



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

### Progetto esecutivo

## Baulos H81 – Bahnhof Franzensfeste

### Lotto H81- Stazione Fortezza

<b>Sub-Baulos</b>	<b>Sublotto</b>
Entwässerungsstollen Riolbach	Cunicolo di drenaggio rio Riol
<b>Fachbereich</b>	<b>Settore</b>
02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE	02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA
<b>Titel</b>	<b>Titolo</b>
Geotechnischer Bericht	Relazione geotecnica

	Datum/data	Name/nome
Bearbeitet / Elaborato	28.02.2023	J. Paternoster
Geprüft / Verificato	28.02.2023	L. Cadrobbi
Freigegeben Autorizzato		
Gesehen BBT Visto BBT		

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO - BRENNER BASISTUNNEL BBT SE

Piazza Stazione 1 • I-39100 Bolzano  
Tel.: +39 0471 0622-10 • Fax: +39 0471 0622-11

Amraser Str. 8 • A-6020 Innsbruck  
Tel.: +43 512 4030 • Fax: +43 512 4030-110  
Email: bbt@bbt-se.com • www.bbt-se.com

Projekt-kilometer / Progressiva di progetto	von / da bis / a bei / al	Bau-kilometer / Chilometro opera	von / da bis / a bei / al	Status Dokument / Stato documento			
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H81	AF	001	RT3	D1538	01022	03

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
03	Recepimento istruttoria BBT Umsetzung der BBT-Anfrage		28/02/2023
02	Dritteversion Terza versione		26/10/2022
03	Recepimento istruttoria BBT Umsetzung der BBT-Anfrage		21/07/2022
00	Erstversion Prima Versione		31/05/2022

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
1.1	BEZUGSNORM UND KONSULTIERTE DOKUMENTATION	
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E DOCUMENTAZIONE CONSULTATA.....	6
1.2	ZIEL DES DOKUMENTS	
1.2	OBIETTIVO DEL DOCUMENTO.....	7
<b>2</b>	<b>ZUSAMMENFASSENDE BERICHT</b>	
<b>2</b>	<b>RELAZIONE DI SINTESI</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>ORT UND BESCHREIBUNG DER ARBEITEN</b>	
<b>3</b>	<b>UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>UNTERSUCHUNGEN</b>	
<b>4</b>	<b>INDAGINI</b> .....	<b>11</b>
4.1	INDIREKTE UNTERSUCHUNGEN	
4.1	INDAGINI DIRETTE.....	11
4.1.1	Geognostische Bohrungen	
4.1.1	Sondaggi geognostici.....	11
4.1.2	Umweltgräben und Piezometer	
4.1.2	Trincee e piezometri ambientali.....	12
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DES GEOLOGISCHEN REFERENZMODELLS</b>	
<b>5</b>	<b>SINTESI MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE</b> .....	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>GEOTECHNISCHES MODELL</b>	
<b>6</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO</b> .....	<b>16</b>
6.1	GEOTECHNISCHE EINHEITEN	
6.1	UNITA' GEOTENICHE.....	16
6.2	ERGEBNISSE GEOTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN	
6.2	RISULTATI PROVE GEOTECNICHE.....	17
6.2.1	Geotechnische Laborversuche	
6.2.1	Prove geotecniche di laboratorio.....	17
6.2.2	Auswertung von STP-Tests	
6.2.3	Interpretazione prove SPT	
6.3	GEOTECHNISCHE PARAMETRISIERUNG	
6.3	PARAMETRAZIONE GEOTECNICA.....	20
6.4	GEOTECHNISCH KRITISCHE PUNKTE	
6.4	CRITICITA' GEOTECNICHE.....	21
6.5	GEOTECHNISCHE MERKMALE VON MICROTUNNELING-LAGERSTÄTTEN	

6.5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI DEPOSITI PER L'ESECUZIONE MICROTUNNELING .....	22
<b>7</b>	<b>DEFINITION DER SEISMISCHEN EINWIRKUNG</b>	
<b>7</b>	<b>DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO .....</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG</b>	
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>26</b>

## 1 EINLEITUNG

Der Brenner Basistunnel ist mit einer Länge von knapp über 55 km das Kernelement des Eisenbahnkorridors München-Verona. Dieser ist gemäß der Entscheidung Nr. 884/2004/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 als TEN-T Skandinavien-Mittelmeer-Korridor Bestandteil der Eisenbahnverbindungen für Nord-Süd-Verkehre.

Das entsprechende Einreichprojekt wurde mit CIPE-Beschluss Nr. 71/2009 genehmigt.

Beim Bahnhof Franzensfeste, im Abschnitt zwischen dem Südportal des Brenner Basistunnels (im Folgenden BBT) und dem Nordportal des Schalderer Tunnels (viergleisiger Ausbau Franzensfeste - Verona - Los 1 Franzensfeste - Waidbruck), verläuft die neue HG/HL-Strecke oberirdisch.

In diesem Bereich sind laut Projekt eine Reihe von Nebenbauten zum Basistunnel vorgesehen, die darauf abzielen, die Konfiguration des Bahnhofs Franzensfeste zu verbessern und aufzuwerten, und zwar in Übereinstimmung mit den neuen Funktionen, die im genehmigten Einreichprojekt definiert und nachstehend beschrieben sind:

- Abfahrtsbahnhof für die Pustertaler Bahnlinie
- Durchgangsbahnhof für die neue HG/HL-Brennerlinie
- Verbindung zwischen der Bestandsstrecke und der neuen HG/HL-Brennerlinie
- Wartungsbahnhof für den Brenner Basistunnel
- Wartungsbahnhof eines Teils der Bestandsstrecke
- Notbahnhof am Südportal des Basistunnels.

Diese Bauwerke umfassen unter anderem technische Funktionsgebäude, eine Zufahrtsstraße zum Rettungsplatz im Nahbereich des Portals, wasserbauliche Maßnahmen an den Wasserläufen rechts des Eisacks und Steinschlagschutzbauten, zur

## 1 PREMESSA

La Galleria di Base del Brennero si sviluppa per una lunghezza poco superiore ai 55 Km e costituisce la parte centrale del corridoio ferroviario Monaco di Baviera – Verona. Tale tratta è inserita nel collegamento ferroviario Nord-Sud denominato TEN-T Corridoio Scandinavia Mediterraneo previsto dalla decisione n. 884/2004/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004.

Il relativo progetto definitivo è stato autorizzato con delibera CIPE 71/2009.

In corrispondenza della Stazione ferroviaria di Fortezza, nel tratto compreso tra l'imbocco sud del Galleria di Base del Brennero (nel seguito BBT) e l'imbocco nord della Galleria Scaleres (Quadruplicamento Fortezza-Verona - lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena), la nuova linea ferroviaria AV/AC si sviluppa in esterno.

In quest'area il progetto prevede la costruzione di una serie di opere civili accessorie alla Galleria di Base volte potenziare e riqualificare la configurazione della stazione ferroviaria di Fortezza, in coerenza con le nuove funzioni definite nel progetto definitivo approvato e di seguito riportate

- Stazione di partenza per la linea ferroviaria della Val Pusteria
- Stazione di transito per la nuova linea AV/AC del Brennero
- Collegamento tra la linea esistente e la nuova linea AV/AC del Brennero
- Stazione per la manutenzione della Galleria di Base del Brennero
- Stazione per la manutenzione di parte della linea esistente
- Stazione di emergenza situata al portale Sud della Galleria di Base.

Queste opere comprendono tra l'altro fabbricati tecnici di servizio, una viabilità di accesso all'area di soccorso in prossimità dell'imbocco, opere di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua affluenti di destra del Fiume Isarco e opere di protezione contro la caduta massi, volte alla

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: Relazione geotecnica

Minderung des geomorphologischen Risikos auf der neuen Bahnstrecke und im gesamten Bahnhofsbereich Franzensfeste.

mitigazione del rischio geomorfologico sulla nuova linea ferroviaria e sull'intera area della stazione di Fortezza.

Ein Teil dieser Bauwerke interferiert mit den Arbeiten zur Errichtung der bahntechnischen Ausrüstung des Basistunnels und mit der Einrichtung der entsprechenden Baustellen am Bahnhof Franzensfeste bzw. dient der Vorbereitung dieser Arbeiten

Parte di queste opere è interferente e/o propedeutica con i lavori per la realizzazione dell'attrezzaggio ferroviario del tunnel di base e con l'allestimento dei relativi cantieri presso la stazione di Fortezza.

Gegenstand dieses Ausführungsprojektes ist die Errichtung des Entwässerungsstollens für den Riobach.

Il presente progetto esecutivo ha ad oggetto la realizzazione del cunicolo idraulico per il drenaggio del rio Riol.

Dieser bildet den letzten Abschnitt der wasserbaulichen Maßnahmen des Baches, die mit dem Bau der oberen Geschiebesperre durch die Autonome Provinz Bozen begannen und mit der Regulierung des Flussbettes im Abschnitt zwischen dieser Geschiebesperre und dem Bahnhofsareal fortgesetzt wurden.

Esso costituisce l'ultimo tratto della sistemazione idraulica del rio, avviata con la realizzazione, da parte della Provincia Autonoma di Bolzano, della briglia di ritenuta a monte e proseguita con la sistemazione dell'alveo nel tratto compreso tra detta briglia e l'areale di stazione.

Durch die Begradigung der bestehenden Trasse und durch Anpassung des hydraulischen Querschnitts wird das neue Bauwerk es ermöglichen, den Wasserabfluss in Richtung Eisack zu verbessern und die hydraulische Sicherheit im Bahnhofsbereich zu erhöhen.

La nuova opera, rettificando il tracciato esistente ed adeguando la sezione idraulica, consentirà di migliorare il deflusso delle acque verso il fiume Isarco, migliorando la sicurezza idraulica in corrispondenza della stazione.

Die Maßnahme besteht aus der Errichtung einer kreisförmigen Sammelleitung aus Stahlbeton mit einem Innendurchmesser von 2,85 m. Die Trasse schließt flussaufwärts an das neue, bereits angelegte Flussbett an, unterquert dann die Gleise der Strecke Verona-Brenner, das gesamte Bahngelände und die Staatsstraße SS 12 und endet an der Einmündung in den Eisack.

L'intervento consiste nella realizzazione di un collettore circolare in c.a. a pelo libero, di diametro interno utile pari a 2,85 m. Il tracciato si raccorda, a monte, al nuovo alveo già realizzato, prosegue sotto attraversando i binari della linea Verona-Brennero, tutto l'areale ferroviario e la Strada Statale 12 e termina alla confluenza con il fiume Isarco.

Die Gesamtlänge der Maßnahme beträgt rund 135 m, wovon 112 m auf die neue kreisförmige Sammelleitung aus Stahlbeton entfallen, während die restlichen Abschnitte aus den Portal- und Auslaufbauwerken bestehen.

La lunghezza complessiva dell'intervento è di 135 m, di cui m 112, sono costituiti dal nuovo collettore circolare in c.a., mentre i restanti tratti sono costituiti dalle opere di imbocco e di sbocco.

#### 1.1 BEZUGSNORM UND KONSULTIERTE DOKUMENTATION

- MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 2018 – Testo unico – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018

#### 1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

- MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 2018 – Testo unico – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018

- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- D.P.R. 207/2010, Sezione IV – Progetto Esecutivo, art. 33-43
- D. Lgs 163/2006, Allegato XXI, Sezione III – Progetto Esecutivo, art. 19-26
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- D.P.R. 207/2010, Sezione IV – Progetto Esecutivo, art. 33-43
- D. Lgs 163/2006, Allegato XXI, Sezione III – Progetto Esecutivo, art. 19-26

Die zur Unterstützung dieses Projekts erstellten Dokumente beziehen sich auf die folgend angeführten früheren Arbeiten:

Gli elaborati redatti a supporto del presente progetto richiamano lavori progressi di seguito riportati:

- Geologischer und hydrogeologischer Bericht – GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-HB-2GH8FA001-GTB-D0932-00101-02
- Geotechnischer und geomechanischer Bericht - GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-00901-02
- Seismischer Bericht - GDP consultants/P. Perello – 2016 -02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-00201-02
- Bahnhofsareal Franzensfeste – Bericht zu den durchgeführten Untersuchungen für die seismische Charakterisierung - GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-00301-02
- Relazione geologica e idrogeologica – GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-HB-2GH8FA001-GTB-D0932-0101-02
- Relazione geotecnica e geomeccanica - GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-0901-02
- Relazione sismica - GDP consultants/P. Perello – 2016 -02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-0201-02
- Area stazione di Fortezza – Relazione descrittiva delle indagini eseguite per la caratterizzazione sismica - GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-0301-02

## 1.2 ZIEL DES DOKUMENTS

## 1.2 OBIETTIVO DEL DOCUMENTO

Im Rahmen der Umsetzung der Ausführungsplanung für die Nebenarbeiten im südlichen Eingangsbereich des BBT wurden direkte geologische, geotechnische und hydrogeologische Untersuchungen sowie seismische Untersuchungen durchgeführt. Der Auftrag D1538, dessen Ergebnisse in diesem Bericht beschrieben werden, hat das Ziel, die Realisierung des geologisch-geotechnischen Projekts für die Arbeiten im Zusammenhang mit dem Entwässerungstollens des Flusses Riöl, das in folgende Phasen unterteilt ist

Nell'ambito della realizzazione del progetto esecutivo delle opere accessorie alla zona di imbocco Sud del BBT sono state eseguite indagini dirette geologiche, geotecniche e idrogeologiche ed indagini sismiche. L'incarico D1538, i cui risultati sono descritti nel presente rapporto, ha come obiettivo la realizzazione del progetto geologico-geotecnico delle opere relative al cunicolo di drenaggio rio Riöl, articolato nelle seguenti fasi:

### Grundlegende Datenanalyse

### Analisi dati di base

Die Tätigkeit umfasst die Übernahme und Überprüfung vorhandener (von BBT-SE zur Verfügung gestellter) Unterlagen über das vom Bau des

L'attività comprende la presa in consegna e verifica dei documenti esistenti (messi a disposizione da BBT-SE) relativi all'area interessata dalla realizzazione del

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: **Geotechnischer Bericht**

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geotecnica**

Entwässerungsstollens des Flusses Riol betroffene Gebiet, einschließlich vorhandener Prospektionen (Bohrungen, seismische Profile, geologische Kartierungen usw.).

cunicolo di drenaggio del rio Riol, comprensiva delle prospezioni disponibili (sondaggi, profili sismici, mappatura geologica, ecc.).

#### Vorbereitung der geotechnischen Dokumentation

#### Elaborazione della documentazione geotecnica

Die Tätigkeit umfasst die Erstellung des geotechnisch-geomechanischen Gutachtens für den Entwässerungsstollens des Flusses Riol.

L'attività comprende la redazione della relazione geotecnica-geomeccanica del cunicolo di drenaggio del rio Riol.

Zweck des geotechnischen und geomechanischen Berichts ist es, das mechanische Verhalten des Bodenvolumens zu definieren, das direkt oder indirekt durch die Errichtung der Bauwerke beeinflusst wird und das wiederum das Verhalten der Bauwerke selbst beeinflussen wird. In dem Bericht werden auch die Berechnungen für die Aspekte dargestellt, die sich auf die Beziehung des Bauwerks und Boden beziehen.

La relazione geotecnica è finalizzata a definire il comportamento meccanico del volume del terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione delle opere e che a sua volta influenzerà il comportamento delle opere stesse. La relazione illustrerà inoltre i calcoli per gli aspetti che si riferiscono al rapporto del manufatto con il terreno.

In dem Bericht werden die Werte der geotechnischen Eingangparameter festgelegt, die die Grundlage für die spätere Ausführungsplanung der Arbeiten bilden.

Nella relazione saranno definiti i valori dei parametri geotecnici di input che costituiscono la base per la successiva progettazione esecutiva delle opere.

Die für die oben beschriebene geotechnisch Studie erstellten grafischen Zeichnungen bestehen aus geotechnischen Längsprofilen und charakteristischen geotechnischen Querschnitten, die sich auf die spezifischen Arbeiten beziehen, im Maßstab 1:2000 / 1:200, mit den folgenden Codes:

Gli elaborati grafici redatti a corredo dello studio geotecnico sopradescritto consistono in profili geotecnici longitudinali e sezioni geotecniche trasversali caratteristiche riferite alle opere specifiche a scala 1:2000 / 1:200, con i seguenti codici:

Rif. Doc. n°:

Rif. Doc. n°:

- Geologisch-geotechnischer und geomorphologische Lageplan - 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01023-02;
- Geologisch-geotechnischer Längsschnitt - 02-H81-AF-001-3A9-D1538-01026-02;
- Geologisch-geotechnischer Querschnitte - 02-H81-AF-001-3B1-D1538-01027-02;

- Planimetria geologica – geomorfologica e geotecnica - 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01023-02;
- Sezione geologico – geotecnico longitudinale - 02-H81-AF-001-3A9-D1538-01026-02;
- Sezioni geologico – geotecnico trasversali - 02-H81-AF-001-3B1-D1538-01027-02;



## 2 ZUSAMMENFASSENDE BERICHT

Dieser Bericht befasst sich mit den geologisch-geotechnischen Bedingungen des Projekts zum Bau des Entwässerungstollens für den Fluss Riol.

Er bildet den letzten Abschnitt der hydraulischen Umgestaltung des Flusses, die mit dem Bau der flussaufwärts gelegenen Staumauer durch die Autonome Provinz Bozen begann und mit der Umgestaltung des Flussbettes im Abschnitt zwischen dieser Mauer und dem Bahnhofsgelände fortgesetzt wurde.

Die folgenden Ausführungen beruhen auf der Integration der 1988 (RFI), 2009 (BBT), 2013 (BIP-Seismik), 2021 (Umweltgräben und Piezometer) durchgeführten Erkundungsphasen mit den jüngsten Erkundungen aus dem Jahr 2022, die zur Rekonstruktion des geologischen/geotechnischen Referenzmodells durchgeführt wurden

Aus geotechnischer Sicht handelt es sich bei den Materialien, die im Großteil der Projektarbeiten in erheblichem Umfang vorhanden sind, um grobkörnige, inkohärente Böden (überwiegend Kiese mit Sanden und Sande mit Kiesen), in denen große Steinblöcke (Findlinge) mit Abmessungen von mehreren Dezimetern bis mehreren Metern weit verbreitet sind.

Die betreffenden Böden weisen gute geotechnische Eigenschaften auf und stellen für die geplanten Arbeiten einen optimalen Baugrund dar, sowohl was die Tragfähigkeit als auch die möglichen Setzungen betrifft. Das Vorhandensein großer Gesteinsfunde kann ein kritisches Element für die Microtunneling-Technik und für die mögliche Konstruktion von Gründungspfählen darstellen, insbesondere im Hinblick auf die Art der Bohrpfähle mit großem Durchmesser. Diese geologischen Aspekte sind in dem Referenzdokument Ref. Doc. n° 02-H81-AF-001-RT3-D1538-01021-01 aufgeführt.

Im Folgenden wird das allgemeine und das geotechnische Entwurfsmodell vorgestellt.

## 2 RELAZIONE DI SINTESI

La presente relazione tratta le condizioni geotecniche inerenti il progetto di realizzazione del cunicolo di drenaggio del rio Riol.

Esso costituisce l'ultimo tratto della sistemazione idraulica del rio, avviata con la realizzazione, da parte della Provincia Autonoma di Bolzano, della briglia di ritenuta a monte e proseguita con la sistemazione dell'alveo nel tratto compreso tra detta briglia e l'areale di stazione.

Le seguenti elaborazioni si basano sull'integrazione delle fasi di indagini eseguite nel 1988 (RFI), 2009 (BBT), 2014 (sismiche GDP), 2021 (trincee e piezometri ambientali) con i più recenti sondaggi realizzati nel 2022, realizzati al fine di ricostruire il modello geologico/geotecnico di riferimento.

Dal punto di vista geotecnico i materiali presenti nel volume significativo della gran parte delle opere in progetto sono costituiti da terreni granulari incoerenti grossolani (ghiaie con sabbie e sabbie con ghiaie in prevalenza), con diffusa presenza di grossi blocchi lapidei (trovanti) di dimensioni da pluridecimetriche a plurimetriche.

I terreni in questione presentano buone caratteristiche geotecniche e costituiscono terreni di fondazione ottimali per le opere in progetto, sia per la capacità portante che per quanto riguarda i possibili cedimenti. La presenza dei grossi trovanti lapidei potrà costituire un elemento di criticità per la tecnica del microtunneling e per eventuale realizzazione di pali di fondazione, in particolare nei confronti della tipologia dei pali trivellati di grande diametro. Tali aspetti geologici sono riportati nel documento di riferimento Rif. Doc. n° 02-H81-AF-001-RT3-D1538-01021-01

Di seguito si presenta il modello geotecnico generale e di progetto.

### 3 ORT UND BESCHREIBUNG DER ARBEITEN

Gegenstand der Planung sind die hydraulischen Arbeiten zur Regulierung und Entwässerung des Flusses Riol, die im Bereich des Bahnhofs Franzensfeste durchgeführt werden sollen.

Die Maßnahmen bestehen im Wesentlichen aus dem Bau eines hydraulischen Sammelkanals, der den Bereich des Bahnhofs und der S.S.12 mit Hilfe der Microtunneling-Technik unterquert. Der kreuzende Stollen wird mit einem röhrenförmigen Abschnitt gebaut; der freie Durchmesser des kreisförmigen Abschnitts wird voraussichtlich 2,85 m betragen, die Wandstärke 0,25 m

Die Arbeiten umfassen auch den Eingang (Bau einer Druckkammer) und den Ausgang des Stollens am Fluss Eisack.

### 3 UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA

Oggetto della progettazione sono gli interventi idraulici per la regimazione ed il drenaggio del rio Riol da eseguirsi in corrispondenza dell'areale della stazione di Fortezza.

Gli interventi consistono essenzialmente nella realizzazione di un collettore idraulico in sottoattraversamento dell'area della stazione ferroviaria e della S.S.12 mediante la tecnica del microtunneling. Il cunicolo di attraversamento verrà realizzato a sezione tubolare; il diametro libero della sezione circolare è previsto pari a 2,85 m, lo spessore della parete è pari a 0,25 m

Gli interventi comprendono inoltre le opere di imbocco (realizzazione camera di spinta) e di sbocco del cunicolo in corrispondenza del Fiume Isarco.

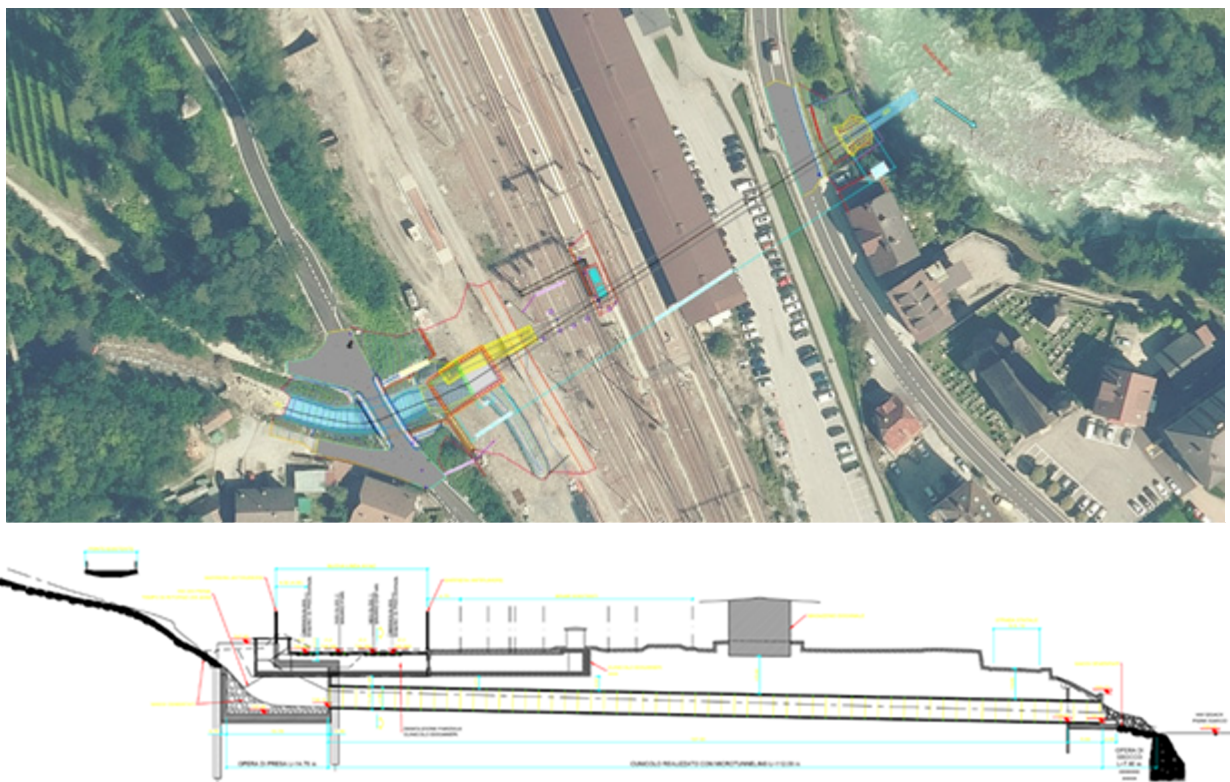


Abbildung 1 - Lage des Entwässerungsstollens des Flusses Riol und Längsschnitt des Projekts

Illustrazione 1 – Ubicazione del cunicolo di drenaggio del Rio Riol e sezione longitudinale di progetto

## 4 UNTERSUCHUNGEN

Die vorbereitende geognostische Untersuchung zur Identifizierung der geologischen Merkmale des Untergrunds für die Rekonstruktion des geologischen Referenzmodells wurde in mehreren Phasen durchgeführt, wobei sowohl direkte als auch indirekte Untersuchungen vorgenommen wurden.

Folglich werden die zwischen 1988 und 2022 durchgeführten Erhebungen berichtet.

### 4.1 INDIREKTE UNTERSUCHUNGEN

#### 4.1.1 Geognostische Bohrungen

Im gesamten Projektgebiet des Bahnhofes Franzensfeste wurden insgesamt 12 kontinuierliche geognostische Kernbohrungen mit SPT- und Lefranc-Durchlässigkeitsprüfungen sowie die Installation piezometrischer Rohrleitungen zur Grundwasserüberwachung durchgeführt, die in vier separate Kampagnen unterteilt sind:

- 3 Bohrungen im Jahr 1988 im Auftrag der RFI durchgeführt
- 2 Bohrungen im Jahr 2005 im Auftrag der BBT durchgeführt
- 5 Bohrungen im Jahr 2009 im Auftrag der BBT durchgeführt
- 5 Bohrungen im Jahr 2012 im Auftrag der Italferr durchgeführt
- 2 Bohrungen im Jahr 2022 im Auftrag der BBT durchgeführt

Für die Definition des geologischen und hydrogeologischen Modells des Sektors, in dem der Entwässerungstollen des Flusses Riol gebaut werden soll, wurden die folgenden Sondierungen untersucht

- Bohrung Fo-2-1988 – RFI
- Bohrung Fo-B-06/09, Fo-B-07/09 e Fo-B-08/09 – BBT
- Bohrung C1 - Italferr
- Bohrung Fo-B-50/22 e Fo-B-51/22 – BBT

## 4 INDAGINI

L'indagine geognostica propedeutica per l'individuazione delle caratteristiche geologiche del sottosuolo al fine di ricostruire il modello geologico di riferimento si è svolta su più fasi eseguendo indagini sia dirette che indirette.

Di seguito sono riportate le indagini condotte tra gli anni 1988 e 2022.

### 4.1 INDAGINI DIRETTE

#### 4.1.1 Sondaggi geognostici

In tutto l'areale di progetto della stazione di Fortezza sono stati eseguiti un totale di 12 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prove SPT e di permeabilità Lefranc ed installazione di tubazione piezometrica per il monitoraggio della falda, che sono di seguito suddivisi in quattro campagne distinte:

- 3 sondaggi eseguiti nel 1988 per conto di RFI
- 2 sondaggi eseguiti nel 2005 per conto di BBT
- 5 sondaggi eseguiti nel 2009 per conto di BBT
- 7 sondaggi eseguiti nel 2012 per conto di Italferr
- 2 sondaggi eseguiti nel 2022 per conto di BBT

Per la definizione del modello geologico ed idrogeologico del settore in cui verrà realizzato il cunicolo di drenaggio del Rio Riol, sono stati presi in esame i seguenti sondaggi:

- Sondaggio Fo-2-1988 – RFI
- Sondaggi Fo-B-06/09, Fo-B-07/09 e Fo-B-08/09 – BBT
- Sondaggio C1 - Italferr
- Sondaggi Fo-B-50/22 e Fo-B-51/22 – BBT

Alle Bohrungen erfolgten im Durchlaufverfahren und in Tiefen zwischen 20 und 40 m durchgeführt.

Tutti sono stati eseguiti a carotaggio continuo e spinti a profondità variabili dai 20m ai 40 m.

Stratigraphische Berichte sind im Referenzdokument 02-H81-AF-001-RT0-D1538-01030-02 zu finden.

I report stratigrafici sono consultabili nel documento di riferimento 02-H81-AF-001-RT0-D1538-01030-02.

#### 4.1.2 Umweltgräben und Piezometer

#### 4.1.2 Trincee e piezometri ambientali

Zur Bestimmung der Umweltmerkmale des Untergrunds wurden 2015 und 2021 Umweltuntersuchungskampagnen durchgeführt.

Per la definizione delle caratteristiche ambientali del sottosuolo, nel corso del 2015 e del 2021 sono state eseguite delle campagne di indagine ambientale.

Die Kampagne 2015 umfasste 15 Probenahmen mit Analysen an den Bahndämmen (M1-M15), 53 Gräben mit Analysen (T1-T54) und 2 Grundwassermessstellen für Wassermonitoring.

La campagna 2015 ha previsto 15 prelievi con analisi dalle massicciate ferroviarie (M1-M15), la realizzazione di 53 trincee con relative analisi (T1-T54), e l'installazione di 2 piezometri per il campionamento dell'acqua di falda.

Die Kampagne 2021 umfasste 13 Probenahmen mit Analysen an den Bahndämmen (M16-M26), 42 Gräben mit Analysen (T55-T96) und die Installation von 2 Piezometern (Pz2bis und Pz3) in 40 m

La campagna 2021 ha previsto 13 prelievi con analisi dalle massicciate ferroviarie (M16-M26), la realizzazione di 42 trincee con relative analisi (T55-T96), e l'installazione di 2 piezometri (Pz2bis e Pz3) profondi 40 m.

Tiefe. Im konkreten Fall des Entwässerungstunnels des Flusses Rioli wird auf die Gräben T53, T54, T85, T86 und T88.

Nel caso specifico del cunicolo di drenaggio del Rio Rioli si farà riferimento alle trincee T53, T54, T85, T86 e T88.

### INDIREKTE UNTERSUCHUNGEN

### INDAGINI INDIRETTE

#### Seismizität

#### Sismica

Unter Bezugnahme auf frühere Arbeiten (Rel. 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-02) wird über die im Untersuchungsgebiet durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen berichtet. Es wurden hauptsächlich Profile an den Talrändern erstellt, um Informationen über die Entwicklung des Untergrunds zu erhalten, und es wurden auch passive seismische Untersuchungen durchgeführt, um die Häufigkeit des Standorts zu bestimmen und die Arbeiten aus seismischer Sicht zu charakterisieren.

Con riferimento ai lavori precedenti (Rel. 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-02), si riportano le indagini geofisiche eseguite nell'area di studio. I profili sono stati realizzati principalmente ai margini della valle per ottenere informazioni sull'andamento del substrato e sono stati inoltre eseguiti rilievi sismici passivi per determinare la frequenza di sito e caratterizzare le opere dal punto di vista sismico.

Die folgenden Tests wurden während der geognostischen Kampagne 2014 durchgeführt:

Nel corso della campagna geognostica del 2014 sono state le seguenti prove:

- 4 Reflektionsseismische Tomographien (Vp e Vs);
- 11 passive seismische HVSR-Untersuchungen;

- 4 tomografie sismiche a rifrazione (Vp e Vs);
- 11 indagini sismiche passive HVSR;

Zwei HVSR (H3 und H11) und die refraktionsseismische Linie L2 werden für die Charakterisierung des Untergrundes im Bereich des Rioler Entwässerungstollens herangezogen.

Per la caratterizzazione del sottosuolo dell'area di realizzazione del cunicolo di drenaggio del Rio Riol, delle prove elencate, verranno prese in esame due HVSR (H3 e H11) e la linea sismica a rifrazione L2.

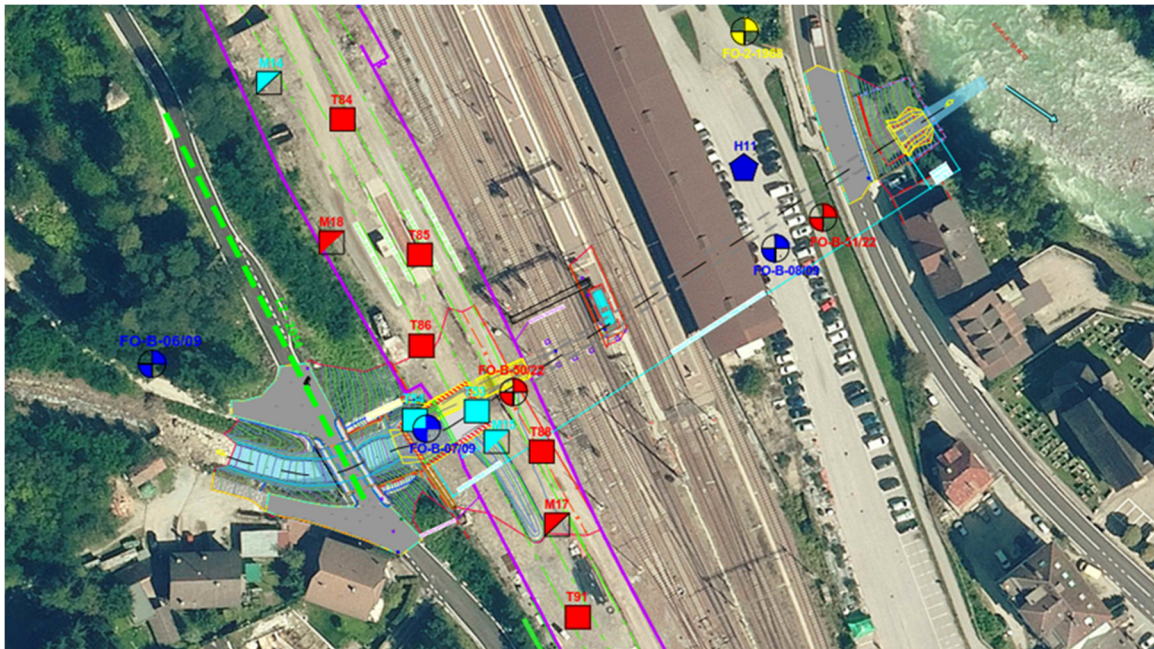


Abbildung 2 – Planimetrie mit Lage der geognostischen Untersuchungen

Illustrazione 2 – Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche

Die Lage und Beschreibung der geognostischen Untersuchungen für die Projektarbeiten sind in der Abbildung 2 und in den beigefügten Tabellen (Ref.-Nr. 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01025-02) dargestellt.

L'ubicazione e la descrizione delle indagini geognostiche di riferimento per l'opera di progetto sono riportate nella figura 2 e nelle tavole allegate (Rif.n. 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01025-02).



## 5 ZUSAMMENFASSUNG DES GEOLOGISCHEN REFERENZMODELLS

Auf der Grundlage der Ergebnisse der direkten geognostischen Untersuchungen und der durchgeführten Erhebungen wurde das geologische Referenzmodell (02-H81-AF-001-3A9-D1538-01029-00) rekonstruiert; ein Auszug ist in Abbildung 2 dargestellt.

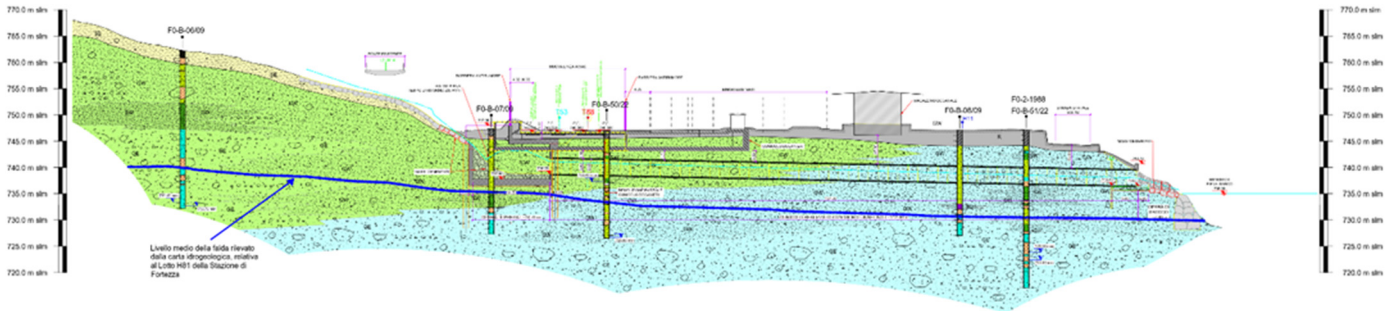


Abbildung 3 – Geologisches Modell – siehe Plan 02-H81-AF-001-3A9-D1538-01026-00

Illustrazione 3 – Modello geologico di riferimento - vedi tavola 02-H81-AF-001-3A9-D1538-01026-00

Die Untertunnelung des Bahnhofsgeländes bis zur Mündung in den Eisack für die hydraulische Regulierung des Riol ist mit einer Auffüllung des Eisacktals verbunden, das aus quartären Ablagerungen unterschiedlicher Stärken und Zusammensetzung besteht.

Il cunicolo di sottoattraversamento dell'area di stazione fino allo sbocco dell'Isarco per la sistemazione idraulica del Rio Riol interessa il riempimento della valle dell'Isarco costituito da depositi quaternari con spessori e composizione differenti.

Die geologisch-hydrogeologische Struktur des für die geplanten Arbeiten bedeutsamen Geländes umfasst hauptsächlich das Vorhandensein von:

L'assetto geologico – idrogeologico del volume di terreno significativo per le opere previste prevede principalmente la presenza di:

- Heterogene anthropogene kiesig-sandige Aufschüttungen
- Überwiegend kiesig -sandige Murenablagerungen mit weit verbreitetem Vorkommen von Granitblöcken
- Alluviale Ablagerungen – kiesig – steinig und kiesig – sandig mit Granitblöcken, durchsetzt mit Murenablagerungen
- Der Grundwasserspiegel liegt in einer durchschnittlichen Tiefe von etwa 10 bis 15 m über dem Boden. Er befindet sich im Allgemeinen in Höhenlagen, die mit dem hydraulischen Gleichgewicht des Eisacks vereinbar sind. Im Bereich des Stolleneingangs und der Konstruktion der Druckkammer wird er
- Depositi di riporto antropici eterogenei ghiaioso – sabbioso
- Depositi de debris flow prevalentemente ghiaioso – sabbiosi con diffusa presenza di blocchi granitici
- Depositi alluvionali – ghiaioso – ciottolosi e ghiaioso – sabbiosi con presenza di blocchi granitici, interdigitati ai depositi di debris flow
- Falda freatica a profondità media a circa 10 -15 m da piano campagna. Generalmente si presenta a quote compatibili con equilibrio idraulico con l'alveo dell'Isarco. Nella porzione di imbocco del cunicolo e della realizzazione della camera di spinta risente delle ingressioni da

durch das Eindringen des Wassers des Flusses Riol flussaufwärts in Zeiten starker Regenfälle beeinträchtigt (der Fluss ist derzeit trocken).

monte delle acque del Rio Riol nei periodi a forte piovosità (attualmente il rio risulta asciutto).

- Mittlere bis hohe Bodendurchlässigkeit

- Grado di permeabilità dei terreni medio – alto.

## 6 GEOTECHNISCHES MODELL

Für die Charakterisierung der im Hauptteil der Arbeit vorkommenden Lockergesteine wurde auf frühere Arbeiten zurückgegriffen, bei denen Festigkeits- und Verformungsparameter durch Laborversuche bestimmt wurden.

Die Ergebnisse der Charakterisierung sind in dem von SET Srl im Rahmen des Vertrags D0139 erstellten Bericht und in dem von GDP erstellten Bericht (Vertrag D0932) dargelegt, die als Referenzquellen dienen.

Auf der Grundlage der stratigraphischen Protokolle der Sondierungen, die in der Nähe der Projektarbeiten in den Kampagnen 1988 (RFI), 2009 und 2022 (BBT) durchgeführt wurden, wurden die verschiedenen geotechnischen Referenzeinheiten identifiziert und definiert.

Die stratigraphischen Säulen der genannten Bohrungen sind im spezifischen Anhang aufgeführt (Dok. 02-H81AF-001-RT0-D1538.01033-01).

Für die anthropogenen Auffüllungsböden wurden zunächst die Ergebnisse geotechnischer Untersuchungen an der Bodenmatrix aus Sondiergräben untersucht, die guten geotechnischen Parameter am ehemaligen Karpatendamm lieferten. Da im Projektgebiet keine Vergleichsproben entnommen wurden, haben wir uns für vorsichtigeren Werte entschieden, wie dies auch in früheren Arbeiten, die als Referenz herangezogen werden, geschehen ist.

### 6.1 GEOTECHNISCHE EINHEITEN

Die geotechnischen Einheiten wurden nach der deutschen Norm DIN 18196 definiert, wie dies auch im Rahmen der Verträge D0139 und D0932 geschehen ist.

Die geotechnischen Einheiten für das Projektgebiet sind folglich beschrieben:

- R: heterogene anthropogene Deponieablagerungen, die in ihrer Korngröße von schluffigen Sanden bis zu Kiesen und Blöcken in einer schluffig-sandigen Matrix variieren

## 6 MODELLO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione dei terreni sciolti presenti nel volume significativo dell'opera si è fatto riferimento a lavori pregressi su cui, tramite prove di laboratorio, sono stati definiti i parametri di resistenza e deformabilità.

I risultati della caratterizzazione sono riportati nella relazione redatta dalla SET Srl nell'ambito del contratto D0139 e nella relazione redatta da GDP (contratto D0932) che si assumono come fonte di riferimento.

Sulla base dei log stratigrafici dei sondaggi realizzati in prossimità dell'opera di progetto nelle campagne 1988 (RFI), 2009 e 2022 (BBT) sono state individuate e definite le diverse unità geotecniche di riferimento.

Le colonne stratigrafiche dei sondaggi citati sono riportati nell'allegato specifico (doc. 02-H81AF-001-RT0-D1538.01033-01).

Per i terreni di riporto antropico in prima battuta sono stati esaminati i risultati delle prove geotecniche su matrice di terreno prelevato da trincee esplorative che, in corrispondenza del rilevato ex scalo Carpazi, hanno fornito parametri geotecnici buoni. Poiché non sono state prelevati campioni di confronto nell'area di progetto, si è optato per valori più cautelativi, così come fatto anche nei precedenti lavori che si assumono come riferimento.

### 6.1 UNITA' GEOTENICHE

Le unità geotecniche sono state definite secondo la normativa Tedesca DIN 18196, così come fatto nell'ambito dei contratti D0139 e D0932.

Di seguito sono elencate le unità geotecniche per l'area di progetto:

- R: depositi di riporto antropico eterogenei, con granulometria variabile da sabbie limose a ghiaie e blocchi in matrice sabbioso limosa



- GE: überwiegend Kies, Kiesel und Blöcke mit untergeordneter sandiger oder sandig-schluffiger Matrix, manchmal fehlend.
  - GW: überwiegend Kiese mit Sanden
  - SW: überwiegend Sande mit Kiesen
  - SE: überwiegend Sande und untergeordnete schluffige Sande
  - SU: überwiegend schluffige Sande. Lokalisierte Einheit und nicht weit verbreitet.
- GE: prevalentia ghiaie, ciottoli e blocchi con subordinata matrice sabbiosa o sabbioso – limosa, talvolta assente.
  - GW: prevalentia ghiaie con sabbie
  - SW: prevalentia sabbie con ghiaie
  - SE: prevalentia sabbie e subordinate sabbie limose
  - SU: prevalentia sabbie limose. Unità molto localizzata e poco diffusa.

Insgesamt handelt es sich um körnige Böden mit einem minimalen Anteil an feiner Schlufffraktion. Das wichtigste Merkmal, auch für Bauzwecke, ist das weit verbreitete Vorkommen von Granitblöcken und -funde.

Complessivamente si tratta di terreni granulari con minima presenza di frazione fine limosa. La caratteristica più importante anche ai fini costruttivi è la presenza diffusa di blocchi e trovanti granitici:

## 6.2 ERGEBNISSE GEOTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN

## 6.2 RISULTATI PROVE GEOTECNICHE

Einzelheiten zu den durchgeführten geotechnischen Untersuchungen finden Sie in der Beschreibung in Kapitel 4.

Per i dettagli delle indagini geotecniche eseguite si rimanda a quanto descritto nel Cap. 4.

### 6.2.1 Geotechnische Laborversuche

### 6.2.1 Prove geotecniche di laboratorio

Zur Charakterisierung der Böden im Hinblick auf die am besten geeignete Wahl des Mikrotunnelbaus wurde eine Reihe von geotechnischen Labortests durchgeführt, um die Granulometrie der Ablagerungen und die geomechanischen Eigenschaften der Granitblöcke zu beschreiben. Die Ergebnisse sind im Folgenden aufgeführt.

Al fine di caratterizzare i terreni per la scelta operativa più idonea del microtunneling sono state prese in esame alcune prove geotecniche di laboratorio che hanno permesso di descrivere le granulometrie dei depositi e le caratteristiche geomeccaniche dei blocchi granitici. Di seguito si riportano i risultati.

#### Klassifizierung der Korngröße

#### Classificazione granulometrica

Zur geotechnischen Bestimmung der von den Projektarbeiten betroffenen Materialien wurden geotechnische Laborklassifizierungstests an Proben aus der Bohrung BHPZ-10/14, die im Schwemmland des Eisackflusses (2014) durchgeführt wurde, sowie an den Bohrungen Fo-B-07/09 und Fo-B-80/09 durchgeführt.

Per la classificazione granulometrica e quindi la definizione geotecnica dei materiali interessati dall'opera di Progetto sono state eseguite delle prove geotecniche di laboratorio eseguite su campioni prelevati da sondaggio BHPZ-10/14 eseguito nell'area alluvionale dell'Isarco (2014) e sui sondaggi Fo-B-07/09 e Fo-B-80/09.

Sond. Bohrung Nr.	Camp. Probe Nr.	Prof. Tiefe m	Granulometria / Granulometrie			Limiti Atterberg				ASTM
			ghiaia - Kies %	sabbia - Sand %	limo / Schluff + argilla / Ton %	WL %	WP %	IP %	w %	
BHPZ-10/14	A	3.6 ÷ 3.9	71,1	28.9	-	18.85	-	-	-	GW
BHPZ-10/14	B	5.0 ÷ 5.5	69.2	30.8	-	19.4	12.0	7.4	-	GW
BHPZ-10/14	C	7.0 ÷ 7.5	45.7	54.3	-	23.0	12.5	10.5	-	SC
BHPZ-10/14	D	11.0 ÷ 11.5	85.9	14.1	-	17.8	13.2	4.6	-	GW
BHPZ-10/14	E	14.0 ÷ 14.5	60.7	39.3	-	19.9	9.52	10.30	-	GW-GM
BHPZ-10/14	F	17.5 ÷ 18.0	49.1	50.9	-	17.5	7.32	10.18	-	SW
BHPZ-10/14	G	20.5 ÷ 21.0	61.2	38.8	-	27.2	12.12	15.08	-	GW

Sond. Bohrung Nr.	Camp. Probe Nr.	Prof. Tiefe m	Granulometria / Granulometrie			Limiti Atterberg				ASTM
			ghiaia - Kies %	sabbia - Sand %	limo / Schluff + argilla / Ton %	WL %	WP %	IP %	w %	
Fo-B-07/09	A	4.6 ÷ 5.0	72.51	27.1	0.39	-	-	-	-	GW
Fo-B-07/09	B	8.0 ÷ 8.5	69.67	30.2	0.31	-	-	-	-	GW
Fo-B-07/09	C	12.0 ÷ 12.5	49.33	50.56	0.11	-	-	-	-	SW
Fo-B-08/09	D	12.0 ÷ 12.4	60.77	38.88	0.35	-	-	-	-	GW
Fo-B-50/22	E	5.0 ÷ 5.4	81.61	17.95	0.44	-	-	-	-	GW
Fo-B-50/22	F	8.6 ÷ 9.0	64.88	34.96	0.16	-	-	-	-	GW
Fo-B-50/22	G	9.5 ÷ 9.8	81.06	18.89	0.05	-	-	-	-	GW
Fo-B-50/22	H	11.6 ÷ 12.0	46.71	52.92	0.37	-	-	-	-	SW
Fo-B-50/22	I	15.6 ÷ 16.0	8.48	90.95	0.57	-	-	-	-	SW
Fo-B-51/22	L	8.6 ÷ 9.0	80.01	18.99	1.0	-	-	-	-	GW
Fo-B-51/22	M	10.4 ÷ 11.0	54.07	45.46	0.47	-	-	-	-	GW
Fo-B-51/22	N	13.0 ÷ 13.4	44.87	55.07	0.06	-	-	-	-	SW
Fo-B-51/22	O	14.0 ÷ 14.3	21.64	78.16	0.2	-	-	-	-	SW
Fo-B-51/22	P	16.6 ÷ 17.0	70.09	29.83	0.08	-	-	-	-	GW

#### Abrasivitätstests - CAI

Diese Tests wurden zur geomechanischen Charakterisierung der Granitblöcke in den Lagerstätten durchgeführt, um die Erstellung des geomechanischen Berichts Muls II im Jahr 2013 (Prof. Quick) zu unterstützen, und ergaben hohe Werte, die auf extrem abrasive Blöcke hinweisen.

#### Prove di abrasività - CAI

Tali prove sono state eseguite per la caratterizzazione geomeccanica dei blocchi granitici presenti nei depositi a supporto della redazione della relazione geomeccanica Muls II nel 2013 (prof. Quick) e hanno fornito dei valori alti, indice di blocchi estremamente abrasivi

Abrasivitätsversuch Cerchar [-] Prova di abrasività Cerchar [-]		
Mittelwert / Media	Standardbw / Deviazione st.	Anzahl / Nr. Prove
4.30	0.60	95

#### UCS test

Die zweite Art der Prüfung, die zur Charakterisierung der Granitblöcke durchgeführt wird, ist der einachsige

#### Prove UCS

Il secondo tipo di prova eseguito per la caratterizzazione dei blocchi granitici è la prova di compressione uniassiale (UCS) che permette di ricavare il valore della resistenza.

Druckversuch (UCS), aus dem sich der Festigkeitswert ableiten lässt.

Die Daten stammen wie im vorherigen Fall aus dem Geomechanik-Bericht Muls II von 2013 (Prof. Quick) und sind nachstehend aufgeführt.

Il dato, come nel caso precedente, proviene dalla relazione geomeccanica Muls II del 2013 (prof. Quick) ed è di seguito riportato.

UCS [MPa]		
Mittelwert / Media	Standardbw / Deviazione st.	Anzahl / Nr. Prove
139.87	32.72	220

### 6.2.2 Auswertung von STP-Tests

### 6.2.3 Interpretazione prove SPT

Der SPT (Standard Penetration Test) ist in der A.S.T.M. Designation D 4633-86 kodifiziert. Der Wert der relativen Dichte wird auf der Grundlage der NSPT-Werte und des vertikalen effektiven geostatischen Drucks  $\sigma'_{vo}$  berechnet. In Bezug auf die geognostischen Kampagnen 2009 und 2022, die insgesamt 5 kontinuierliche Kernbohrungen vorsahen, deckten die SPT-Tests, die in drei der fünf Bohrungen durchgeführt wurden, die verschiedenen identifizierten Einheiten ab und lieferten die folgenden Ergebnisse

La prova SPT (standard penetration test) è codificata dalla norma A.S.T.M. Designation D 4633-86. Il valore della densità relativa è calcolato sulla base dei valori di  $N_{SPT}$  e della pressione geostatica verticale efficace  $\sigma'_{vo}$ . Con riferimento alle campagne geognostiche del 2009 e del 2022 che hanno previsto un totale di n. 5 sondaggi a carotaggio continuo, le prove SPT eseguite in tre dei cinque fori di sondaggio hanno interessato le diverse unità individuate e hanno fornito i seguenti risultati

#### Bohrung Fo-B-07/09:

#### Sondaggio Fo-B-07/09:

Profondità / Tiefe m	Standard Penetration Test			$N_{SPT}$
	N15	N20	N45	
3.00	32	44	R	R
4.50	40	R	-	R
6.00	R	-	-	R
7.50	R	-	-	R
10.50	34	R	-	R
12.00	R	-	-	R
15.00	R	-	-	R

#### Bohrung Fo-B-50/22:

#### Sondaggio Fo-B-50/22:

Profondità / Tiefe m	Standard Penetration Test			$N_{SPT}$
	N15	N20	N45	
10.00	R	-	-	R
20.00	24	R	-	R

#### Bohrung Fo-B-51/22:

#### Sondaggio Fo-B-51/22:

Profondità / Tiefe m	Standard Penetration Test			$N_{SPT}$
	N15	N20	N45	
19.20	R	-	-	R
30.00	37	R	-	R

Wie die Ergebnisse zeigen, ergaben die SPT-Tests immer Werte von mehr als 50 Schlägen oder Verwerfungen ( $N_{SPT} > 100$  Gew./Gew.), was auf Böden

Come mostrato dai risultati, le prove SPT hanno dato sempre valori superiori a 50 colpi o a rifiuto ( $N_{SPT} > 100$  c/p), indice di terreni di natura granulare (ghiaie, ciottoli e

mit körnigem Charakter (Kiese, Gerölle und granitische Ablagerungen) hinweist, die die Einheit A (Murgangablagerungen) und die Einheit B (alluviale/torrentiale Ablagerungen) charakterisieren. Die hohen Werte, die in den Abschnitten gemessen wurden, in denen eine Penetration stattgefunden hat (einschließlich der ersten 15 cm), weisen daher auf eine sehr verdickte Matrix mit hohen geotechnischen Eigenschaften hin.

trovanti granitici) che caratterizzano l'unità A (depositi da debris flow) e l'unità B (depositi alluvionali/torrentizi). Di conseguenza, i valori elevati misurati riferiti ai tratti in cui c'è stata penetrazione (compresi i 15 cm iniziali) evidenziano una matrice molto addensata e di caratteristiche geotecniche elevate.

**Auf der Ebene der Parametrisierung ist es aufgrund der Gesamtheit der SPT-Verwerfungswerte nicht möglich, die Festigkeits- und Verformungsparameter der identifizierten geotechnischen Einheiten durch Korrelationen zu bestimmen. Daher wird auf die Definitionen früherer Arbeiten und auf die Lithostratigraphie der geognostischen Untersuchungen der Kampagnen 2009 und 2022 Bezug genommen.**

**A livello di parametrizzazione, la totalità dei valori di SPT a rifiuto non consente di determinare tramite correlazioni i parametri di resistenza e deformabilità delle unità geotecniche individuate. Pertanto, si farà riferimento a quanto definito nei precedenti lavori e alla litostratigrafica riscontrata sui sondaggi geognostici delle campagne del 2009 e del 2022.**

### 6.3 GEOTECHNISCHE PARAMETRISIERUNG

### 6.3 PARAMETRAZIONE GEOTECNICA

Auf der Grundlage der in den vorigen Kapiteln berichteten Ausarbeitungen und unter Bezugnahme auf die in Abbildung 2 und in der Referenztabelle dargestellte lithostratigrafische Struktur wird der zusammenfassende Rahmen des für das Gebiet erstellten geotechnischen Modells auf der Grundlage der durchgeführten direkten Untersuchungen und der zitierten früheren Arbeiten dargestellt. Die auf stratigraphischer Basis ermittelten homogenen Einheiten sind auch für die geotechnische Modellierung von Bedeutung.

Sulla base delle elaborazioni riportate nei capitoli precedenti, con riferimento all'assetto litostratigrafico riportato in figura 2 e nella tavola di riferimento, si riporta il quadro di sintesi del modello geotecnico ricavato per l'area, sulla base delle indagini dirette realizzate e i lavori pregressi citati. Le unità omogenee così come individuate su base stratigrafica assumono rilevanza anche per la modellazione geotecnica.

Unità geotecnica/ Geotechnische Einheit	Peso di volume/ Wichte erdfeucht (kN/m <sup>3</sup> )	Angolo di attrito interno/ Reibungs Winkel (°)	Coesione drenata/ Kohäsion drainert kPa	Coesione non drenata/ Kohäsion undrainert kPa	Modulo di Young/ Young Modul MPa
R	17-18	28 - 30	0	-	20-50
SE	19	35 - 37.5	0	-	30-100
SU	22	27.5	5	40	30-60
SW	20	35 - 37.5	0	-	30-200
GW	22	35	0	-	60-250
GE	20	35 - 37.5	0	-	60-250

Die in der Tabelle definierten Parameter können zur Vereinfachung des geotechnischen Modells auf die geologischen Referenzeinheiten übertragen werden (Übertrag R, Murgang A und Alluvionenablagerungen B)

I parametri definiti in tabella, al fine di semplificare il modello geotecnico, possono essere riportati alle unità geologiche di riferimento (riporto R, debris flow DF e depositi alluvionali AL).

Unità geotecnica/ Geotechnische Einheit	Peso di volume/ Wichte erdfeucht (kN/mc)	Angolo di attrito interno/ Innerer Reibungs Winkel (°)	Coesione drenata/ Kohäsion drainiert kPa	Coesione non drenata/ Kohäsion undrainiert kPa	Modulo di Young/ Young Modul MPa
R	17-18	28 - 30	0	-	20-50
DF	22	35	0	-	60-250
AL	22	35	0	-	60-250

Die geologischen Einheiten DF und AL zugeordneten durchschnittlichen geotechnischen Eigenschaften beziehen sich auf die Parametrisierung der geotechnischen Einheit GW, die den Projektabschnitt charakterisiert.

Le caratteristiche geotecniche medie assegnate alle unità geologiche DF e AL fanno riferimento alla parametrizzazione dell'unità geotecnica GW che caratterizzano il tratto di progetto.

#### 6.4 GEOTECHNISCH KRITISCHE PUNKTE

Aus geotechnischer Sicht ergeben sich die kritischen Punkte für die Aushub- und Microtunneling-Phase aus dem Vorhandensein von Granitblöcken und -funde sowie dem Vorhandensein des Grundwasserspiegels. Diese Aspekte sind dem geologischen Bericht (Dok. 02-H81-AF-001-RT3-D1538-01021-01) entnommen.

#### 6.4 CRITICITA' GEOTECNICHE

Dal punto di vista geotecnico, le criticità rilevanti per la fase di scavo e il microtunneling derivano dalla presenza di blocchi e trovanti granitici e dalla presenza della falda acquifera. Tali aspetti vengono ripresi dalla relazione geologica (doc. 02-H81-AF-001-RT3-D1538-01021-01).

##### Felsblöcken

Angesichts der körnigen Beschaffenheit der Böden wirft das stratigraphische Schema keine besonderen Zweifel auf, abgesehen von denen, die sich auf den prozentualen Anteil von Felsblöcken und Kieselsteinen beziehen, die möglicherweise entlang der Stollentrasse vorhanden sind. Eine erste Untersuchung hat ergeben, dass entlang der Vertikalen der Bohrlöcher schätzungsweise 25-30 % grobes Material mit einem  $\varnothing > 20$  cm vorhanden ist, das sich tendenziell oberhalb einer Tiefe von 10-15 m konzentriert. Angesichts der granulometrischen Variabilität der identifizierten Einheiten und ihrer räumlichen Verteilung sollte ein Anteil von 35 % in Volumen an Kieseln und Blöcken von Brixnergranit entlang des Grabenabschnitts mit einem Durchmesser von  $> 20$  cm bis zu einer maximalen Länge von 2-3 Metern vorsichtig geschätzt werden. Dieser Aspekt muss bei der Anwendung des Microtunneling berücksichtigt werden (Fähigkeit des Systems, die angetroffenen Durchmesser auseinander zu brechen).

##### Trovanti:

Data la natura granulare dei terreni lo schema stratigrafico non genera particolari dubbi, se non quelli relativi alla percentuale di trovanti e ciottoli potenzialmente presenti lungo il tracciato del cunicolo. Da una prima disamina, sulla verticale dei sondaggi si stima ca. un 25-30% di materiale grossolano con  $\varnothing > 20$  cm, tendenzialmente concentrato oltre i 10 - 15 m di profondità. Cautelativamente, considerando la variabilità granulometrica nelle unità individuate e nella loro distribuzione spaziale, andrà considerata una percentuale pari al 35% in volume di ciottoli e blocchi di natura granitica lungo la sezione di scavo del cunicolo con diametro superiore ai 20 cm fino ad un massimo di 2-3 metri. Tale aspetto va tenuto in considerazione al fine dell'utilizzo del microtunneling (capacità del sistema di disgregare i diametri incontrati).

##### Neutrales Druckregime:

Was die hydrogeologischen Aspekte anbelangt, gibt es in Bezug der Überwachung der bestehenden Piezometer derzeit keine Grundwasserspiegel in

##### Regime delle pressioni neutre:

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, con riferimento ai monitoraggi sui piezometri esistenti, attualmente non si registrano livelli di falda a quote

**relevanten Höhen mit den geplanten Arbeiten. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es in Zeiten starker Regenfälle lokal zu Wasserzuflüssen im Zusammenhang mit der Anreicherung des Flusses Riol kommen kann, was im Bereich der Druckkammer am Stolleneingang zu starken Schwankungen des Grundwasserspiegels führen kann (Schwankung von ca. 10 m zwischen Maximum und Minimum). Angesichts der geringen Größe der Anreicherungszone und der Retentionsräume sind sie sehr variabel und zeitlich begrenzt.**

**rilevanti con le opere previste. Va tenuto comunque presente che possono manifestarsi, localmente, afflussi d'acqua associati alla ricarica del rio Riol nei periodi di intensa piovosità che, nel settore della camera di spinta di imbocco del cunicolo può portare a forti escursioni dei livelli della falda (oscillazione di ca. 10 metri tra massimi e minimi). Date le ridotte dimensioni della zona di ricarica e degli spazi di ritenzione, essi sono molto variabili e limitati nel tempo.**

#### 6.5 GEOTECHNISCHE MERKMALE VON MICROTUNNELING-LAGERSTÄTTEN

#### 6.5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI DEPOSITI PER L'ESECUZIONE MICROTUNNELING

Die Microtunneling-Technik und ihre Anwendung werden durch einige spezifische Boden-/Fels-Eigenschaften beeinflusst.

La tecnica del microtunneling e la sua applicazione è influenzata da alcune specifiche proprietà dei terreni/rocce.

Insbesondere bei Arbeiten in lockeren Böden sind die wichtigsten geotechnischen Parameter von Bedeutung:

In particolare, nel caso di operatività in terreni sciolti, i parametri geotecnici principali di riferimento sono:

Partikelgrößenverteilung

Distribuzione granulometrica

Verdichtung der Sedimente

Compattazione dei sedimenti

Konsistenz - Atterberg-Grenzwerte (Wassergehalt)

Consistenza - limiti di Atterberg (contenuto d'acqua)

Die Bewertung dieser Indexeigenschaften von Ablagerungen beeinflusst die Art der zu verwendenden Maschine und die Konfiguration des Materialtrennsystems

La valutazione di queste proprietà indice dei depositi influisce sulla tipologia di macchina da utilizzare e sulla configurazione del sistema di separazione del materiale

Wenn die Arbeiten im Fels oder in Böden mit einem hohen Anteil an Blöcken durchgeführt werden sollen, müssen drei grundlegende mechanische Eigenschaften bewertet werden, die den Verschleiß der Trennscheiben der Maschine beeinflussen:

Nel caso in cui si realizzi l'opera in roccia o in terreni con alta percentuale di blocchi, si devono valutare tre proprietà meccaniche fondamentali che influiscono sull'usura dei dischi da taglio della macchina:

UCS

Resistenza a compressione (UCS)

CAI – Abrasivitätsindex

CAI – Indice di abrasività

Reißfestigkeit

Resistenza a trazione

Im untersuchten Fall wurden unter Bezugnahme auf die in Kapitel 6.2 vorgestellten Labortests für beide Lagerstättentypen (DF und AL) im Allgemeinen kompakte körnige Böden (Kies, Kiesel und Blöcke) mit einem mittleren bis hohen Verdickungsgrad ohne Plastizität mit Blöcken festgestellt, die sich durch eine

Nel caso in esame, facendo riferimento alle prove di laboratorio presentate al capitolo 6.2, per entrambe le tipologie di deposito (DF e AL) si individuano terreni granulari (ghiaie, ciottoli e blocchi) generalmente compatti con stato di addensamento medio – alto, privi di plasticità con blocchi caratterizzati da elevata resistenza

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: **Geotechnischer Bericht**

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geotecnica**

hohe einaxiale Druckfestigkeit (ca. 140 MPa) und eine hohe Abrasivität nach dem Cerchar-Abrasivitäts-Index CAI (ca. 4.30) auszeichnen.

a compressione uniassiale (ca. 140 MPa) ed elevata abrasività dell'indice CAI (ca. 4.30)

## 7 DEFINITION DER SEISMISCHEN EINWIRKUNG

### SICHERHEITSNACHWEISE

Die geplanten Arbeiten an der Druckkammer und den Mikrotunneln sehen einen künstlichen Einschluss vor (Schottwand aus Mikropfählen und Mikrotunnel-Rohrleitung), daher betrifft die Stabilität der temporären Aushubfronten nur den Ausgangsbereich der Eisackunterführung, wo ein Vorfeld errichtet wird, von dem aus die für den Mikrotunnelbau verwendete Ausrüstung entfernt wird. Die Aushubarbeiten werden eine maximale Höhe von ca. 8,0 - 10 m aufweisen und im Wesentlichen durch die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der UNIT A - Murgangablagerungen - bestimmt werden.

Die geotechnischen Eingangsparameter für die Standsicherheitsnachweise entsprechen den in Kapitel 5 genannten Parametern, wobei man sich für eher vorsorgliche Parameter entschieden hat. Da es sich um kurzfristige Ausgrabungsfronten handelt, die weniger als 2 Jahre dauern, kann auf eine Überprüfung unter seismischen Bedingungen verzichtet werden.

Nach den nationalen Vorschriften (Ministerialerlass vom 17. Januar 2018) die Bedingung:  $E_d < R_d$ , mit:

- $E_d$  = Bemessungswert der Einwirkung
- $R_d$  = Bemessungswert des Bodenwiderstandes

Die Nachweise müssen nach Ansatz1-Kombination2 durchgeführt werden:  $(A_2+M_2+R_2)$ . Nach der Norm ist das Gewicht der Volumeneinheit der potenziell instabilen Masse mit dem Koeffizienten  $A_2 \cdot G_1 = 1,0$  zu multiplizieren. Die physikalisch-mechanischen Parameter sind gemäß der nachstehenden Tabelle zu reduzieren.

Für den Sicherheitsnachweis von Abbauflächen wird der Koeffizient

$$R_2 = \gamma R = 1.1$$

Die Nachweise werden anhand des folgenden Abakusdiagramms Nr. 1 von HOEK und BRAY durchgeführt, das speziell für die Stabilitätsbeurteilung

## 7 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

### VERIFICHE DI SICUREZZA

Le opere previste camera di spinta e microtunneling prevedono un confinamento artificiale (paratia di micropali e tubazione infilata con microtunneling), pertanto la stabilità dei fronti di scavo provvisori riguarderà esclusivamente l'area di uscita del sottoattraversamento dell'Isarco dove verrà realizzato un piazzale da cui rimuovere l'attrezzatura utilizzata per il microtunneling. Gli scavi interesseranno un'altezza massima pari a ca. 8 - 10 m e sarà sostanzialmente governata dalle caratteristiche fisico meccaniche dell'UNITA' A - depositi da debris flow.

I parametri geotecnici d'ingresso per le verifiche di stabilità sono quelli riportati al capitolo 5, optando per parametri più cautelativi. Trattandosi di fronti di scavo a breve termine, di durata inferiore a 2 anni, le verifiche in condizioni sismiche possono essere omesse.

Secondo la normativa nazionale (D.M. 17 gennaio 2018) deve essere rispettata la condizione:  $E_d < R_d$ , con:

- $E_d$  = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni.
- $R_d$  = valore di progetto della resistenza del terreno.

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio1-Combinazione2:  $(A_2+M_2+R_2)$ . La normativa prevede che al peso dell'unità di volume della massa potenzialmente instabile vada applicato il coefficiente  $A_2 \cdot G_1 = 1.0$ . I parametri fisico meccanici vanno ridotti secondo la tabella di seguito riportata.

Per le verifiche di sicurezza dei fronti scavo il coefficiente

$$R_2 = \gamma R = 1.1$$

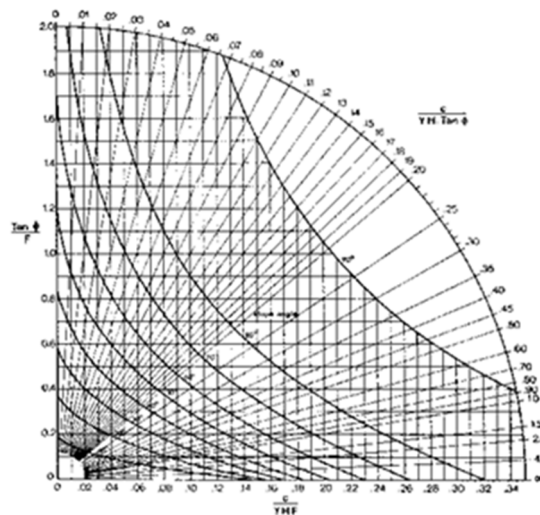
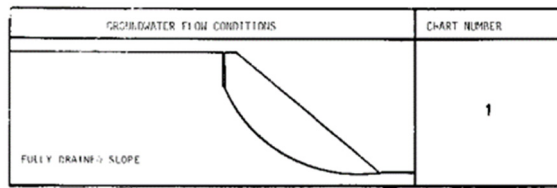
Le verifiche vengono eseguite utilizzando l'abaco di HOEK e BRAY schema n°1 di seguito, specifico per valutazioni di stabilità di fronti scavo, con estradosso sub-



von Baugrubenwänden mit nicht ebener Überhöhung, ohne Filterung und ohne Randüberlastungen gilt. Im Abakus werden die reduzierten physikalisch-mechanischen Parameter eingeführt und der F-Koeffizient nimmt den Wert R2 an.

pianeggiante, in assenza di filtrazione ed in assenza di sovraccarichi al contorno. Nell'abaco sono introdotti i parametri fisico meccanici ridotti ed il coefficiente F assume il valore R2.

PARAMETRO	GRANDEZZA DA RIDURRE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_M$ $\gamma_\phi$	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1.25
Peso di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0



Die Aushubböschung ist unter Einhaltung der oben genannten maximalen Profilwinkel der Aushubfronten von oben nach unten freizulegen, wobei darauf zu achten ist, dass die in der Schuttdecke befindlichen Felsbrocken oder großen Blöcke entfernt werden, wenn sie mehr als die Hälfte ihrer Höhe freiliegen.

Nel rispetto delle prescrizioni degli angoli di profilatura massima dei fronti di scavo sopra indicati, la scarpata di scavo dovrà essere messa a nudo da monte verso valle, avendo cura di rimuovere eventuali massi o blocchi di grandi dimensioni presenti all'interno della copertura detritica se esposti per più della metà della loro altezza.

<b>Hmax</b>	<b>β</b>
10.0 m	≤ 40°

## 8 SCHLUSSFOLGERUNG

Im Auftrag und im Namen des Auftraggebers BBT wurde dieser geotechnische Bericht erstellt, der sich auf den geologischen Bericht des endgültigen Projekts bezieht und Teil der letzten Phase der Planungstätigkeiten ist, die sich auf die Arbeiten beziehen, die mit dem Untergrund interagieren, und die notwendig sind, um die Ausführungsentscheidungen und geotechnischen Überprüfungen zu erreichen, die zur Unterstützung der vorläufigen und endgültigen Planungsphase gemäß dem Ministerialerlass vom 17.01.2018 gültig sind.

Diese Studie stützt sich auf die geologische Studie und die Daten der geognostischen und geotechnischen Untersuchungskampagne, die im Untersuchungsgebiet durchgeführt wurde, um das geotechnische Referenzmodell zu definieren.

Die Böden, die den größten Teil der Projektarbeiten ausmachen, bestehen hauptsächlich aus inkohärenten, grobkörnigen Ablagerungen, in denen Granitblöcke und -schichten mit einer Größe von einigen Dezimetern bis zu mehreren Metern weit verbreitet sind. Letztere sind aufgrund der Schwierigkeiten beim Bohren und beim Auflösen (insbesondere bei Durchmessern zwischen 30 und 70 cm) die größte Schwierigkeit beim Ausbruch der Druckkammer und beim Microtunneling.

Insgesamt weisen die vorhandenen Böden gute geotechnische Eigenschaften auf, sowohl im Hinblick auf die Tragfähigkeit als auch auf mögliche Setzungen.

Die Aushubarbeiten sind gemäß Kapitel 7 durchzuführen.

Es wird empfohlen, während der Bauphase geologische Unterstützung in Anspruch zu nehmen, um die Übereinstimmung zwischen den Planungsannahmen und der tatsächlich beobachteten Situation zu überprüfen.

**Das vorliegende Dokument wurde unter Einhaltung der Bestimmungen des Ministerialdekretes vom 17. Jänner 2018 „Technische Normen für den Bau“ erstellt und bezieht sich auf den geologischen Bericht Dok.Nr. 2-H81-AF001-RT3-D1538-01021-03. Dieser geotechnische Bericht stellt die durchgeführten Untersuchungen dar und definiert die Charakterisierung und Modellierung des**

## 8 CONCLUSIONI

Su incarico e per conto della committenza, BBT, è stata redatta la presente relazione geotecnica, che fa riferimento alla relazione geologica del progetto definitivo, e fa parte dell'ultima fase di attività progettuali relative alle opere interagenti con il sottosuolo, necessarie per giungere alle scelte esecutive e alle verifiche geotecniche, valide per supportare la fase di progetto preliminare e definitivo, di cui al D.M. 17.01.2018.

Il presente studio si basa sullo studio geologico e sui dati provenienti dalla campagna di indagine geognostica e geotecnica condotta all'interno dell'area in esame, finalizzata alla definizione del modello geotecnico di riferimento.

I terreni costituenti il volume significativo delle opere in progetto sono rappresentati prevalentemente da depositi granulari grossolani incoerenti con presenza diffusa di blocchi e trovanti granitici con dimensione variabile da qualche decimetro ad alcuni metri. Quest'ultimi sono la maggior criticità legata allo scavo della camera di spinta e del microtunneling per le difficoltà di perforazione e disgregazione (in particolare per i diametri che oscillano tra i 30 e 70 cm)

Complessivamente i terreni presenti mostrano buone caratteristiche geotecniche, sia per la capacità portante che per quanto riguarda i possibili cedimenti.

Gli scavi andranno realizzati secondo le modalità indicate al cap.7.

Si raccomanda di adottare l'assistenza geologica in corso d'opera, per verificare la corrispondenza delle ipotesi di progetto e la reale situazione osservata.

**Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni", fa riferimento alla relazione geologica del progetto doc. n. 02-H81-AF001-RT3-D1538-01021-03. La presente relazione geotecnica rappresenta le indagini eseguite e definisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno riguardante l'opera oggetto di**

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: **Geotechnischer Bericht**

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geotecnica**

**bedeutenden Bodenvolumens in Zusammenhang mit dem zu planenden Bauwerk. Dieser Bericht muss während der Ausführungsphase mit allen vorgesehenen Sicherheits- und Leistungskontrollen gemäß Kapitel 6.2.3. der NTC ergänzt werden.**

**progettazione. Detta relazione dovrà essere integrata in fase esecutiva con tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.3. delle NTC.**