualitativer wie quantitativer Hinsicht während der Baumaßnahmen laufend zu erfassen und Veränderungen ggf. zu dokumentieren.

Die Überwachung der Erschütterungen während der Ausführungsphase dient der Dokumentation der Höhe der auftretenden Schwingungen und ermöglicht ein Einschreiten und Verringern der Schwingungen durch Umstellungen im Bauverlauf bei Überschreitungen.

Die Überwachung muss so lang durchgeführt werden bis die Messgeräte Werte erheben welche die Grenzwerte überschreiten. Die Messgeräte werden in Gebäuden und/oder an Bauwerken eingesetzt, in deren Nähe erschütterungsintensive Bauarbeiten stattfinden. Mit der Entwicklung der Baustelle werden die Geräte nach Bedarf umgesetzt.

Klarerweise können die Messungen während der Baustellentätigkeit variiert werden, um den Standort und die räumliche Mobilität der Maschinen und die zeitliche Entwicklung der Baustelle zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Messungen sind umgehend der Bauleitung zur Verfügung zu stellen, besonders im Falle eines Überschreitens der Erschütterungsgrenzwerte, um die verursachenden Bautätigkeiten, rasch anzupassen.

In particolare, devono essere verificate le forme e i processi geomorfologici quali frane e fenomeni erosivi nelle aree d'influenza dell'attività in progetto, per poi poter identificare e documentare eventuali evoluzioni dei processi nel tempo, sia di natura generale che soprattutto legate all'attività lavorativa in progetto.

Per quanto riguarda il monitoraggio ante operam delle risorse idriche, questo è già stato condotto nelle precedenti fasi progettuali e costruttive.

Infatti, al fine di documentare le condizioni qualitative e quantitative delle acque ipogee nell'area del tracciato e per ottenere ulteriori informazioni idrogeologiche, a partire dall'anno 2001 viene svolto un accertamento tecnico preventivo e in corso d'opera delle risorse idriche.

Tale monitoraggio (il cosiddetto "Programma Originario") non è lotto specifico, ma copre tutta l'area di progetto complessiva della galleria di base del Brennero, sia in Italia che in Austria (Innsbruck – Fortezza / Aicha).

#### **8.1.2 Monitoraggio in corso d'opera**

Il monitoraggio in corso d'opera ha lo scopo di tenere continuamente sotto controllo lo stato del sottosuolo e della morfologia all'interno delle aree di influenza dell'attività in progetto, in termini qualitativi e quantitativi, e di documentare eventuali alterazioni.

Inoltre, il monitoraggio delle vibrazioni durante la fase esecutiva serve alla documentazione dell'intensità delle vibrazioni e permette un eventuale intervento per diminuire le vibrazioni in caso di superamento delle soglie, modificando lo svolgimento dei lavori.

Il monitoraggio deve essere eseguito fin tanto che le strumentazioni rilevano valori superiori ai valori soglia. Gli strumenti di misura vengono impiegati in edifici e/o su opere nei pressi dei quali avvengono dei lavori di costruzione che causano vibrazioni intense. Col progredire del cantiere gli strumenti verranno spostati all'occorrenza in altri luoghi.

Naturalmente, i monitoraggi potranno essere variati nelle fasi operative di cantiere, per tenere in conto della dislocazione e della mobilità spaziale delle macchine, e dello sviluppo temporale del cantiere. I risultati del monitoraggio devono essere resi disponibili tempestivamente, soprattutto in caso di superamenti delle soglie vibrazionali, al fine di apportare tempestivamente le opportune correzioni alle lavorazioni che sono causa di tali superamenti.

In Bezug auf die Überwachung der Wasserressourcen während der Bauphase wird ein bestimmtes dem Gebiet und Zeitrahmen den unterschiedlichen Aushubphasen angepasstes Programm durchgeführt

### **8.1.3 Überwachung nach Bauende**

Die Überwachung nach Bauende hat den Zweck eine Darstellung des Endzustandes zu liefern sowie eventuell andauernde Verformungen oder Setzungen zu dokumentieren, sowie der Einhaltung der Grenzwerte im Rahmen des Bahnbetriebs der neuen Linie zu überprüfen.

Die Messungen werden abgeschlossen, wenn nach Abschluss der Arbeiten in einem Monat keine Veränderungen über der Messgenauigkeit mehr auftreten.

Eventuelle nach Ende der Arbeiten noch andauernde Verformungen und Setzungen werden auf Anordnung der Bauleitung weiterhin gemessen.

Die Fortführung der Überwachung der Wasserressourcen in der Phase nach Bauende dient im Wesentlichen der Kontrolle des Wasserhaushaltes nach Ausführung der Maßnahmen zur Bewertung möglicher langfristiger Auswirkungen.

Die Überwachung nach Bauende wird Gegenstand einer nach Vollendung des Gesamtbauwerkes folgenden Phase sein und daher nicht dieses Baulos betreffen.

## **8.2 HÄUFIGKEIT DER ÜBERWACHUNGEN WÄHREND DER BAUPHASE**

### **8.2.1 Dreidimensionale geodätische Messungen**

An den Überwachungspunkten wo dreidimensionale geodätische Messungen benutzt werden, muss eine Dauermessung durch trigonometrisch automatisiertes Dauermessverfahren ausgeführt werden.

### **8.2.2 Absenkungen**

Die Messabschnitte am Boden sind mindestens 1x täglich zu messen mittels automatisiertes laufendes Messverfahren.

- Die Messhäufigkeit der obertägigen Messvorrichtungen richtet sich grundsätzlich nach den Erfordernissen des Bauablaufes, sowie den geotechnischen Erfordernissen und nach der Sensibilität der überwachten Einrichtungen;
- die Nullmessungen sind unverzüglich nach dem funktionsfähigen Einbau der Messgeräte und nach Einbau der Festpunkte durchzuführen.

Die Daten der Differentialinterferometrie hängen von der Wiederbesuchszeitspanne der benutzten Satelliten des

Relativemente al monitoraggio delle risorse idriche in corso d'opera verrà attuato un programma specifico, adattato in termini di territorio e di tempistica alle diverse fasi di scavo.

### **8.1.3 Monitoraggio post operam**

Il monitoraggio post operam ha lo scopo di rappresentare lo stato finale, nonché di documentare eventuali deformazioni e cedimenti che perdurano, nonché di verificare il rispetto dei valori limite nell'ambito dell'esercizio ferroviario della nuova linea.

Le misurazioni saranno concluse quando, terminati i lavori, non si manifestano variazioni delle misure maggiori della precisione di rilevamento nell'arco di un mese.

Per eventuali deformazioni e cedimenti che perdurano oltre il termine della fase dei lavori continuerà il monitoraggio su incarico del Committente.

La prosecuzione del monitoraggio delle risorse idriche in fase di post operam serve essenzialmente a controllare il bilancio idrico dopo che sono stati effettuati gli interventi, al fine di valutare i possibili effetti a lungo termine.

Il monitoraggio post operam sarà oggetto di una fase successiva al completamento dell'opera complessiva e quindi non attiene al presente lotto.

## **8.2 FREQUENZA DEI MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA**

### **8.2.1 Misurazioni geodetiche tridimensionali**

Nei punti di monitoraggio dove vengono utilizzate misurazioni geodetiche tridimensionali deve essere eseguita una misurazione continua tramite procedimento di misura automatizzato trigonometrico in continuo.

### **8.2.2 Subsidenze**

Le sezioni di misura a terra sono da sottoporre a misurazione almeno una volta al giorno tramite procedimento di misura automatizzato continuo.

- La frequenza di misurazione dei dispositivi in superficie potrà essere adattata alle esigenze dettate dall'andamento dei lavori, così come dalle esigenze geotecniche e dalla sensibilità degli impianti monitorati;
- le letture di zero devono essere eseguite immediatamente dopo l'installazione e la messa in funzione degli apparecchi di misura e la posa dei capisaldi.

I dati di interferometria differenziale sono in funzione del tempo di rivisitazione della zona in questione dei satelliti



betreffenden Gebiets ab, und müssen durch automatisiertes Dauermessverfahren mindestens einmal pro Tag der Messung unterzogen werden.

Die Wiederbesuchszeit des Projektgebiets muss mindestens 15 Tage dauern, um so zu ermöglichen Daten derselben Bodenszene in verkürzten Zeitabstände aufzunehmen, und so zu erlauben eventuelle Entwicklung der Verformungen abhängig vom Tunnelaushubvortrieb zu verfolgen.

Falls elektronische Rissmesser oder Dehnungsmessstreifen installiert werden, müssen die Messungen, in Folge des Maß null, bis zur Ausschöpfung der zu überwachenden Phänomene durchgeführt werden, mit einer Häufigkeit die festzulegen ist in Abhängigkeit der Entwicklung und des Ausmaß der Phänomene selbst.

### 8.2.3 Erschütterungen

Die Erschütterungsmessung beim Gebäude E12 muss für die Dauer der Sprengungen des Untertagevortriebs durchgeführt werden. Hierfür werden ca. 3 Monate Überwachungszeit abgeschätzt.

Allfällige weitere Erschütterungsmessungen werden nach Bedarf von der Bauleitung angeordnet.

### 8.2.4 Wasserressourcen

In Bezug auf das Grundhauptprogramm ist eine halbmonatliche Überwachung der physischen Parametern aller Messstellen vorgesehen, sowie halbjährliche Gewässerprobenahmen und -analysen für bestimmte Messstellen.

Die Häufigkeit der Probenahme wird an neuen Messstellen auf vierteljährliche Probenahmen erhöht.

Für Quellen und Brunnen, welche innerhalb der Gebiete mit höherem Absenkungsrisiko fallen, wird die Überwachungshäufigkeit erhöht (wöchentliche Häufigkeit) mit vierteljährliche Probenahmen und -analysen der Ortbrustaushubbedingungen innerhalb eines Abstands von 500 m vom zu überwachenden Punkt.

Die ermittelten Wasserpunkte werden in Folge angegeben.

utilizzati, e sono da sottoporre a misurazione almeno una volta al giorno tramite procedimento di misura automatizzato continuo.

Il tempo di rivisitazione della zona di progetto deve essere di minimo 15 giorni, consentendo così di acquisire dati relativi alla stessa scena al suolo in tempi ravvicinati e che permettano di seguire l'eventuale sviluppo delle deformazioni in funzione dell'avanzamento dello scavo in galleria.

In caso vengano installati fessurimetri elettrici o estensimetri a cavo, le misure, a seguito della misura di zero, dovranno essere effettuate fino a che non si esauriscono i fenomeni da monitorare, con frequenza da definire in funzione dell'evoluzione e dell'entità dei fenomeni stessi.

### 8.2.3 Vibrazioni

La misurazione delle vibrazioni per l'edificio E12 dovrà essere eseguita per la durata del brillamento delle volate per l'avanzamento sotterraneo. Il tempo stimato è di circa 3 mesi di monitoraggio.

Eventuali ulteriori misurazioni delle vibrazioni potranno essere ordinate secondo il bisogno.

### 8.2.4 Risorse idriche

Per quanto riguarda il programma principale di base si prevede un monitoraggio dei parametri fisici ogni due settimane per tutti i punti di misurazione, nonché campionamenti e analisi semestrali delle acque per determinati punti di misurazione.

La frequenza di prelievo di campioni viene aumentata a prelievi trimestrali in caso di punti di misurazione nuovi.

Per le sorgenti ed i pozzi ricadenti all'interno delle aree a più elevato rischio di subsidenza la frequenza di monitoraggio sarà incrementata (frequenza settimanale) con campionamenti ed analisi trimestrali per condizioni di fronte di scavo entro una distanza di 500 m dal punto da monitorare.

I punti d'acqua individuati sono di seguito indicati.

<b>Kennzeichnungskode</b> <b>Codice identificativo</b>	<b>Bereiche</b> <b>Area</b>
R0115	13
R0104	14

R0020	14
R0021	14
R0036	14
R0114	14
R0129	14
S0207	14
S0549	14
S0289	14
S0217	14
S0218	14
S0216	14
PIV-B-02_05	14
R0003	15
R0205	15
R0122	15
R0126	15
R0123	15
R0102	15
S0195	15
VI-B-02_00_MT_240	15
VI-B-02_00_02	15
VI-B-02_00_MT_30	15
VI-B-08_04_art	15
VI-B-09_04_art	15
NS052	15
R0107	17
R0119	17
R0065	17
R0064	17
R0106	17
R0108	17
R0159	17
MU-B-1D_12	17
MU-B-1C_12	17
MU-B-1E_12	17

MU-B-1F_12	17
MU-B-01_00	17
MU-B-2A_12	17
S0286	17
S4062	17
S0300_1	17
S0300_2	17
S0300_3	17
S4074	17

Der Messrhythmus der Wasserressourcen bzgl. der sich in Bau befindenden Tunnels stehen ist im Allgemeinen vorgegeben (wöchentliche Messungen und monatliche Probenahmen), wird jedoch wesentlich von den im Tunnel angetroffenen Gegebenheiten, sowie den damit zusammenhängenden erkennbaren Auswirkungen an der Oberfläche bestimmt.

Im potentiellen Einflussbereich wird, während der Vortriebe je nach Aushubergebnisse (Zutritte) und je nach Vortriebsstand die Überwachung der Wasserressourcen an Quellen, Wildbäche und Piezometer intensiviert.

Il ritmo delle misurazioni delle risorse idriche relative a gallerie in via di costruzione è generalmente prescritto (misurazioni settimanali e campionamenti mensili), ma dipende sostanzialmente dalle condizioni riscontrate in galleria nonché dagli effetti relativi riconoscibili in superficie.

Nella potenziale zona di influenza, nel corso dello scavo, a seconda dei risultati (afflussi) ottenuti nel corso dello scavo e a seconda dello stato di avanzamento, viene intensificato il progetto di monitoraggio delle risorse idriche presso sorgenti, torrenti e piezometri.

**8.2.5 Zusammenfassung der geplanten Überwachungen und deren Häufigkeit**

Folgende Tabelle fasst die Bereiche und Häufigkeiten der geplanten Überwachungen zusammen.

*Tabelle 2: Zusammenfassung der Außenüberwachungen*

**8.2.5 Sintesi dei monitoraggi previsti e loro frequenza**

La tabella seguente riassume gli ambiti e le frequenze dei monitoraggi previsti.

*Tabella 2: Sintesi dei monitoraggi esterni*

Luoghi di monitoraggio Überwachungsorte	Monitoraggio				
	Misurazioni trigonometriche (Stazioni totali)	Interferometria differenziale satellitare	Monitoraggio geodetico (GNSS)	Vibrazioni Erschütterungen	Risorse idriche Wasserressourcen
	Trigonometrische Messungen (Tachymeter)	Satellitendifferenzialinterferometrie	Geodätische Überwachung (GNSS)		
<p><b>Limite Lotto Mules 2-3 con Lotto Sottoattraversamento Isarco</b></p> <p><b>Grenze Baulos Mauls 2-3 mit Baulos Eisack Unterführung</b></p>	<p>Alla chiusura del lotto Sottoattraversamento Isarco, acquisizione della strumentazione di monitoraggio e della stazione totale del Lotto Sottoattraversamento Isarco e proseguimento delle misurazioni.</p> <p>Misura in continuo. Inizio del monitoraggio prima dell'inizio dei lavori di scavo fino alla fine dei lavori</p> <p>Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di superamento dei valori di soglia</p> <p>Bei Abschluss des Baulos Eisack Unterführung, Erwerb des Überwachungsinstrumentarium und des Tachymeters des Baulos Eisack Unterführung und Fortführung der Messungen.</p> <p>Dauermessung. Beginn der Überwachung vor Aushubbeginn bis Bauende. Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle von Überschreitung der Grenzwerte</p>	--	--	<p>Nel corso degli scavi tra le progressive 53+700 e 54+15 per entrambe le gallerie, misurazione in continuo Circa 3 mesi. Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di superamento dei valori di soglia.</p> <p>Im Laufe der Aushübe zwischen Kilometrierungen 53+700 und 54+15 für beide Tunnels, Dauermessung. Ca. 3 Monate. Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle von Überschreitung der Grenzwerte</p>	<p>Continuazione del monitoraggio già in atto una volta al mese fino alla fine dei lavori.</p> <p>Fortführung der bereits laufenden monatlichen Überwachung bis Bauende.</p>

Luoghi di monitoraggio Überwachungsorte	Monitoraggio				
	Misurazioni trigonometriche (Stazioni totali) Trigonometriche Messungen (Tachymeter)	Interferometria differenziale satellitare Satellitendifferentia Interferometrie	Monitoraggio geodetico (GNSS) Geodätische Überwachung (GNSS)	Vibrazioni Erschütterungen	Risorse idriche Wasserressourcen
<p><b>Località di Mules<sup>1)2)</sup></b> <b>Ortschaft von Mauls<sup>1)2)</sup></b></p>	<p>Alla chiusura del lotto Mules I, acquisizione della strumentazione di monitoraggio e della stazione totale del Lotto Mules I e proseguimento delle misurazioni</p> <p>Misura in continuo. Inizio del monitoraggio prima dell'inizio dei lavori di scavo fino alla fine dei lavori Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di superamento dei valori di soglia</p> <p>Bei Abschluss des Baulos Mauls I, Erwerb des Überwachungsinstrumentarium und des Tachymeters des Baulos Mauls I und Fortführung der Messungen.</p> <p>Dauermessung. Beginn der Überwachung vor Aushubbeginn bis Bauende. Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle von Überschreitung der Grenzwerte</p>	<p>Misura ogni 10 -15 giorni in base al ciclo dei satelliti Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di superamento dei valori di soglia</p> <p>Messung alle 10-15 Tage je nach Satellitenzyklus Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle von Überschreitung der Grenzwerte</p>	<p>Alla chiusura del lotto Mules I, acquisizione della strumentazione di monitoraggio in essere (stazione di riferimento Fischerhof e stazioni di Mules, Krustner, Stoffl e Pfitscherhof)</p> <p>Misura in continuo. Continuazione del monitoraggio già in atto fino alla fine dei lavori. Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di superamento dei valori di soglia</p> <p>Bei Abschluss des Baulos Mauls I, Erwerb des bestehenden Überwachungsinstrumentarium (Bezugmessstelle Fischerhof und Messstellen von Mauls, Krustner, Stoffl und Pfitscherhof)</p> <p>Dauermessung. Fortführung der bereits laufenden monatlichen Überwachung bis Bauende. Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle von Überschreitung der Grenzwerte</p>	--	<p>Continuazione del monitoraggio già in atto una volta al mese fino alla fine dei lavori. Durante lo scavo del Cunicolo Esplorativo e gallerie di linea tra prog. 39+0 e 32+0 monitoraggio sorgenti 1 volta alla settimana. Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di anomalie o differenze significative rispetto ai dati già esistenti</p> <p>Fortführung der bereits laufenden monatlichen Überwachung bis Bauende. Im Laufe der Aushübe des Erkundungsstollens und der Haupttunnels zwischen Kilometrierungen 39+0 und 32+0 wöchentliche Überwachung der Quellen., Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle von Störungen oder bedeutende Differenzen zu den schon vorhandenen Daten.</p>
<p><b>Valle di Vizzo<sup>2)</sup> (Località di Caminata, Fossa Trues, Borgone, Novale)</b> <b>Pfitschtal<sup>2)</sup> (Ortschaft von Kematen, Fossa Trues, Borgone, Ried)</b></p>	<p>Installazione della strumentazione e di n. 1 stazione totale nell'area Geoteam 14 e n. 2 stazioni totali nell'area Geoteam 15 in fase Ante Operam.</p> <p>Misura in continuo. Inizio del monitoraggio prima dell'inizio dei lavori di scavo fino alla fine dei lavori</p>	<p>Misura ogni 10 -15 giorni in base al ciclo dei satelliti Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di superamento dei valori di soglia</p> <p>Messung alle 10-15 Tage je nach Satellitenzyklus Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle</p>		--	

Luoghi di monitoraggio Überwachungsorte	Monitoraggio				
	Misurazioni trigonometriche (Stazioni totali) Trigonometriche Messungen (Tachymeter)	Interferometria differenziale satellitare Satellitendifferentia Interferometrie	Monitoraggio geodetico (GNSS) Geodätische Überwachung (GNSS)	Vibrazioni Erschütterungen	Risorse idriche Wasserressourcen
	<p>Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di superamento dei valori di soglia</p> <p>Installierung der Instrumentation und von Nr.1 Tachymeter in der Geoteam Zone 14 und Nr. 2 Tachymeter in der Geoteam Zone 15 in der vor Baubeginn-Phase.</p> <p>Dauermessung. Beginn der Überwachung vor Aushubbeginn bis Bauende. Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle von Überschreitung der Grenzwerte</p>	<p>von Überschreitung der Grenzwerte</p>			
<p><b>Valico del Brennero<sup>2)</sup></b></p> <p><b>Brennerpass<sup>2)</sup></b></p>	--	<p>Misura ogni 10 -15 giorni in base al ciclo dei satelliti Relazione mensile e comunicazione immediata in caso di superamento dei valori di soglia</p> <p>Messung alle 10-15 Tage je nach Satellitenzyklus Monatlicher Bericht und sofortige Meldung im Falle von Überschreitung der Grenzwerte</p>	--	--	
<p>1) Il monitoraggio dei cedimenti geodetici, delle vibrazioni e le misurazioni trigonometriche sono già in atto per la località di Mules</p> <p>2) Il monitoraggio delle risorse idriche è già in atto</p> <p>1) Die Überwachung der geodätischen Setzungen, der Erschütterungen sowie die trigonometrischen Messungen für die Ortschaft Mauls finden bereits statt</p> <p>2) Die Überwachung der Wasserressourcen finden bereits statt</p>					

## 9 BEWERTUNG, AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG DER DATEN

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 (Datei), mit sämtlichen durchgeführten Messungen und alle erforderlichen Informationen, abzugeben. Diese Dateien müssen mit den handelsüblichen elektronischen Tabellenformaten kompatibel (z.B. EXCEL) und so aufbereitet sein, dass sie, wie mit den einzelnen Personen vereinbart, in EDV-Systeme und Datenbanken des Auftraggebers und der Bauleitung eingefügt werden können.

Zur Einreichung der Daten ist die Abfassung eines monatlichen Berichts vorgesehen, der sämtliche Ergebnisse und deren Analyse einschließt.

Die Auswertung und graphische Darstellung der Messergebnisse müssen umgehend und laufend erfolgen, um wenn nötig sofort entsprechende Gegenmaßnahmen bei großen und/oder anhaltenden Verformungszunahmen einzuleiten und die Sicherungsmaßnahmen entsprechend anpassen zu können.

Im Falle, dass die Daueranalyse der Daten die Überschreitung der Grenzwerte oder Störungen hervorheben sollte, ist eine sofortige schriftliche Mitteilung an die amtierenden Verantwortlichen der Bauleitung und des Auftraggebers nötig.

## 9 VALUTAZIONE, INTERPRETAZIONE E PRESENTAZIONI 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 tutte le informazioni necessarie. Tali files dovranno essere compatibili con i più comuni fogli elettronici in uso (es.: EXCEL), e dovranno essere strutturati in modo da poter essere integrati nei sistemi informativi e nelle banche dati del Committente e della Direzione Lavori, secondo quanto verrà concordato con i suddetti soggetti.

Per la restituzione dei dati di monitoraggio è prevista la redazione di una relazione mensile, comprendente tutti i risultati e la loro analisi.

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

Nel caso l'analisi in continuo dei dati evidenzi il superamento dei valori di soglia o situazioni anomale è necessaria la comunicazione scritta immediata ai responsabili in carica della Direzione Lavori e del Committente.

## 10 VERZEICHNESSE

### 10.1 REFERENZDOKUMENTE

#### 10.1.1 Eingangsdokumente

##### 10.1.1.1 Einreichproject

- [1] G1.1f-05,AUSBAU EISENBAHNACHSE MÜNCHEN – VERONA, BRENNER BASISTUNNEL, Analyse der Setzungsrisiken, Erläuterungen

##### 10.1.1.2 Ausführungsprojekt Baulos Mauls 2-3

- [2] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12004 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan– Grundriss Trassierung Oströhre
- [3] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12005 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan – Grundriss Trassierung Weströhre
- [4] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12050-12061 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Lageplan der Bauwerke (Blätter 12/25 - 25/25)
- [5] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100–12110 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenschnitt – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung – Oströhre (Blätter 15/25 - 25/25)
- [6] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12200 - 12210 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenschnitt–Bautechnisches Längenprofil und Trassierung - Weströhre (Blätter 15/25 - 25/25)
- [7] 02\_H61\_OP\_085\_KLP\_D0700\_22127 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Logistikknoten – Lageplan – NL-Übersichtsplan
- [8] 02\_H61\_MA\_900\_UTB\_D0700\_74001 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mauls 2-3 – Umweltüberwachungsplan - Technischer Bericht - Umweltüberwachungsplan

## 10 ELENCHI

### 10.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 10.1.1 Documenti in ingresso

##### 10.1.1.1 Progetto Definitivo

- [1] G1.1f-05, POTENZIAMENTO ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA, GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO, Analisi del rischio di subsidenza, Spiegazioni.

##### 10.1.1.2 Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3

- [2] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Planimetria di tracciamento– Planimetria di tracciamento Galleria principale Est
- [3] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12005 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Planimetria di tracciamento– Planimetria di tracciamento Galleria principale Ovest
- [4] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12050-12061 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria delle opere (Tavv. 12/25 - 25/25)
- [5] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100-12110 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle opere e di tracciamento - Galleria principale Est (Tavv. 15/25 - 25/25)
- [6] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12200 - 12210 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle opere e di tracciamento - Galleria principale Ovest (Tavv. 15/25 - 25/25)
- [7] 02\_H61\_OP\_060\_KHS\_D0700\_22127 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 – Nodo logistico – Planimetria – NL-Planimetria generale
- [8] 02\_H61\_MA\_900\_UTB\_D0700\_74001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Progetto di Monitoraggio Ambientale - Relazione tecnica - Progetto di Monitoraggio Ambientale



### 10.1.2 Ausgangsdokumente

- [9] 02\_H61\_MX\_997\_BT\_B\_D0700\_18002 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Bericht – Sicherstellungsbericht
- [10] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18100 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Risikokarte Dränage bedingte Setzungen
- [11] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18105 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Oberflächen Oberflächenüberwachung: Erschütterungen, Setzungen und Absenkungen - Gesamtanlageplan
- [12] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18110 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Oberflächen Oberflächenüberwachung: Erschütterungen, Setzungen und Absenkungen – Messpunkte von Franzensfeste bis Muls
- [13] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18115 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Oberflächenüberwachung: Erschütterungen, Setzungen und Absenkungen – Messpunkte Pfitschtal
- [14] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18120 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Oberflächenüberwachung: Erschütterungen, Setzungen und Absenkungen – Messpunkte Brenner
- [15] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18125 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Überwachung der Wasserressourcen von Franzensfeste bis Brenner

### 10.1.2 Documenti in uscita

- [9] 02\_H61\_MX\_997\_BT\_B\_D0700\_18002 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Relazione - Relazione di asseverazione.
- [10] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18100 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Planimetria - Carta del rischio subsidenza per drenaggio
- [11] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18105 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Planimetria - Monitoraggio superficiale: vibrazioni, cedimenti e subsidenze – Planimetria generale
- [12] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18110 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Planimetria – Monitoraggio superficiale: vibrazioni, cedimenti e subsidenze – Punti di monitoraggio da Fortezza a Muls
- [13] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18115 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Planimetria – Monitoraggio superficiale: vibrazioni, cedimenti e subsidenze – Punti di monitoraggio Val di Vizze
- [14] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18120 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Planimetria – Monitoraggio superficiale: vibrazioni, cedimenti e subsidenze – Punti di monitoraggio Brennero
- [15] 02\_H61\_MX\_997\_BLP\_D0700\_18125 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Planimetria – Monitoraggio delle risorse idriche da Fortezza a Brennero.