



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

Projekteinheit

MA-VORBEREITENDE BAUMAßNAHMEN

Dokumentenart

G-GEOTECHNIK UND GEOMECHANIK

Titel

Geotechnischer und geomechanischer Bericht

WBS



MA-OPERE PROPEDEUTICHE

Tipo Documento

G-GEOTECNICA E GEOMECCANICA

Titolo

Relazione geotecnica e geomeccanica

  <p>GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO - BRENNER BASISTUNNEL BBT SE</p> <p>Piazza Stazione 1 • I-39100 Bolzano Tel.: +39 0471 0622-10 • Fax: +39 0471 0622-11</p> <p>Amraser Str. 8 • A-6020 Innsbruck Tel.: +43 512 4030 • Fax: +43 512 4030-110</p> <p>Email: bbt@bbt-se.com • www.bbt-se.com</p>		Datum/data	Name/nome				
	Bearbeitet / Elaborato	27/05/2016	A.Damiano				
	Geprüft / Verificato	27/05/2016	P.Perello				
	Freigegeben Autorizzato	27/05/2016	P.Perello				
	Gesehen BBT Visto BBT_RUP						
Projekt-kilometer / Progressiva di progetto	von / da bis / a bei / al	Bau-kilometer / Chilometro opera	von / da bis / a bei / al	Status Do-kument / Stato docu-mento			
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H81	MA	2GH8AF001	GTB	D0932	00901	02

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
02	Deckblatt Bearbeitung / Revisione cartiglio	Perello	27/05/2016
01	Emissions folgenden Prüfungsbericht / Emissione a seguito rapporto di verifica ITCF-C13038-02-ATF-RA-00001	Perello	20/11/2015
00	Erstversion Prima Versione	Perello	16/10/2014

INHALTSVERZEICHNIS INDICE

1. EINLEITUNG.....	5
1. INTRODUZIONE	5
1.1. Referenzstandard	6
1.1. Normativa di riferimento	6
2. GEOLOGISCHE EINLEITUNG.....	6
2. INTRODUZIONE GEOLOGICA.....	6
2.1. Geographischer Rahmen	6
2.1. Inquadramento geografico	6
2.2. Geologischer Rahmen.....	6
2.2. Contesto geologico.....	6
2.3. Bauwerksbeschreibung	7
2.3. Descrizione dell'opera	7
3. KURZFASSUNG	9
3. RELAZIONE DI SINTESI	9
4. AUFGABENSTELLUNG.....	13
4. OBIETTIVI DELLO STUDIO	13
5. ERKUNDUNGSMAßNAHMEN UND GRUNDLAGEN	15
5. INDAGINI E FONDAMENTI.....	15
5.1. Projektsrelevante Fragestellungen.....	15
5.1. Problematiche rilevanti ai fini del progetto	15
5.2. Direkte Aufschlussverfahren	15
5.2. Indagini dirette	15
5.2.1. Erkundungsbohrungen.....	15
5.2.1. Sondaggi geognostici.....	15
5.3. Indirekte Aufschlussverfahren	16
5.3. Indagini indirette	16
5.3.1. Seismik.....	16
5.3.1. Sismica.....	16
5.4. Bohrlochversuche.....	17
5.4. Prove in foro	17
5.4.1. SPT	17
5.4.1. SPT	17
5.4.2. Durchlässigkeitsversuche	18
5.4.2. Prove di permeabilità	18
5.4.3. Bohrlochaufweitungsversuche	18
5.4.3. Prove dilatometriche	18
5.5. Geologisch-hydrogeologisches Modell für die geplanten Bauwerke	19
5.5. Dettaglio del modello geologico-idrogeologico per le opere in progetto	19

6.	GEOTECHNIK UND GEOMECHANIK	20
6.	GEOTECNICA E GEOMECCANICA	20
6.1.	Geotechnische und geomechanische Einheiten	21
6.1.	Unità geotecniche e geomeccaniche	21
6.2.	Ergebnisse der geotechnischen Versuche in den Bohrungen	22
6.2.	Risultati delle prove geotecniche nei sondaggi	22
6.3.	Geotechnische / geomechanische Parameter	23
6.3.	Parametri geotecnici / geomeccanici	23
6.4.	Geotechnisch - geomechanisches Detailmodell für die geplanten Bauwerke	24
6.4.	Modello Geotecnico –Geomeccanico di dettaglio per le opere in progetto	24
7.	SCHLUSSBEMERKUNGEN	26
7.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	26
7.1.	Geotechnik und Geomechanik	26
7.1.	Geotecnica e geomeccanica	26

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 – Achse Nummer 1 Berlin-Verona / Mailand-Bologna-Neapel-Messina-Palermo Bestandteil der Eisenbahnverbindungen für Nord-Süd-Verkehre.

Der Ausbau der Gesamtachse soll stufenweise erfolgen, um bedarfsgerecht Teilabschnitte dem Verkehr zur Verfügung stellen zu können. Diese Vorgehensweise gewährleistet, dass die erforderlichen hohen Investitionen nicht über lange Zeiträume ungenutzt bleiben. Während Teile dieser Achse, wie zum Beispiel die Strecken zwischen Florenz und Rom sowie zwischen Rom und Neapel, bereits errichtet und in Betrieb sind, sind andere Abschnitte, wie zum Beispiel Nürnberg – Ingolstadt, derzeit vor der Fertigstellung; weitere Abschnitte, wie zum Beispiel Erfurt – Nürnberg, die Unterinntalstrecke zwischen Radfeld und Baumkirchen oder Verona – Bologna sind in Bau. Die restlichen Bereiche sind in einem Planungsstadium unterschiedlicher Tiefe.

Im Abschnitt zwischen der südlichen Einmündung des Brenner Basistunnels (im Folgenden BBT) und der nördlichen Einmündung des Schalderertunnels verläuft die Eisenbahnlinie oberirdisch. In diesem Bereich sind laut Projekt eine Reihe von Nebenarbeiten für die Zufahrtsstraße zum Rettungsplatz bei der südlichen Einmündung des BBT, die technischen Gebäude für den Tunnelservice und den Bahnhof (im Folgenden Bhf) Franzensfeste vorgesehen. Ein Teil dieser Arbeiten betrifft den Bereich der Baustelle für die Anbringung der Eisenbahnausrüstung des Basistunnels.

Die Arbeiten betreffen außerdem den Ausbau und die Sanierung des Bhf Franzensfeste und beinhalten hydraulische Verbauungen an zwei rechtsseitigen Zubringerästen des Flusses Eisack sowie die Anbringung von Schutzmaßnahmen gegen Steinschlag für die Abminderung des geomorphologischen Risikos im Bereich der neuen Bahnlinie und des gesamten Bahnhofsareals von Franzensfeste.

Das vorliegende Dokument wurde von GDP consultants innerhalb des Auftrags D0932 im Zuge der geologisch-geotechnischen Planung angefertigt, einschließlich der nötigen Untersuchungen für die seismische Charakterisierung der oben genannten Bauwerke, die detailliert im folgenden Kapitel 2.3 angeführt sind.

1. INTRODUZIONE

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 – Asse n. 1 Berlino-Verona / Milano-Bologna-Napoli-Messina-Palermo, previsto dalla decisione n. 884/2004/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004.

Il potenziamento dell'asse complessivo dovrà avvenire per fasi, in modo tale da disporre delle capacità necessarie in relazione all'evoluzione della domanda di trasporto. Tale procedimento garantisce che gli alti investimenti necessari non rimangano inutilizzati per lunghi periodi. Mentre parti di questo asse sono già realizzate e in esercizio, come ad esempio le tratte Firenze-Roma e Roma-Napoli, altre stanno per essere terminate (Norimberga – Ingolstadt); altre ancora, ad es. Erfurt – Norimberga, bassa valle dell'Inn tra Radfeld e Baumkirchen, Verona Bologna, sono in costruzione. Riguardo tutte le tratte rimanenti sono in corso le progettazioni, a un differente livello di dettaglio.

Nella tratta compresa tra l'imbocco Sud del Tunnel di Base (nel seguito BBT) e l'imbocco nord della Galleria Scaleres, la linea ferroviaria si sviluppa in esterno. In quest'area il progetto prevede la costruzione di una serie di opere accessorie relative all'accesso all'area di soccorso in prossimità dell'imbocco Sud del BBT, ai fabbricati tecnici di servizio al tunnel ed alla stazione ferroviaria di Fortezza. Una parte di queste opere sono interferenti con l'area di cantiere per la realizzazione dell'attrezzaggio ferroviario del tunnel di base.

Queste opere si inquadrano inoltre nel potenziamento e riqualificazione della stazione ferroviaria di Fortezza e comprendono altresì opere di sistemazione idraulica delle aste di due corsi d'acqua affluenti di destra del Fiume Isarco e installazione di protezioni contro la caduta massi, volte alla mitigazione del rischio geomorfologico sulla nuova linea ferroviaria e sull'intera area della stazione di Fortezza

Il presente documento è stato redatto da GDP consultants nell'ambito dell'incarico D0932, relativo alla progettazione geologica-geotecnica, comprensiva della indagini necessarie alla caratterizzazione sismica delle suddette opere, che sono meglio dettagliate nel successivo paragrafo 2.3

1.1. Referenzstandard

- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Decreto 14 Gennaio 2008, (G.U. 4 Febbraio 2008, n. 29 – S.O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008).
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Circolare 2 Febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle „Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni“ di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.
- 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.

2. GEOLOGISCHE EINLEITUNG

2.1. Geographischer Rahmen

Die geplanten Arbeiten umfassen den südlichsten Abschnitt des BBT und erstrecken sich bis zum orographisch rechten Hangfuß des Eisacktales, gegenüber der Ortschaft und dem Bhf Franzensfeste

Auf Höhe dieses Abschnittes zweigt quer zur Richtung des Haupttales das Tal des Riolbaches ab. Daneben werden die steilen Talflanken noch von zahlreichen N-S bis NE-SW verlaufenden Gräben und Rinnen zerschnitten.

Die höchste Erhebung im unmittelbaren Projektgebiet ist der Riol (1547 m) mit seiner, als Hohe Wand bezeichneten, steil nach S bis SE abfallenden Flanke.

Die größte Ortschaft im Eisacktal auf Höhe des Projektabschnitts ist das Dorf Franzensfeste. Neben diesem Wohnzentrum gibt es im Projektabschnitt verstreut noch einige Höfe und Gebäude, vor allem westlich der alten Eisenbahnlinie.

2.2. Geologischer Rahmen

Der betrachtete Abschnitt des BBT wird aus geologischer Sicht dem Südalpin zugerechnet.

Südlich der Periadriatische Linie tritt der Trassenkorridor in das südalpine Grundgebirge ein, bestehend aus dem granitisch-granodioritischen Pluton von Brixen, dem Gabbro des Scheibenbergs und den

1.1. Normativa di riferimento

- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Decreto 14 Gennaio 2008, (G.U. 4 Febbraio 2008, n. 29 – S.O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008).
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Circolare 2 Febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle „Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni“ di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.
- 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.

2. INTRODUZIONE GEOLOGICA

2.1. Inquadramento geografico

Il settore in cui sono previste le opere in progetto costituisce l'estremità meridionale del BBT e si estende alla base del versante destro idrografico della Valle Isarco, di fronte all'abitato ed alla Stazione Ferroviaria di Fortezza.

Trasversalmente rispetto alla direzione della valle principale si diparte, all'altezza di questo settore, la valle del Rio Riol. I fianchi ripidi della valle sono solcati inoltre da numerose altre incisioni e canali con andamento da N-S a NE-SW.

Il rilievo più pronunciato situato direttamente nell'ambito dell'area di progetto è il Monte Riol (1547 m), con il suo fianco ripido rivolto verso Sud e SE noto come "Hohe Wand".

Il principale abitato nella Val d'Isarco all'altezza dell'area di progetto è il paese di Fortezza. Oltre a questo centro abitato si trovano, distribuiti nell'area di progetto, ancora alcuni masi ed edifici, in particolare nella zona ad Ovest della linea ferroviaria storica.

2.2. Contesto geologico

Dal punto di vista geologico, il settore qui considerato del BBT è da ascrivere al Sudalpino.

A Sud del Lineamento Periadriatico il tracciato entra nel basamento cristallino sudalpino, costituito dal Plutone granitico-granodioritico di Bressanone, dal Gabbro del Monte del Bersaglio e dalle metamorfiti

umhüllenden Metamorphiten (Phyllite, granatführende Glimmerschiefer) der Brixner Quarzphyllit Einheit.

Der Brixner Granit ist flächenmäßig das verbreitetste Festgestein des Projektgebietes. Gegen Süden erfolgt der Übergang zum Brixner Quarzphyllit.

Der Brixner Pluton (Perm) ist ein in Ost-West-Richtung gestreckter, linsenförmiger Körper, der in ziemlich oberflächennahes Krustenniveau am nördlichen Rand des südalpinen Grundgebirges intrudiert ist. Sein Nordrand ist eindeutig tektonischer Natur (nördliche Judikarienlinie und Pustertal Linie – Periadriatische Linie), sein Südrand ist von intrusiver Natur mit kontaktmetamorpher Überprägung auf den umgebenden Phylliten und Glimmerschiefern (Brixner Quarzphyllit).

Neben den genannten Festgesteinen treten vor allem entlang der Eisacktal-Furche quartäre Lockergesteine mit unterschiedlicher Mächtigkeit auf.

Von Bedeutung sind im Projektabschnitt außerdem künstliche Aufschüttungen, vor allem der Bahndamm des Bahnhofs- und Rangierbereichs Franzensfeste, aber auch der Straßenunterbau der Staatsstraße sowie künstliche Aufschüttungen und verschiedene Oberflächenstrukturen im Ortskern.

2.3. Bauwerksbeschreibung

Der BBT besteht grundsätzlich aus einem System von zwei einspurigen Tunnelröhren. Im Projektabschnitt Franzensfeste sind darüber hinaus noch zwei Verbindungstunnel geplant, welche den BBT mit der Bestandsstrecke verbinden sollen. Im letzten Tunnelabschnitt vor dem Bhf Franzensfeste werden die beiden Röhren aus betrieblichen Gründen auf jeweils einen zweigleisigen Querschnitt aufgeweitet und es erfolgt eine Verknüpfung mit der Bestandsstrecke.

Die laut Projekt vorgesehenen Nebenarbeiten für die südliche Einmündung des BBT im Bereich des Bhf Franzensfeste wurden in zwei Sublose unterteilt:

- a) Sublos 1 – Neue Unterführung und Erschließung Riotal:
 - Unterführung der Bahnlinie Verona-Brenner südlich des Bhf Franzensfeste, entlang der Zufahrtsstraße zum geplanten Rettungsplatz bei der südlichen Einmündung des BBT
 - Neue Brücke über den Riolbach
 - Anpassung der bestehenden Straße in der Ortschaft Riol bis Station 750 m und der Anbindung an die SS12.
 - Hydraulische Verbauungen am Riolbach im Bereich zwischen dem Rückhaltebecken und dem Beginn der Drainagever-

incassanti (filladi, micascisti granatiferi) dell'unità della Fillade quarzifera di Bressanone.

Il Granito di Bressanone è la roccia arealmente più diffusa nell'area di progetto. Più a Sud si trova la zona di passaggio verso la Fillade quarzifera di Bressanone.

Il plutone di Bressanone (Permiano) è un corpo lenti-forme con andamento Est-Ovest intruso a livelli cristallini relativamente superficiali del margine settentrionale del basamento cristallino sudalpino. Il suo limite settentrionale ha chiaramente carattere tettonico (Linea delle Giudicarie Nord e Linea della Pusteria – Lineamento Periadriatico) mentre il suo limite meridionale è di natura intrusiva con impronta metamorfica di contatto sulle filladi e micascisti incassanti (Fillade quarzifera di Bressanone).

Oltre alle rocce menzionate, nel solco della Val d'Isarco affiorano rocce sciolte quaternarie con spessori variabili.

Nell'area di progetto assumono inoltre importanza i depositi antropici, costituenti in gran parte il rilevato ferroviario dell'area di stazione e scalo di Fortezza, nonché il rilevato della strada Statale e riporti e strutture superficiali varie presenti all'interno del nucleo abitato.

2.3. Descrizione dell'opera

Il BBT consiste fondamentalmente in un sistema a due canne ad un binario. Nel settore di progetto di Fortezza sono previste inoltre due gallerie di collegamento che devono collegare il BBT con il tracciato esistente. Nell'ultima tratta del tunnel, prima della stazione di Fortezza, le due canne, per motivi di esercizio, vengono allargate ad una sezione a due binari e ne risulta così un collegamento con il tracciato esistente.

Nella zona della stazione di Fortezza, le opere accessorie alla zona di imbocco Sud del BBT previste in progetto sono state suddivise in due sublotti e sono le seguenti:

- b) Sublotto 1 – Nuovo sottopasso e viabilità Riol:
 - Sottopasso della linea ferroviaria Verona-Brennero a Sud della stazione di Fortezza, lungo la strada di accesso all'area di soccorso prevista all'imbocco Sud del BBT.
 - Nuovo ponte sul rio Riol.
 - Adeguamento della strada esistente in località Riol, fino alla progressiva 750 m e suo collegamento alla SS12.
 - Sistemazione idraulica del Rio Riol nel tratto compreso tra il bacino di accumulo per debris flow e l'inizio della tubazione di

rohrung, die das Bahnhofsareal unterquert.

drenaggio in sottoattraversamento dell'area di stazione.

a) Sublos 2 – Arbeiten betreffend den Bereich der Baustelle für die Anbringung die Eisenbahnausrüstung des BBT:

- Arbeiten an der südlichen Einmündung des Brenner Basistunnels und Notausgang NA1.
- Anpassung der bestehenden Straße nach Station 750 m und Errichtung des darauf folgenden Abschnittes der Zufahrtsstraße zum Rettungsplatz.
- Unterführung der künftigen Eisenbahnlinie nördlich des Bhf Franzensfeste, entlang der besagten Zufahrtsstraße zum Rettungsplatz.
- Hydraulische Verbauungen am Riobach im Bereich der Unterquerung des Bahnhofsareals bis zur Mündung in den Eisack.
- Hydraulische Verbauungen am Hohe Wand Bach, mit Errichtung eines Rückhaltebeckens und Unterführung der bestehenden Eisenbahnlinie bis zur Mündung in den Eisack.
- Rettungsplatz
- Neue Fußgängerunterführung
- Neuer befahrbarer Kabelschacht
- Gebäude elektrisches Unterwerk Franzensfeste
- Gebäude T.E und I.S.
- Löschwasserbecken
- Betriebsgebäude Mittelspannung
- Lärmschutzwand und Vibrationsschutz
- Rückhaltebecken für gefährliche Flüssigkeiten

Steinschlagschutzzäune

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die Arbeiten von Sublos 1.

c) Sublotto 2 – opere interferenti con l'area del cantiere per l'attrezzaggio ferroviario BBT:

- Opere dell'imbocco Sud della Galleria di Base del Brennero e uscita emergenza NA1.
- Adeguamento della strada esistente oltre la progressiva 750 m e realizzazione della tratta successiva della strada di accesso all'area di soccorso.
- Sottopasso della futura linea ferroviaria, a Nord della stazione di Fortezza, lungo la suddetta strada di accesso all'area di soccorso.
- Sistemazione idraulica del Rio Rioli nel tratto in sottoattraversamento dell'area di stazione fino allo sbocco nel fiume Isarco.
- Sistemazione idraulica del Rio Hohe Wand, con realizzazione di bacino di ritenuta per i debris flow e opere di sottopasso della linea ferroviaria esistente fino allo sbocco nel fiume Isarco.
- Area di soccorso
- Nuovo sottopasso pedonale
- Nuovo collettore cavi carrabile
- Edifici Sotto Stazione Elettrica di Fortezza
- Edificio FSA T.E e I.S.
- Vasca acqua antincendio
- Edificio MT
- Barriere antirumore e protezioni alle vibrazioni
- Vasca ritenuta liquidi pericolosi
- Barriere paramassi.

La presente relazione è relativa alle opere del sublotto 1

3. KURZFASSUNG

Der vorliegende Bericht stellt die geotechnischen und geomechanischen Verhältnisse im Projektabschnitt Franzensfeste dar. Der Projektabschnitt erstreckt sich bis zum orographisch rechten Hangfuß des Eisacktales, gegenüber der Ortschaft Franzensfeste, auf Höhe des Zuflusses des Riobaches. Die beschriebenen geologischen Verhältnisse beziehen sich auf die Nebenarbeiten bei der südlichen Einmündung des BBT, die im vorigen Abschnitt detailliert beschrieben wurden.

Die folgende Ausarbeitung stützt sich auf die Ergebnisse der zwei früheren Erkundungsphasen, die in den Jahren 2009 (BBT) und 1988 (RFI) durchgeführt wurden, und auf das im Vorfeld ausgearbeitete geologisch-geotechnische Modell für den Bereich Franzensfeste und Unterführung des Eisack (consorzio ITE – 2007 – Vertrag D0150).

Im Zuge der oben genannten Untersuchungskampagnen wurden im Bahnhofsbereich Franzensfeste 5 bzw. 3 Erkundungsbohrungen mit Tiefen zwischen 20 und 40 m durchgeführt. In den Bohrungen wurden SPT-Versuche sowie Durchlässigkeitsversuche vom Typ Lefranc durchgeführt.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden außerdem seismische Untersuchungen durchgeführt, die der projektbezogenen seismischen Charakterisierung des Untergrundes für die Gründungen und den Ausbau der verschiedenen Bauwerke, aber auch der Erkenntnis des geologischen Aufbaus und der Stratigraphie des Areals dienen.

Aus geologischer Sicht ist das Untersuchungsgebiet von weitgefächerten oberflächlichen Murschuttablagerungen geprägt, die die beiden Murschuttfächer des Riobaches und des Hohe Wand Baches im Norden des Untersuchungsareals bilden. Der Murschuttfächer des Riobaches bedeckt den größten Teil des Projektgebietes. Für die Planung und den Bau von Bedeutung ist das Vorkommen von zahlreichen granitischen Blöcken und Findlingen im Größenbereich von mehreren dm (30-40cm) bis hin zu mehreren m (2,5 m und mehr) Durchmesser im Inneren dieser Ablagerungen, wie durch die durchgeführten Bohrungen und Oberflächenkartierungen bestätigt.

Auf der orographisch rechten Seite des Eisacktales, Richtung Südosten und Nordosten lagern diese Ablagerungen gemeinsam mit Hangschuttablagerungen auf dem Festgesteinsuntergrund auf. Wie aus den Bohrungen und den seismischen Untersuchungen hervorgeht, fällt die Felslinie des Grundgebirges mit einer Neigung von mindestens 50-60° Richtung Talmitte ein. Das Grundgebirge ist dem Brixner Granit zuzuordnen.

3. RELAZIONE DI SINTESI

La presente relazione tratta le condizioni geotecniche e geomeccaniche nell'area di progetto di Fortezza, che si estende alla base del versante destro della Valle Isarco di fronte all'abitato di Fortezza, all'altezza della confluenza del Rio Riolo. Le suddette condizioni geologiche sono riferite alle opere accessorie dell'imbocco Sud del BBT, come sono state dettagliate nel paragrafo precedente.

Le seguenti elaborazioni si basano sull'integrazione dei risultati di due fasi di indagini pregresse eseguite nel 2009 (BBT) e nel 1988 (RFI), con il modello geologico e geotecnico precedentemente elaborato per la zona di Fortezza ed il sottopasso dell'Isarco (consorzio ITE – 2007 – contratto D0150).

Nell'area della stazione ferroviaria di Fortezza le due campagne di indagini dirette sopracitate hanno comportato la perforazione rispettivamente di 5 e 3 sondaggi geognostici di profondità variabile tra 20 e 40 m. Nei sondaggi in questione sono state realizzate prove in foro SPT e prove di permeabilità tipo Lefranc.

Nell'ambito del presente sono inoltre state eseguite delle indagini sismiche necessarie alla caratterizzazione sismica progettuale dei terreni di fondazione e scavo delle varie opere, oltre che alla ricostruzione dell'assetto geologico e stratigrafico dell'area.

Dal punto di vista geologico, l'area in questione è caratterizzata dalla presenza diffusa in superficie di depositi di debris flow che costituiscono i due conoidi del Rio Riolo a S-SW e del Rio Hohe Wand all'estremità Nord dell'area. Il conoide del Rio Riolo occupa la stragrande maggioranza dell'area di progetto. Caratteristica importante di questi depositi, ai fini progettuali e costruttivi delle opere, è la presenza diffusa al loro interno di blocchi e trovanti granitici di dimensioni da pluridecimetriche (30-40 cm) fino a plurimetriche, 2,5 m e più di diametro, come verificato dai sondaggi eseguiti e dai rilievi di superficie.

Questi depositi si appoggiano, insieme a depositi detritici di versante, al basamento roccioso sul fianco destro idrografico della Valle Isarco, verso SudOvest e verso Nord-Ovest. Il tetto del basamento ricostruito in base ai vincoli posti dai sondaggi e dai rilievi sismici eseguiti immerge verso il centro della valle con un'inclinazione non inferiore a 50-60°. Il basamento è costituito dal Granito di Bressanone

Richtung Talmitte, ungefähr unterhalb der Ortschaft Franzensfeste und der Bahnanlage, werden die oben genannten Murschuttablagerungen von den gleichzeitig abgelagerten alluvionalen Ablagerungen des Eisack abgelöst. Wie aus den Bohrprofilen hervorgeht, weisen diese als Unterscheidungsmerkmal einen höheren Zurundungsgrad der Klaster auf im Vergleich zu den Murschuttablagerungen, deren Klaster und Blöcke kantig oder kantengerundet sind.

Aus hydrogeologischer Sicht können im Untersuchungsgebiet zusammengefasst zwei Grundwasserhauptsysteme unterschieden werden. Das erste, weit verbreitete und im Bereich aller Bauwerke auftretende, besteht aus den quartären Ablagerungen (Murschuttablagerungen und Alluvionen des Eisack). Es handelt sich um einen Porenaquifer mit mittlerer-guter Durchlässigkeit (k zwischen $1,0E-05$ und $1,0E-06$ m/s). Beim zweiten Grundwasserhauptsystem handelt es sich um das granitische Grundgebirge, wobei die Wasserzirkulation an Störungen und den Zerlegungsgrad des Gebirges gebunden ist. Es handelt sich daher um einen Kluftaquifer mit schlechter (bei normalem Zerlegungsgrad) bis guter Durchlässigkeit, in Abhängigkeit der stark zerklüfteten Zonen oder Störungsbereiche.

Das Grundwasser liegt in diesem Projektabschnitt in Abhängigkeit von den morphologischen Verhältnissen, der Witterung und der Jahreszeit zwischen einigen Metern (5-7) bis ca. 17-20 m unter der Geländeoberkante. Im Allgemeinen liegen die für die meisten Bauwerke vorgesehenen oberflächlichen Fundamente außerhalb des Einflussbereiches des Grundwassers, während Bohrpfähle oder Mikropfähle für die Stützung und Gründung gewisser Bauwerke (Unterführungen und hydraulische Verbauungen) im Einflussbereich des Grundwassers liegen können.

Aus geotechnischer Sicht besteht der Untergrund der geplanten Bauwerke hauptsächlich aus grobkörnigen, rolligen Lockergesteinen (vorwiegend sandige Kiese und kiesige Sande) und häufig großen Felsblöcken (Findlingen) mit Durchmessern von mehreren dm bis mehreren m.

Die untersuchten Lockergesteine weisen gute bodenmechanische Eigenschaften auf und bilden sowohl betreffend die Tragfähigkeit als auch mögliche Setzungen einen sehr guten Untergrund für die Gründung der geplanten Bauwerke. Das Vorkommen von großen Gesteinsfindlingen unterhalb des Baubereichs könnte im Zuge der Errichtung der Gründungspfähle – vor allem der Pfähle mit großem Durchmesser – Probleme bereiten.

Die Granite des Grundgebirges bilden bis auf die möglichen Störungsbereiche und die oberflächlich verwitterten Bereiche ein Festgestein mit guten bodenmechanischen Eigenschaften. Die geplanten Bauwerke liegen jedoch außerhalb des Einflussbe-

Verso il centro della valle, indicativamente al di sotto dell'abitato di Fortezza e dei piazzali dell'area ferroviaria della stazione, i depositi di debris flow dei conoidi sopracitati passano eteropicamente ai depositi alluvionali dell'Isarco, il cui carattere distintivo, individuabile nelle stratigrafie dei sondaggi, è quello di presentare un maggior grado di arrotondamento dei clasti rispetto ai depositi di debris flow, che invece presentano clasti e blocchi angolosi, non arrotondati o con basso grado di arrotondamento

Dal punto di vista idrogeologico nell'area in oggetto possono essere individuati in sintesi due complessi idrogeologici principali. Il primo, più diffuso e presente alla verticale di tutte le opere, è costituito dai depositi quaternari (di debris flow e alluvionali ell'Isarco), con permeabilità per porosità di grado medio-elevato (k variabile tra $1,0E-05$ e $1,0E-06$ m/s). Il secondo è rappresentato dal basamento roccioso granitico in cui la circolazione idrica è condizionata dalla presenza di faglie e dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso. La permeabilità generale è per fratturazione, con grado variabile da basso (in condizioni di normale fratturazione) ad alto, in corrispondenza delle fasce più fratturate corrispondenti alle zone di faglia.

In quest'area di progetto si prevede che il livello della falda acquifera si trovi, secondo le condizioni morfologiche, quelle meteorologiche e la stagione, da alcuni metri (5-7) fino a circa 17-20 m al di sotto del Piano Campagna. In termini generali la falda non arriva ad interessare le fondazioni superficiali previste per gran parte delle opere, mentre può essere intercettata dai pali e micropali di fondazione o sostegno per le opere che ne sono dotate (sottopassi e sistemazioni idrauliche).

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici, i materiali presenti nel volume significativo della gran parte delle opere in progetto sono costituiti da terre granulari incoerenti grossolane (ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose in prevalenza), con diffusa presenza di grossi blocchi lapidei (trovanti) di dimensioni da pluridecimeriche a plurimetrie.

I terreni in questione presentano parametri geotecnici buoni 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, ma solo sotto il profilo costruttivo, per la difficoltà di perforazione dei pali di fondazione, in particolare nei confronti della tipologia dei pali trivellati di grande diametro.

Le rocce granitiche del basamento rappresentano un ammasso roccioso di caratteristiche geomeccaniche buone, fatte salve le possibili zone di faglia e le porzioni superficiali alterate. Le opere in progetto non interesseranno direttamente il substrato roccioso a

Galleria di Base del Brennero
Brenner Basistunnel BBT SE

Dokumentenart: G-GEOTECHNIK UND GEOMECHANIK

Titel: Geotechnischer und geomechanischer Bericht

reiches des Grundgebirges, auch wenn einige Gründungs- und Stützpfähle der Unterführungsmauern örtlich die Festgesteinslinie erreichen können, die unterhalb der Murschuttalagerungen und Alluvionen verläuft.

Tipo Documento: G-GEOTECNICA E GEOMECCANICA

Titolo: Relazione geotecnica e geomeccanica

meno del possibile locale raggiungimento della linea della roccia, sottostante i depositi detritici ed alluvionali, da parte di alcuni dei pali di fondazione e sostegno dei muri dei sottopassaggi, che localmente si avvicinano alla base della parete rocciosa.

4. AUFGABENSTELLUNG

Im Zuge der Ausarbeitung des Ausführungsprojektes zu den Nebenarbeiten im Bereich der südlichen Einmündung des BBT wurden direkte geologische, geotechnische und hydrogeologische Untersuchungen sowie seismische Untersuchungen durchgeführt. Ziel des Auftrags D0932, dessen Ergebnisse im vorliegenden Bericht beschrieben werden, ist die Ausarbeitung des geologisch-geotechnischen Projektes für die beschriebenen Baumaßnahmen, das in folgende Phasen gegliedert wird:

Grundlagenerhebung

Die Tätigkeit beinhaltet die Übernahme und Prüfung der (von der BBT SE zur Verfügung gestellten) bestehenden Unterlagen und die anschließende Ausarbeitung eines geologisch-geotechnischen Übersichtsplanes des von den Baumaßnahmen betroffenen Bereiches in geeignetem Maßstab einschließlich der verfügbaren Erkundungsmaßnahmen (Bohrungen, seismische Profile, geologische Kartierung, etc.). Dok. n° 02-H81-MA-2GH8AF001-GLP-D0932-00401-00

Erstellung der geologischen Dokumentation

Die Tätigkeit beinhaltet die Erstellung des geologischen und hydrogeologischen Berichts und des seismischen Berichts über den von den Baumaßnahmen betroffenen Bereich und der entsprechenden Planunterlagen.

Der geologische Bericht muß, auf der Grundlage der geologischen Untersuchungen (von der BBT SE gelieferte Dokumentation der Bohrungen), die Identifizierung der vorhandenen Formationen, die Untersuchung der lithologischen Typen, der Struktur und des physikalischen Untergrundcharakters beinhalten; er definiert das geologisch-technische Modell des Untergrundes; er muss die stratigraphischen, strukturellen, hydrogeologischen, geomorphologischen, lithotechnischen und physikalischen Aspekte sowie das daraus ableitbare geologische Risiko und das Verhalten mit und ohne Errichtung der Bauwerke beschreiben und charakterisieren. Dok. n° 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00101-00

Der seismische Bericht hat die geologische und morphologische Einordnung der seismischen Kategorien des von den Maßnahmen betroffenen Bereiches zu beinhalten, mit Bezug auf die in den geltenden Gesetzesbestimmungen festgelegten Makrobereiche; die in den Überprüfungen verwendeten Planungskriterien und das anzuwendende Recht sind anzuführen. Dok. n° 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-00.

Die zur Vertiefung der oben beschriebenen geologi-

4. OBIETTIVI DELLO STUDIO

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 D0932, i cui risultati sono descritti nel presente rapporto, ha come obiettivo la realizzazione del progetto geologico-geotecnico delle opere in oggetto, articolato nelle seguenti fasi:

Analisi dei dati di base

L'attività comprende la presa in consegna e verifica dei documenti esistenti (messi a disposizione da BBT-SE) e la successiva elaborazione, in scala adeguata di una planimetria geologico-geotecnica dell'area interessata dalla realizzazione delle opere, comprensiva delle misure di prospezione disponibili (sondaggi, profili sismici, mappatura geologica, ecc.).
Rif. Doc. n° 02-H81-MA-2GH8AF001-GLP-D0932-00401-00

Elaborazione della documentazione geologica

L'attività comprende la redazione della relazione geologica e idrogeologica e della relazione sismica dell'area interessata dalla realizzazione delle opere e dei relativi elaborati grafici.

La relazione geologica è finalizzata a fornire, sulla base delle indagini geologiche (documentazione dei sondaggi fornita da BBT-SE), l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo; definisce il modello geologico-tecnico del sottosuolo; essa deve illustrare e caratterizzare gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica e il comportamento in assenza ed in presenza delle opere.

Rif. Doc. n° 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00101-00

La relazione sismica è finalizzata a fornire e l'individuazione delle categorie sismiche della zona oggetto di intervento, con riferimento alle macrozone stabilite dalla normativa vigente; l'indicazione dei criteri di progettazione utilizzati nelle verifiche e della normativa di riferimento.

Rif. Doc. n° 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-00

Gli elaborati grafici redatti a corredo dello studio geo-

schen Untersuchung ausgearbeiteten graphischen Elaborate enthalten geologisch - hydrogeologische Längsprofile und geologisch - hydrogeologische Querschnitte im Maßstab 1:2000 / 1:2000 mit den folgenden Nummern:

02-H81-MA-2GH8AF001-GLS-D0932-00701-00;

02-H81-MA-2GH8AF001-GSN-D0932-00801-00.

Erstellung der geotechnischen Dokumentation

Die Tätigkeit beinhaltet die Erstellung des geotechnisch-geomechanischen Berichts für die Nebenarbeiten im Bereich der südlichen Einmündung des BBT.

Der geotechnisch-geomechanische Bericht (dieses Dokument) muß das mechanische Verhalten des direkt oder indirekt von der Errichtung der Bauwerke beeinflussten Bodenvolumens definieren, das seinerseits wiederum das Verhalten der Bauwerke selbst beeinflusst. Der Bericht beschreibt weiters die Berechnungen für diejenigen Aspekte, die sich auf die Beziehungen zwischen Bauwerk und Boden beziehen.

Im Bericht müssen die Werte der geotechnischen Input-Parameter definiert werden, welche die Grundlage für die anschließende Ausführungsplanung der Bauwerke bilden.

Die zur Vertiefung der oben beschriebenen geotechnisch-geomechanischen Untersuchung ausgearbeiteten graphischen Elaborate enthalten geotechnisch-geomechanische Längsprofile und geotechnisch-geomechanische Querschnitte im Maßstab 1:2000 / 1:2000 mit den folgenden Nummern:

02-H81-MA-2GH8AF001-GLS-D0932-01001-00;

02-H81-MA-2GH8AF001-GSN-D0932-01101-00.

Alle o.a. Geologischen-geotechnischen Unterlagen einschl. aller durchgeführten Studien und Analysen wurden gemäß den Bestimmungen des Ministerialdekrets vom 14. Jänner 2008 „Neue technische Normen für den Bau“ erstellt.

logico sopradescritto consistono in profili geologici – idrogeologici longitudinali e sezioni geologiche – idrogeologiche trasversali a scala 1:2000 / 1:200, con i seguenti codici:

Rif. Doc. n°:

02-H81-MA-2GH8AF001-GLS-D0932-00701-00;

02-H81-MA-2GH8AF001-GSN-D0932-00801-00.

Elaborazione della documentazione geotecnica

L'attività comprende la redazione della relazione geotecnica-geomeccanica delle opere accessorie alla zona di imbocco Sud del BBT

La relazione geotecnica e geomeccanica (presente documento) 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.

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

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

Rif. Doc. n°:

02-H81-MA-2GH8AF001-GLS-D0932-01001-00;

02-H81-MA-2GH8AF001-GSN-D0932-01101-00.

Tutta la documentazione geologico-geotecnica sopra richiamata, compresi tutti gli studi e le analisi eseguiti, è stata redatta in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.

5. ERKUNDUNGSMAßNAHMEN UND GRUNDLAGEN

5.1. Projektsrelevante Fragestellungen

Ziel der durchgeführten, spezifischen Untersuchungen und der herangezogenen, bereits vorhandenen Untersuchungsergebnisse war eine Abklärung der Untergrundverhältnisse im Bereich von Franzensfeste in Bezug auf die Realisierung des Ausführungsprojektes der Bauwerke.

Folgende Fragestellungen wurden als projektsrelevant definiert:

- Untergundaufbau entlang des Trassenabschnitts Franzensfeste
Das Vorhandensein von großen granitischen Findlingen im Untergrund des Bauareals
- Lage der Felslinie in den Bereichen
 - Nördlich des Bhf Franzensfeste
 - Südlich des Bhf. Im Bereich der neuen Unterführung Riol
- Geotechnische Eigenschaften der im Bauwerksbereich zu erwartenden lithologischen Einheiten.
- ..Die Grundwasserstände im Bauareal
- Hydraulische Durchlässigkeiten der im Bauwerksbereich zu erwartenden lithologischen Einheiten.

Nachfolgend sind Art und Umfang der 1988, 2005 und 2009 im Trassenabschnitt Franzensfeste durchgeführten Erkundungsmaßnahmen aufgelistet.

5.2. Direkte Aufschlussverfahren

5.2.1. Erkundungsbohrungen

Im Projektgebiet erfolgten 10 Erkundungsbohrungen in 3 verschiedenen Kampagnen:

- 3 Bohrungen im Jahr 1988, durchgeführt von RFI
- 2 Bohrungen im Jahr 2005, durchgeführt von BBT
- 5 Bohrungen im Jahr 2009, durchgeführt von BBT

5. INDAGINI E FONDAMENTI

5.1. Problematiche rilevanti ai fini del progetto

Lo scopo delle indagini specifiche realizzate e di quelle preesistenti di cui sono stati utilizzati i risultati era quello di chiarire le problematiche del sottosuolo nell'area di Fortezza, rilevanti ai fini della realizzazione del progetto esecutivo delle opere.

Le seguenti problematiche sono state considerate come rilevanti ai fini del progetto:

- L'assetto del sottosuolo lungo il settore della tratta di Fortezza
- La presenza di trovanti granitici di grosse dimensioni nel sottosuolo dell'area di costruzione
- La posizione della superficie sepolta del substrato roccioso nelle zone:
 - A Nord della stazione di Fortezza
 - A Sud della stazione nell'area del nuovo sottopasso Riol
- Le caratteristiche geotecniche delle unità litologiche che sono previste nella zona di costruzione.
- I livelli della falda nella zona di costruzione.
- Le permeabilità idrauliche delle unità litologiche che sono previste nella zona di costruzione.

Di seguito sono elencate modalità ed entità delle indagini condotte negli anni 1988, 2005 e 2006 nel settore della tratta di Fortezza.

5.2. Indagini dirette

5.2.1. Sondaggi geognostici

Nell'area di progetto sono stati eseguiti 10 sondaggi geognostici, suddivisi in tre differenti campagne:

- 3 sondaggi eseguiti nel 1988 per conto di RFI
- 2 sondaggi eseguiti per conto di BBT nel 2005
- 5 sondaggi eseguiti per conto di BBT nel 2009

Tutti i suddetti sondaggi sono stati eseguiti a rotazione con carotaggio continuo, a profondità variabili da

Alle genannten Bohrungen wurden im Rotationsbohrungsverfahren mit Kerngewinnung durchgeführt und erreichten Tiefen zwischen 20 und 40 m. 9 Bohrungen sind Vertikalbohrungen und 1 Bohrung erfolgte in einem Winkel von 80° von der Horizontale in Richtung Südosten (siehe folgende Tabelle). Die Bohrungen Umfragedaten sind in Anhang Sonder gegeben (dok. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

5.3. Indirekte Aufschlussverfahren

5.3.1. Seismik

Zusätzlich zu den 2 seismischen Tomographien aus dem Jahr 2005 wurden über das Projektgebiet verteilt 3 neue seismische Profile gemessen. Die Profile sind überwiegend in Talrandlagen angeordnet, um Informationen über den Verlauf der Felslinie in diesen Bereichen zu erhalten.

Es wurden außerdem passive, punktuelle seismische Untersuchungen der lokalen Frequenzen durchgeführt, um gemeinsam mit den seismischen Tomographien die Bauwerke seismisch zu charakterisieren.

Es kamen folgende Verfahren zum Einsatz

- Seismische Tomographie (Vp und Vs)
- Punktuelle passive HVSR-Messungen

In nachfolgender Tabelle sind die durchgeführten Aufschlussverfahren zusammengefasst

un minimo di 20 ad un massimo di 40 metri. 9 sondaggi sono verticali ed 1 è stato perforato inclinato di 80° dall'orizzontale, verso SudOvest (si veda la Tabella seguente). I dati dei sondaggi sono riportati nell'allegato apposito (doc. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

5.3. Indagini indirette

5.3.1. Sismica

Oltre alle due linee sismiche tomografiche disponibili dalle indagini del 2005, sono stati eseguiti 3 nuovi profili sismici distribuiti nell'area di progetto. I profili sono stati stesi principalmente ai margini della valle per ottenere informazioni sull'andamento del livello del substrato in quest'area.

Sono inoltre stati realizzati rilievi sismici passivi puntuali delle frequenze locali di sito finalizzati, insieme alle linee tomografiche, alla caratterizzazione sismica delle opere.

Sono stati utilizzati i seguenti metodi

- Tomografia sismica (Vp e Vs)
- Misure puntuali passive HVSR.

Nella Tabella seguente sono riassunti i metodi utilizzati.

Sondaggi / Bohrungen				
Denominazione / Bezeichnung	Zona /Bereich	Tipo / Typ	Lungh . [m] / Länge [m]	Inclinaz. [°] / Neigung [°]
Fo-1-1988 (RFI)	Stazione di Fortezza Nord Bahnhof Franzensfeste nördlich	Sond. a rotazione RKB	20	90
Fo-2-1988 (RFI)	Parcheggio Sud Stazione di Fortezza Parkplatz südlich Bhf Franzensfeste	Sond. a rotazione RKB	20	90
Fo-3-1988 (RFI)	Stazione di Fortezza Nord-Ovest Bahnhof Franzensfeste nörd-westlich	Sond. a rotazione RKB	20	90
Fo-B-02/05	Margine valle Nord stazione di Fortezza Talrand nördlich Bhf Franzensfeste	Sond. a rotazione RKB	40	90
Fo-B-03/05	Margine valle Nord stazione di Fortezza Talrand nördlich Bhf Franzensfeste	Sond. a rotazione RKB	30	80° vs SW
Fo-B-06/09	Strada Riol Riolstraße	Sond. a rotazione RKB	30	90
Fo-B-07/09	Margine valle SudOvest stazione di Fortezza Talrand süd-westlich Bhf Franzensfeste	Sond. a rotazione RKB	20	90
Fo-B-08/09	Parcheggio Sud Stazione di Fortezza Parkplatz südlich Bhf Franzensfeste	Sond. a rotazione RKB	20	90
Fo-B-09/09	Margine valle Sud stazione di Fortezza	Sond. a rotazione	23,5	90

	Talrand südlich Bhf Franzensfeste	RKB		
Fo-B-10/09	Stazione di fortezza Sud – Ferrovia del Brennero Km 198+050 Bhf Franzensfeste südlich – Brenner Eisenbahn km 198+050	Sond. a rotazione RKB	20	90
Sismica / Seismik				
Profil 3	Margine valle Nord stazione Fortezza Talrand nördlich Bhf Franzensfeste	tomografia Tomographie	350	-
Profil 4	Margine valle Nord stazione Fortezza Talrand nördlich Bhf Franzensfeste	tomografia Tomographie	200	-
Profilo L1	Margine valle Sud stazione di Fortezza Talrand südlich Bhf Franzensfeste	tomografia Tomographie	120	-
Profilo L2	Strada Riol – ponte sul Rio Riol Riolstraße - Brücke über den Riobach	tomografia Tomographie	120	-
Profilo L3	Margine valle Nord-Ovest stazione Fortezza Talrand nörd-westlich Bhf Franzensfeste	tomografia Tomographie	120	-
Profilo L4	Margine valle Nord-Ovest stazione Fortezza Talrand nörd-westlich Bhf Franzensfeste	tomografia Tomographie	120	-
HVSR 1	Stazione di Fortezza Sud – Ferrovia del Brennero Km 198+050 Bhf Franzensfeste südlich – Brenner Eisenbahn km 198+050	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 2	Margine valle Sud stazione di Fortezza Talrand südlich Bhf Franzensfeste	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 3	Stazione di Fortezza Sud – Ferrovia del Brennero Km 198+250 Bhf Franzensfeste südlich – Brenner Eisenbahn km 198+250	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 4	Stazione di Fortezza – Ferrovia del Brennero Km 198+450 Bhf Franzensfeste – Brenner Eisenbahn km 198+450	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 5	Stazione di Fortezza – Ferrovia del Brennero Km 198+650 Bhf Franzensfeste nördlich – Brenner Eisenbahn km 198+650	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 6	Stazione di Fortezza Nord-Ovest Bahnhof Franzensfeste nörd-westlich	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 7	Margine valle Nord-Ovest stazione Fortezza Talrand nörd-westlich Bhf Franzensfeste	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 8	Stazione di Fortezza Nord – Ferrovia del Brennero Km 198+900 Bhf Franzensfeste nördlich – Brenner Eisenbahn km 198+900	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 9	Stazione di Fortezza Nord – Ferrovia del Brennero Km 198+950 Bhf Franzensfeste nördlich – Brenner Eisenbahn km 198+950	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 10	Stazione di Fortezza Nord – Ferrovia del Brennero Km 199+000 Bhf Franzensfeste nördlich – Brenner Eisenbahn km 199+000	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-
HVSR 11	Stazione di Fortezza Bhf Franzensfeste	Sismica passiva HVSR Passive Seismische HVSR	-	-

Tabelle 1: Zusammenstellung der durchgeführten Aufschlussverfahren

Tabella 1: Elenco dei metodi utilizzati

5.4. Bohrlochversuche

5.4. Prove in foro

5.4.1. SPT

5.4.1. SPT

In den Lockermaterialabschnitten wurden nach Möglichkeit SPT's in regelmäßigen Abständen durchgeführt. Aufgrund der bereichsweise hohen Blockführung kamen die Versuche nicht in allen

Nei settori caratterizzati da terreni sciolti sono stati eseguiti, ove possibile, SPT a intervalli regolari. Data la data la quantità talora alta di blocchi non si sono potute eseguire le prove in tutti i sondaggi.

Bohrungen zur Ausführung.

Die Ergebnisse der Versuchen sind in Anhang Sonder gegeben (dok. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

5.4.2. Durchlässigkeitsversuche

In den Bohrlöchern wurden zur Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit der relevanten geologischen Einheiten in-situ-Durchlässigkeitsversuche ausgeführt. Die folgenden Versuche wurden eingesetzt:

- Festgestein
 - Lugeon Versuche
- Lockergestein
 - Lefranc Versuche

Die Ergebnisse der Versuchen sind in Anhang Sonder gegeben (dok. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

5.4.3. Bohrlochaufweitungsversuche

In den ausgewählten Festgesteinsabschnitten der Bohrungen wurden Bohrlochaufweitungsversuche (kurz BLA) zur Ermittlung der Gebirgssteifigkeit durchgeführt. Zum Einsatz kam eine Dilatometersonde.

Die Ergebnisse der Versuchen sind in Anhang Sonder gegeben (dok. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

I risultati delle prove sono riportati nell'allegato apposito (doc. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

5.4.2. Prove di permeabilità

Per valutare la conducibilità idraulica delle unità geologiche principali sono state eseguite prove di permeabilità in situ nei fori. Sono state condotte le seguenti prove:

- Roccia
 - Prova Lugeon
- Terreni sciolti
 - Prova Lefranc

I risultati delle prove sono riportati nell'allegato apposito (doc. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

5.4.3. Prove dilatometriche

Per la valutazione della resistenza dell'ammasso roccioso sono state eseguite prove dilatometriche in settori in roccia selezionati all'interno dei sondaggi. A tal fine è stata utilizzata una sonda dilatometrica.

I risultati delle prove sono riportati nell'allegato apposito (doc. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

Aufschluss Sondaggio	SPT	Durchlässigkeitsver- suche Lockergestein Prove di permeabilità in terreni sciolti	Durchlässigkeitsver- suche Festgestein Prove di permeabilità in roccia	BLA / prove dilato- metriche	Strukturlog Log strutturale	Gammalog Log gamma ray	Kaliberlog Caliper	Sonic Log	Fluideparameter Parametri del fluido
Fo-1-1988 (RFI)	2	3							
Fo-2-1988 (RFI)	1	2							
Fo-3-1988 (RFI)	2	2							
Fo-B-02/05	3	3							
Fo-B-03/05			3	1	1				
Rb-B-07/09	7								
Rb-B-09/09	1								

Tabelle 2: *Zusammenstellung der durchgeführten In-situ Bohrloch-Versuche*

Tabella 2: *Elenco delle prove in foro eseguite in situ.*

5.5. Geologisch-hydrogeologisches Modell für die geplanten Bauwerke

Das geologisch-hydrogeologische Setting des baurelevanten Untergrundes beinhaltet grundsätzlich folgende Einheiten:

- Anthropogene, künstliche Aufschüttungen: heterogen, kiesig-sandig (r) mit Geröll – kolluvial sandig-kiesig (co) im Oberflächenbereich.
- Murschuttablagerungen: vorwiegend kiesig-sandig (df) mit häufigem Vorkommen von großen Granitblöcken in Hangnähe.

Alluvionale Ablagerungen: kiesig-steinig und kiesig-sandig (al), verzahnt mit den Murschuttablagerungen in den mittleren und zentralen Bereichen des Eisacktales.

- Grundgebirge aus Brixner Granit (gb): in den steilsten Hangabschnitten, wo keine Murschutfächer vorkommen
- Durchlässigkeit der Lockergesteine: mittel-hoch.
- Durchlässigkeit der Festgesteine: variabel je nach Zerlegungsgrad und Vorkommen von Hauptstörungen

Grundwasser: Grundwasserspiegel in Tiefen zwischen wenigen Metern bis zu ca. 30-40 m in den höchsten Bereichen des Projektareals. Generell scheint sich der Grundwasseroberfläche auf der Höhe des Eisackflussbettes einzupendeln.

In der folgenden Tabelle ist für jedes Bauwerk eine Zusammenfassung der geologischen Stratigraphie der Böden nach ihrem signifikanten Volumen, detailliert in Schichten von 5 m (außer die ersten 5, die unterteilt sind in 0-1m und 1-5m) Tiefe angeführt. Außerdem wird der maximale und minimale Grundwasserstand für jedes geplante Bauwerk oder Teile eines Bauwerks angegeben. Die geotechnischen Einheiten sind in Form von Abkürzungen angegeben, die auch in den graphischen Anlagen (geotechnische Längsprofile und geotechnische Querschnitte) verwendet werden. Die Abkürzungen sind nach der quantitativen Wichtigkeit der Einheiten nach signifikantem Volumen geordnet.

5.5. Dettaglio del modello geologico-idrogeologico per le opere in progetto

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

- Depositi antropici di riporto eterogenei ghiaioso-sabbiosi (r) e detritico – colluviali sabbioso-ghiaiosi (co) nelle porzioni superficiali
- Depositi di debris flow prevalentemente ghiaioso-sabbiosi (df) con diffusa presenza di grandi blocchi granitici, nella parte prossima al versante dell'area.
- Depositi alluvionali ghiaiosi – ciottolosi e ghiaioso-sabbiosi (al), interdigitati ai depositi di debris flow nelle parti intermedia e centrale della valle Isarco.
- Basamento roccioso costituito dal Granito di Bressanone (gb) nelle parti di versante più acclivi ove non sono presenti i conoidi alluvionali.
- Grado di permeabilità dei terreni sciolti medio-alto.
- Grado di permeabilità nelle porzioni rocciose variabile a seconda del grado di fratturazione e della presenza di faglie principali.
- Falda con superficie freatica a profondità variabile da pochi metri a circa 30-40 m nelle parti più elevate dell'area di progetto. Generalmente la falda sembra localizzarsi a quote compatibili con un equilibrio idraulico con l'alveo dell'Isarco.

Nella tabella seguente è riportata, per ogni opera, una sintesi della stratigrafia geologica dei terreni nel volume significativo, dettagliato a strati di 5 m di profondità fino a 30 m (eccetto i primi 5, suddivisi in 0-1m e 1-5 m), ed una indicazione della profondità massima e minima della falda per ognuna delle opere o parti di opere previste dal progetto. Le unità geologiche sono indicate mediante le sigle utilizzate negli elaborati grafici allegati (profili longitudinali e sezioni trasversali), le sigle sono indicate in ordine di importanza quantitativa dell'unità nel volume significativo.

Opera / Bauwerk	Unità Geologiche – stratigrafia / Geologische Einheit - Stratigraphie								Falda / Grundwasser
	0-1 m	1-5 m	5-10 m	10-15 m	15-20 m	20-25 m	25-30 m	>30 m	(m da p.c / unter GOK)

Nuova Viabilità Riol - strada accesso ad area Soccorso e sottostazione - da pk 0+000 a pk 0+750 / Neue Erschließung Rioltal – Zufahrtsstraße zum Rettungsplatz und Unterwerk von km 0+000 bis km 0+750	co - r	df-r-al-co	df-al-r-co	df-al-co-r	df-al-co-r	df-al-gb	al-df-gb	al-df-gb	3-32
Sottopasso Sud linea Ferroviaria esistente e nuova linea BBT, compresi muri di sostegno / Südunterführung bestehende Eisenbahnlinie und neue BBT-Linie, mit Stützmauern	r	r-df	r-df-al-dt-co	df-r-al-dt-co	df-al-dt	df-al-gb	df-gb-al	gb-df	9-19
Ponte Rio Riol / Brücke Riobach	co	df-co	df	df	df	df	al-df	al	26-27
Sistemazione idraulica Rio Riol nel tratto compreso tra il bacino di accumulo per debris flow e l'inizio della tubazione di drenaggio in sottoattraversamento dell'area di stazione / Hydraulische Verbauungen am Riobach im Bereich zwischen dem Rückhaltebecken und dem Beginn der Drainageverrohrung, die das Bahnhofsareal unterquert.	co-r-df	df-r-al-co	df-al	df-al	df-al	df-al-dt	df-al	df-al	1,5-40

Tabella 3:

Tabella 3: *Dettaglio della stratigrafia geologica per le opere in progetto – (r = depositi di riporto; co = depositi colluviali; df = depositi di debris flow; al = depositi alluvionali; gb = Granito di Bressanone)*

6. GEOTECHNIK UND GEOMECHANIK

Auf Basis der Korngrößenanalysen der in den Untersuchungsbohrungen der Kampagne 2005 für die Überquerung des Eisack entnommenen Proben, in denen die selben geologischen Einheiten vorkommen wie im Projektareal, erfolgte die geotechnische Charakterisierung der Lockergesteine lediglich für die signifikanten vorkommenden Volumen in Bezug auf die geplanten Bauwerke.

Die Ergebnisse dieser Charakterisierung sind im Bericht der Fa. Set Srl. enthalten, der gemäß Auftrag

6. GEOTECNICA E GEOMECCANICA

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni sciolti presenti nei volumi significativi delle opere in progetto si è fatto riferimento ai parametri definiti, sulla base delle analisi granulometriche dei campioni prelevati nei sondaggi della campagna 2005 per il settore di attraversamento dell'Isarco, in cui sono presenti le stesse unità geologiche dell'area di progetto.

I risultati della suddetta caratterizzazione sono riportati nella relazione redatta dalla SET srl nell'ambito

D0139 erstellt wurde und als Bezugsquelle dient.

Die geotechnischen Parameter sind in den Tabellen 5 und 6 des Abschnitts 6.5 zusammengefasst.

Anhand der Bohrprofile, die wegen der geplanten Bauwerke in den Kampagnen 2005 und 2009 (BBT und 1988 (RFI)) durchgeführt wurden, wurde ein granulometrischer Vergleich mit den Ergebnissen aus oben genanntem Bericht gemacht und dadurch die Verteilung der einzelnen geotechnischen Einheiten im geotechnischen Modell definiert, das für die geplanten Bauwerke erarbeitet wurde.

Der Bohrprofilen solcher Bohrungen ist in der Anlage dargestellt. (dok. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

Für die heterogenen Böden, die Teil der künstlichen Aufschüttungen sind, die in der Studie aus dem Jahr 2005 nicht nach geotechnischen Gesichtspunkten charakterisiert wurden, wurden Werte für die geotechnischen Parameter angenommen. Diese Annahme stützt sich auf eine Rückwärtsanalyse, angefangen bei der Neigung der stabilen Böschungen des Bahndammes.

Für die geomechanische Parametrierung des Festgesteins, das nur indirekt einige geplante Bauwerke betrifft und direkt die Gründungen einiger Steinschlagschutzzäune, wurde Bezug auf die Charakterisierung im Bericht für die geomechanische Projektierung der Eisackunterquerung (Vertrag D0150) gemacht, die in diesem Aspekt als Bezugsquelle dient.

6.1. Geotechnische und geomechanische Einheiten

Die geotechnischen Einheiten der Lockergesteine wurden anhand der Definitionen und Unterscheidungsmerkmale und aufgrund granulometrischer Basis, die in der deutschen Regelung DIN 18196 enthalten sind, durchgeführt, um eine Homogenität mit der vorangegangenen Charakterisierung laut Verträgen D0139-D0150 für die Eisackunterquerung zu erhalten.

Analog wurde für das Festgestein eine geomechanische Einheit eingeführt, auf Basis des geotechnischen Berichts (Kapitel geomechanische Projektierung) laut Vertrag D0150. In diesem Dokument wird der durchschnittlich verwitterte, keine Hauptstörungen aufweisende Brixner Granit anhand des Zerlegungsgrades in zwei Typen von Festgestein unterteilt. Diese zwei Typen von Festgestein wurden nach prozentuellem Anteil ihrer Eigenschaften, laut Ausarbeitungen des Vertrages D0150 (siehe Tabelle 6), zu einer einzigen geomechanischen Einheit zusammengefasst.

Im Folgenden werden die geotechnischen Einheiten

del contratto D0139, che si assume come fonte di riferimento.

I parametri geotecnici sono sintetizzati nelle tabelle 5 e 6 del paragrafo 6.5.

Sulla base delle colonne stratigrafiche dei sondaggi eseguiti in corrispondenza delle opere in progetto nelle campagne 2005 e 2009 (BBT) e nella campagna 1988 (RFI), si è definita, per confronto granulometrico con quanto riportato nella sopracitata relazione, la distribuzione delle varie unità geotecniche nel modello geotecnico di riferimento elaborato per le opere in progetto.

Le colonne stratigrafiche di tali sondaggi sono riportate nell'apposito allegato. (doc. 02-H81-MA-2GH8AF001-G-DP-D0932-012-01-00).

Per i terreni eterogenei facenti parte dei riporti antropici, che non erano stati caratterizzati dal punto di vista geotecnico durante lo studio del 2005, si sono ipotizzati valori cautelativi dei parametri geotecnici sulla base di un'analisi a ritroso a partire dalla pendenza delle scarpate stabili del rilevato ferroviario.

Per quanto riguarda invece i parametri geomeccanici del substrato roccioso, che interessa indirettamente solo alcune delle opere in progetto e direttamente le sole fondazioni di alcune delle barriere paramassi, si è fatto riferimento alla caratterizzazione contenuta nella relazione della progettazione geomeccanica del sottopasso Isarco (contratto D0150), che si considera come fonte di riferimento per questo aspetto.

6.1. Unità geotecniche e geomeccaniche

Le unità geotecniche, per quanto riguarda i terreni sciolti, sono state stabilite secondo le definizioni e distinzioni, su base granulometrica, contenute nella normativa Tedesca DIN 18196, per omogeneità con la precedente caratterizzazione eseguita nell'ambito dei contratti D0139-D0150 relativi al settore di sottraversamento dell'Isarco.

Analogamente per il substrato roccioso è stata considerata una sola unità geomeccanica, sulla base di quanto contenuto nella relazione geotecnica (capitolo progettazione geomeccanica) del contratto D0150. In questo documento il granito di Bressanone in condizione di fratturazione ordinaria, ossia al di fuori delle faglie principali, viene caratterizzato secondo due tipi di ammasso roccioso a seconda del grado di fratturazione. Questi due tipi di ammasso roccioso sono stati in questa sede unificati in una singola unità geomeccanica con le relative % di attribuzione come da elaborati del contratto D0150 (rif. a Tabella 6).

In dettaglio le unità geotecniche considerate per i ter-

für die Lockergesteine und die geomechanischen für den granitischen Festgesteinsuntergrund aufgelistet (in Klammer die entsprechenden geologischen Einheiten):

- R: anthropogene, künstliche Aufschüttungen: heterogen, mit sehr variabler Korngrößenverteilung von schluffigen Sanden bis Kiesen und Blöcken in sandig-schluffiger Matrix (r)
- GE: vorwiegend Kiese, Steine und Blöcke mit untergeordnet sandig oder sandig-schluffiger, Z.T. nicht vorhandener Matrix (Hangschutt - dt, alluvionale Ablagerungen - al)
- GW – vorwiegend sandige Kiese (Murschutt-ablagerungen - df, alluvionale Ablagerungen - al)
- SW – vorwiegend kiesige Sande (Murschutt-ablagerungen - df)
- SE – vorwiegend Sande und untergeordnet schluffige Sande (Murschutt-ablagerungen - df)
- SU* – vorwiegend schluffige Sande (Murschutt-ablagerungen - df)

GB – kompakter Fels mit mittlerem bis hohem Zerlegungsgrad (Brixner Granit - gb)

Bei fast allen untergrundaufbauenden Gesteinen handelt es sich um Lockergesteine, vorwiegend grobkörniger Natur mit einem geringen feinkörnigen, schluffigen Anteil ohne Tongehalt. Für die Bauphase ist das verbreitete Vorkommen von großen Granitblöcken und -findlingen mit Durchmessern bis zu ca. 2,5 m von Bedeutung.

6.2. Ergebnisse der geotechnischen Versuche in den Bohrungen

In den oben angeführten Bohrungen (siehe Kapitel 5.5.2.1) wurden geotechnische Versuche durchgeführt, bestehend aus Standard Penetration Tests (SPT-Versuche). Die Ergebnisse dieser Versuche endeten fast alle mit Abbruch oder mit Werten von N_{spt} größer als 70, wodurch eine grobe Körnung und starke Verdichtung der Böden nachgewiesen wurden.

In der folgenden Tabelle sind die SPT-Versuche aufgelistet, die in den Erkundungsbohrungen durchgeführt wurden, mit Angabe der Ergebnisse, der Tiefe, der lithologischen Beschreibung und der entsprechenden geotechnischen Einheit.

Bohrung / sondaggio	N°	Tiefe / profondità (m)	Lithologische beschreibung / Descrizione litologica	Geotechnische Einheit / Unità geotecnica	N_1	N_2	N_3	N_{SPT}

reni sciolti e geomeccaniche per la roccia del substrato granitico, sono quelle elencate di seguito (tra parentesi le unità geologiche di possibile appartenenza):

- R: depositi di riporto antropico eterogenei, con granulometria molto variabile da sabbie limose a ghiaie e blocchi in matrice sabbioso limosa (r).
- GE: prevalenti ghiaie, ciottoli e blocchi con subordinata matrice sabbiosa o sabbioso-limosa, talvolta assente (detrito di falda - dt, depositi alluvionali - al).
- GW – prevalenti ghiaie sabbiose (depositi di debris flow -df, depositi alluvionali - al).
- SW – prevalenti sabbie ghiaiose (depositi di debris flow - df).
- SE – prevalenti sabbie e subordinate sabbie limose (depositi di debris flow - df).
- SU* - prevalenti sabbie limose (depositi di debris flow - df).
- GB: – roccia compatta con grado di fratturazione da medio ad elevato (Granito di Bressanone – gb)

Si tratta per la quasi totalità di terreni sciolti granulari, per la maggior parte a granulometria grossolana, con minima presenza di frazione fine limosa e assenza di argilla. Caratteristica particolare e importante ai fini costruttivi è la presenza diffusa di grossi blocchi e trovanti granitici di dimensioni fino a circa 2,5 m.

6.2. Risultati delle prove geotecniche nei sondaggi

Nei sondaggi elencati al precedente paragrafo 5.5.2.1, sono state eseguite prove geotecniche in foro consistenti in Standard Penetration Test (prove SPT). I risultati di queste prove sono quasi tutti a rifiuto o con valori superiori a N_{spt} 70, confermando la natura grossolana dei terreni indagati ed il loro elevato grado di addensamento.

Nella tabella che segue sono elencate le prove SPT eseguite nei sondaggi geognostici, con indicati i risultati, le profondità, la descrizione litologica e l'unità geotecnica di appartenenza.

Fo-1-1988	1	10,2	Sand und Kies mit granitischen, kantengerundeten Findlingen / Sabbia e ghiaia con trovanti granitici poco arrotondati	GE	17	29	50	R
	2	16,2	Sand und Kies mit granitischen, kantengerundeten Findlingen / Sabbia e ghiaia con trovanti granitici poco arrotondati	GW	25	50	-	R
Fo-2-1988	1	9,0	Schluffiger Sand mit Kies und granitischen Steinen / Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli granitici	SW	50	-	-	R
Fo-3-1988	1	10,2	Sand mit Kies und untergeordnetem Schluffanteil, lokal Steine / Sabbia con ghiaia e subordinata frazione limosa, locali ciottoli	SW	21	42	49	91
	2	20,2	Feinsand und Kies mit granitischen, ungerundeten Steinen im dm-Bereich / Sabbia fine e ghiaia con ciottoli granitici decimetrici non arrotondati	SW	17	28	46	74
Fo-B-07-09	1	3,3	Kies und Steine, sandig bis schwach sandig / Ghiaia e ciottoli sabbiosi a debolmente sabbiosi	GE	32	44	50	R (8 cm)
	2	4,7	Kies und Steine, sandig bis schwach sandig / Ghiaia e ciottoli sabbiosi a debolmente sabbiosi	GW	40	50	-	R (7 cm)
	3	6,0	Kies und Steine, sandig bis schwach sandig / Ghiaia e ciottoli sabbiosi a debolmente sabbiosi	GW	50	-	-	R (5 cm)
	4	7,5	Kies und Steine, sandig bis schwach sandig / Ghiaia e ciottoli sabbiosi a debolmente sabbiosi	GW	50	-	-	R (4 cm)
	5	10,5	Kies und Steine, sandig bis schwach sandig / Ghiaia e ciottoli sabbiosi a debolmente sabbiosi	GW	34	50	-	R (1 cm)
	6	12,0	Grobsand mit seltenen Granitestein / Sabbia grossolana con rari ciottoli granitici	SW	50	-	-	R (8 cm)
	7	15,0	Grobsand mit seltenen Granitestein / Sabbia grossolana con rari ciottoli granitici	SW	50	-	-	R (6 cm)
Fo-B-09-09	1	14,7	Kiesiger Grobsand, schwach schufflig / Sabbia grossolana ghiaiosa debolmente limosa	GW	45	50	-	R (6 cm)

Tabelle 4: *Ergebnisse der in den Bohrungen im Projektareal durchgeführten SPT-Versuche*

Tabella 4: *Risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi dell'area di progetto*

6.3. Geotechnische / geomechanische Parameter

6.3. Parametri geotecnici / geomeccanici

Nelle tabelle che seguono sono riportati i parametri geotecnici e geomeccanici caratteristici per le unità geotecniche/geomeccaniche definite nel paragrafo 6.1 rispettivamente per i terreni sciolti e la roccia del substrato granitico.

Geotechnische Einheit / Unità Geotecnica	Wichte erdfeucht / Peso di Volume in sito (kN/m ³)	Wichte u. Wasser / Peso di Volume immerso (kN/m ³)	Innere Reibungswinkel / Angolo di attrito interno (°)	Kohäsion dränert / Coesione drenata c' (kN/m ²)	Kohäsion undränert / Coesione non drenata cu (kN/m ²)	Young Modul / Modulo di Young E (MN/m ²)	Verhalten / comportamento
--	--	--	---	---	---	--	---------------------------

R	17-18	9-10	28-30	0	-	20-50	Rollig / incoerente
SE	19	11	35-37,5	0	-	30-100	Rollig / incoerente
SU*	22	12	27,5	5	40	30-60	Bindig / coesivo
SW	20	12	35-37,5	0	-	30-200	Rollig / incoerente
GW	22	14	35	0	-	60-250	Rollig / incoerente
GE	20	12	35-37,5	0	-	60-250	Rollig / incoerente

Tabelle 5: Geotechnische Parameter für die Lockergesteinseinheiten

Tabella 5: Parametri geotecnici per le unità dei terreni sciolti

Geomechanische Einheit / Unità Geomeccanica	Gebirgsart - % / Tipi di ammasso roccioso % (D0150)	GSI	mi	Wichte erdfeucht / Peso di Volume in sito (kN/m ³)	Mohr-Coulomb Reibungswinkel / Angolo di attrito Mohr-Coulomb (°)	Kohäsion Mohr-Coulomb/ Coesione Mohr-Coulomb (MN/m ²)	Young Modul/ Modulo di Young E (GN/m ²)	RMR (Bieniawski 1999)
GB	GA BG 01 – 30%	55-65	29-33	26-27	60-64	1,4-2,4	10-20	65
	GA BG 02 – 70%	45-55	27-31	26-27	54-62	0,7-1,3	3-7	52

Tabelle 6: Geotechnische Parameter für das Festgestein des Grundgebirges (Brixner Granit – gb)

Tabella 6: Parametri geomeccanici per la roccia del substrato (Granito di Bressanone – gb)

6.4. Geotechnisch - geomechanisches Detailmodell für die geplanten Bauwerke

In der folgenden Tabelle sind die geotechnischen Einheiten bis in eine Tiefe von 30 m aufgrund ihres signifikanten Volumens für die einzelnen Bauwerke detailliert in Schichten von 5 m (außer die ersten 5m, die unterteilt sind in 0-1m und 1-5m) Tiefe angeführt. Außerdem wird der maximale und minimale Grundwasserstand für jedes geplante Bauwerk oder Bauwerksteile angegeben. Die geotechnischen Einheiten sind in Form von Abkürzungen angegeben, die auch in den graphischen Anlagen (geotechnische Längsprofile und geotechnische Querschnitte) verwendet werden. Die Abkürzungen sind nach der quantitativen Wichtigkeit der Einheiten nach signifikantem Volumen geordnet. In Klammer stehen die Abkürzungen der entsprechenden geologischen Einheiten, die nach denselben Kriterien wie die geotechnischen Einheiten angeführt sind.

6.4. Modello Geotecnico – Geomeccanico di dettaglio per le opere in progetto

Nella tabella seguente sono riportate le unità geotecniche presenti nel volume significativo per le singole opere in progetto, dettagliate a strati di 5 m di profondità fino a 30 m (eccetto i primi 5, suddivisi in 0-1m e 1-5 m), ed una indicazione della profondità massima e minima della falda per ognuna delle opere o parti di opere previste dal progetto. Le unità geotecniche sono indicate mediante le sigle utilizzate negli elaborati grafici allegati (profili geotecnici longitudinali e sezioni geotecniche trasversali), le sigle sono indicate in ordine di importanza quantitativa dell'unità nel volume significativo. Tra parentesi sono indicate le sigle delle unità geologiche di appartenenza, elencate con lo stesso criterio delle unità geotecniche.

Opera	Unità Geotecniche/geomeccaniche (e geologiche di appartenenza) nel volume significativo								Falda (m da p.c)
	0-1 m	1-5 m	5-10 m	10-15 m	15-20 m	20-25 m	25-30 m	>30 m	

Nuova Viabilità Riol - strada accesso ad area Soccorso e sottostazione - da pk 0+000 a pk 0+750 / Neue Erschließung Riotal – Zufahrtsstraße zum Rettungsplatz und Unterwerk von km 0+000 bis km 0+750	SE-R (co - r)	GW-R-SW-GE-SE (df-r-al-co)	GW-SW-GE-R-SE (df-al-r-co)	SW-GW-GE-R-SE (df-al-co-r)	GW-SW-GE-SE-R (df-al-co-r)	GW-SW-GE-GB (df-al-gb)	GE-GW-SW-GB (al-df-gb)	GE-GW-GB-SW (al-df-gb)	3-32
Sottopasso Sud linea Ferroviaria esistente e nuova linea BBT, compresi muri di sostegno / Südunterführung bestehende Eisenbahnlinie und neue BBT-Linie, mit Stützmauern	R (r)	R- SW (r-df)	R-SW-GE-SE (r-df-al-dt-co)	SW-R-GE-SE (df-r-al-dt-co)	SW-GE (df-al-dt)	SW-GE-GB (df-al-gb)	SW-GB-GE (df-gb-al)	GB-SW (gb-df)	9-19
Ponte Rio Riol / Brücke Riobach	SE (co)	GW-SE (df-co)	GW-SW (df)	SW (df)	GW (df)	GW-SW (df)	GE-SW (al-df)	GE (al)	26-27
Sistemazione idraulica Rio Riol nel tratto compreso tra il bacino di accumulo per debris flow e l'inizio della tubazione di drenaggio in sottoattraversamento dell'area di stazione / Hydraulische Verbauungen am Riobach im Bereich zwischen dem Rückhaltebecken und dem Beginn der Drainageverrohrung, die das Bahnhofsareal unterquert.	SE-R-GW (co-r-df)	GW-R-SW -SE (df-r-al-co)	GW-SW-GE (df-al)	GW-SW-GE-SE (df-al)	GW-SW-GE (df-al)	GW-GE-SW (df-al-dt)	GW-GE (df-al)	GW-SW-GE (df-al)	1,5-40

Tabelle 7: *Verteilung der geotechnischen Einheiten nach signifikantem Volumen im Untergrund der geplanten Bauwerke – für die Bedeutung der Abkürzungen siehe Kapitel 7.1. In Klammer die Abkürzungen der entsprechenden geologischen Einheiten (r = künstliche Aufschüttungen; co = Murschuttflächenablagerungen; df = Murschuttablagerungen; al = alluvionale Ablagerungen; gb = Brixner Granit)*

Tabella 7: *Dettaglio della distribuzione delle unità geotecniche nel volume significativo di sottosuolo per le opere in progetto – per il significato dei codici si veda il paragrafo 6.1 Tra parentesi i codici delle unità geologiche di appartenenza (r = depositi di riporto; co = depositi colluviali; df = depositi di debris flow; al = depositi alluvionali; gb = Granito di Bressanone)*

7. SCHLUSSBEMERKUNGEN

7.1. Geotechnik und Geomechanik

Die untergrundaufbauenden Gesteine der geplanten Bauwerke bestehen vorwiegend aus grobkörnigen, rolligen Lockergesteinen (vorwiegend sandige Kiese und kiesige Sande). Das häufige Vorkommen von großen Granitblöcken mit variablen Dimensionen von einigen Dezimetern bis zu einigen Metern ist zu beachten. Diese können Herausforderungen im Zuge des Aushubs und der Ausführung der direkten und indirekten Bauwerksgründungen darstellen.

Anhand der Ergebnisse der direkten und indirekten Untersuchungen und der durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen ist im zentralen Bereich der Erschließung Rioltal, im Umkreis der neuen Brücke über den Riolbach, eine Ansammlung von großen Granitblöcken und -findlingen zu erwarten.

Die beschriebenen Böden besitzen gute geotechnische Parameter und bilden einen sehr guten Gründungsuntergrund, sowohl was die Tragfähigkeit als auch mögliche Setzungen anbelangt.

Das Vorkommen von großen Gesteinsfindlingen könnte im Zuge der Errichtung der Gründungspfähle – vor allem der Pfähle mit großem Durchmesser – Probleme bereiten.

Beim Brixner Granit, der das Grundgebirge bildet, handelt es sich um ein Festgestein mit guten geomechanischen Eigenschaften bis auf die möglichen Störungsbereiche und die oberflächlich verwitterten Bereiche. Die Aushübe und Gründungen der geplanten Bauwerke befinden sich nicht im direkten Einflussbereich des Festgesteins.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

7.1. Geotecnica e geomeccanica

I terreni costituenti il volume significativo delle opere in progetto sono rappresentati prevalentemente da terre granulari grossolane incoerenti (principalmente ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose). Occorre sottolineare la diffusa presenza di grossi blocchi granitici, delle dimensioni variabili da qualche decimetro ad alcuni metri, che possono determinare criticità di scavo e perforazione nella realizzazione delle fondazioni dirette ed indirette delle opere.

Secondo le risultanze delle indagini dirette e dei profili geofisici eseguiti, nel settore centrale della nuova viabilità Riol, all'intorno del nuovo ponte sul Rio Riol, è ipotizzabile una concentrazione di grossi blocchi e trovanti granitici.

I suddetti terreni hanno parametri buoni geotecnici e costituiscono ottimi terreni di fondazione 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 difficoltà di perforazione dei pali di fondazione, in particolare nei confronti della tipologia dei pali trivellati di grande diametro.

Il Granito di Bressanone che forma il basamento basamento costituisce un ammasso roccioso di caratteristiche geomeccaniche buone, fatte salve le possibili zone di faglia e le porzioni superficiali alterate. Gli scavi e le fondazioni delle opere in progetto non interesseranno direttamente il substrato roccioso.