



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	WBS
MA-VORBEREITENDE BAUMAßNAHMEN	MA-OPERE PROPEDEUTICHE
Dokumentenart	Tipo Documento
G-GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE	G-GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA
Titel	Titolo
Geologischer und hydrogeologischer Bericht	Relazione geologica e idrogeologica

  <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	00101	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.....	11
4. OBIETTIVI DELLO STUDIO	11
5. ERKUNDUNGSMAßNAHMEN UND GRUNDLAGEN	13
5. INDAGINI E FONDAMENTI.....	13
5.1. Projektsrelevante Fragestellungen.....	13
5.1. Problematiche rilevanti ai fini del progetto	13
5.2. Direkte Aufschlussverfahren	13
5.2. Indagini dirette	13
5.2.1. Erkundungsbohrungen.....	13
5.2.1. Sondaggi geognostici.....	13
5.3. Indirekte Aufschlussverfahren	14
5.3. Indagini indirette	14
5.3.1. Seismik.....	14
5.3.1. Sismica.....	14
5.4. Bohrlochversuche.....	16
5.4. Prove in foro	16
5.4.1. SPT	16
5.4.1. SPT	16
5.4.2. Durchlässigkeitsversuche	16
5.4.2. Prove di permeabilità	16
5.4.3. Bohrlochaufweitungsversuche	16
5.4.3. Prove dilatometriche	16
6. GEOMORPHOLOGIE, GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE DES UNTERSUCHUNGSRAUMES	17
6. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA	17

6.1.	Geomorphologie des Projektgebietes	17
6.1.	Geomorfologia dell'area di progetto	17
6.1.1.	Massenbewegungen	18
6.1.1.	Movimenti gravitativi.....	18
6.2.	Geologie des Projektgebietes.....	19
6.2.	Geologia dell'area di progetto	19
6.2.1.	Gebirgsbau.....	19
6.2.1.	Costituzione dell'ammasso roccioso	19
6.2.2.	Lithologie	21
6.2.2.	Litologie	21
6.2.2.1.	Festgesteine	21
6.2.2.1.	Rocce.....	21
6.2.2.2.	Lockergesteine	21
6.2.2.2.	Terreni sciolti	21
6.2.3.	Übergänge Fels Lockergestein	23
6.2.3.	Passaggi roccia-terreni sciolti	23
6.2.4.	Strukturgeologie	24
6.2.4.	Geologia strutturale.....	24
6.2.4.1.	Überblick.....	24
6.2.4.1.	Inquadramento.....	24
6.2.4.2.	Homogenbereich 3	25
6.2.4.2.	Settore omogeneo 3	25
6.3.	Hydrogeologie des Projektgebietes.....	26
6.3.	Idrogeologia dell'area di progetto	26
6.3.1.	Allgemeines.....	26
6.3.1.	Generalità.....	26
6.3.2.	Lockergesteinsabschnitt	27
6.3.2.	Settore in terreni sciolti.....	27
6.3.3.	Festgesteinsabschnitt	28
6.3.3.	Settore in roccia	28
6.3.4.	Grundwasserstände im Projektgebiet	28
6.3.4.	Livelli della falda nell'area del progetto.....	28
6.4.	Geologisch-hydrogeologisches Modell für die geplanten Bauwerke	29
6.4.	Dettaglio del modello geologico-idrogeologico per le opere in progetto	29
7.	SCHLUSSBEMERKUNGEN.....	31
7.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	31
7.1.	Geomorphologie, Geologie und Hydrogeologie	31
7.1.	Geomorfologia, geologia e idrogeologia	31

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 Riobaches 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.

- a) Sublos 2 – Arbeiten betreffend den Bereich der Baustelle für die Anbringung der 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 Bf 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.

drenggio in sottoattraversamento dell'area di stazione.

- 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 Riobach 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 geologischen, geomorphologischen und hydrogeologischen 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 geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche 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 studio 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 Klasten auf im Vergleich zu den Murschuttablagerungen, deren Klasten 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.

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).

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 (dieses Dokument) 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.

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 (presente documento) 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-geotecnico 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.

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 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.

Dok. n° 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00901-00.

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:

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 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.

Rif. Doc. n° 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00901-00.

Gli elaborati grafici redatti a corredo dello studio geotecnico-geomeccanico sopradescritto consistono in profili geotecnici-geomeccanici longitudinali e sezioni geotecniche-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 Riöl
- 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 Riöl
- 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

5.4.1. SPT

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

5.4. Prove in foro

5.4.1. SPT

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.

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.

6. GEOMORPHOLOGIE, GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE DES UNTERSUCHUNGSRAUMES

6. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA

6.1. Geomorphologie des Projektgebietes

Das Eisacktal im Projektumfeld zwischen Sterzing und Franzensfeste ist geprägt durch einen engen Verlauf und die angrenzenden, steilen Talflanken. Annähernd senkrecht bzw. stumpfwinklig zum Talverlauf werden die Talflanken von zum Teil canyonartig tief eingegrabenen, und in der Regel tektonisch vorgezeichneten Gräben und Rinnen zerschnitten. Im unmittelbaren Projektgebiet sind der Weißenbachgraben, das Flaggertal sowie das Rioltal die markantesten Einschnitte.

Das heutige Erscheinungsbild des Eisacktales entwickelte sich erst in jüngster geologischer Vergangenheit und ist geprägt durch glaziale und fluviatile Erosions- und Akkumulationsformen. Die Akkumulationsformen (Hang- und Murschutfächer, Blockschutthalde, subrezente Schotterterrassen sowie rezente Talalluvionen) sind im Wesentlichen auf die Talsohle bzw. die Talrandbereiche beschränkt. Erosionsformen sind vorwiegend an den Talflanken bzw. in höheren Lagen anzutreffen. Typische Erscheinungsformen sind Kerbtäler, Rundhöcker, Gletscherschliffe Hochflächen und Hängetäler (Tal des Riolbaches).

Die Höhererstreckung im unmittelbaren Projektgebiet reicht von ca. 750 m MH (Bereich Bhf. Franzensfeste) bis hinauf auf rund 1550 m MH. (Riol 1547 m).

Im Detail ist die Morphologie des von den geplanten Bauwerken betroffenen Areals von zwei Murschutfächern (Riolbach im Süden und Hohe Wand Bach im Norden) geprägt. Zwischen den beiden Murschutfächern reicht das Festgestein von der orographisch rechten Hangseite des Eisacktales bis in die flache Talsohle.

Ein besonderes Augenmerk ist auf den Murschutfächer des Riolbaches zu legen, der von den beiden genannten Murschutfächern der größere ist. Dieser wird nämlich auf seiner gesamten Quererstreckung von der Trasse der neuen Zufahrtsstraße zum Ret-

6.1. Geomorfologia dell'area di progetto

La Val d'Isarco nella zona di progetto tra Vipiteno e Fortezza è caratterizzata da una morfologia angusta e fianchi molto ripidi. Quasi perpendicolarmente, o in ogni caso ad angolo ottuso rispetto all'andamento della valle, i fianchi della valle sono tagliati da incisioni e canali con morfologia quasi da canyon il cui andamento è da associarsi ai motivi tettonici dell'area. All'interno dell'area di progetto i più rilevanti sono le incisioni di Rio Bianco, quello della Valle di Vallaga e della Valle di Riol.

L'aspetto attuale della Val d'Isarco si è sviluppato nel più recente passato geologico ed è caratterizzato da forme d'accumulo e di erosione glaciali e fluviali. Le forme d'accumulo (conoide di versante e da debris flow, falde detritiche a blocchi, terrazzi detritici sub-attuali e alluvioni attuali di fondovalle) sono limitate al fondovalle e nelle zone ai margini della valle. Le forme d'erosione si trovano soprattutto sui versanti e nelle zone altimetricamente più elevate. Tipiche forme sono le valli a V, i dossi montonati, strie glaciali sulla roccia, altipiani e valli sospese (Valle del Rio Riol).

All'interno dell'area di progetto il dislivello passa da 750 m s.l.m. (nella zona della stazione di Fortezza) fino a 1550 m s.l.m. (Riol, 1547 m).

Nel dettaglio dell'area direttamente interessata dalle opere in progetto, la morfologia è condizionata dalla presenza di due apparati di conoide principale (rio Riol a Sud e Rio Hohe Wand a Nord), con settori intermedi nei quali il versante roccioso del fianco destro della valle Isarco arriva a lambire la porzione pianeggiante del fondovalle.

In particolare il conoide del rio Riol, il più esteso dei due citati in precedenza, viene intersecato per tutta la sua estensione trasversale dal tracciato della nuova viabilità di accesso all'area di soccorso e sottostazione.

tungsplatz und zum Unterwerk gekreuzt.

Auf dem Murschuttflächer haben sich in Vergangenheit Massenbewegungen mit hoher Transportenergie (Murphänomene) ereignet. Sie erfolgten entlang des Bachlaufes und erreichten und beschädigten auch den Bahnkörper des Bhf Franzensfeste und die Ortschaft Franzensfeste, so z.B. beim Ereignis vom 26. Juli 1965, bei dem sehr große Schäden an der Eisenbahn entstanden sind, die die Sperre des Eisenbahnbetriebes für mehrere Tage zur Folge hatte. Auf dem Murschuttflächer und entlang des Bachlaufes wurden von Seiten der Autonomen Provinz Bozen in den Jahren 2004 bis 2007 Wasserschutzbauten errichtet, u.a. ein Rückhaltebecken für Murereignisse.

Die Morphologie des distalen Murschuttflächers wurde durch die anthropogenen Eingriffe im Zuge der Errichtung der Eisenbahnlinie Brenner und der Ortschaft Franzensfeste stark verändert. Dies führte bergseitig der Eisenbahn zur Errichtung einer beachtlichen Aushubböschung und talseitig zum Bau eines großen künstlichen Dammes in Richtung Wohngebiet.

Der Murschuttflächer des Hohe Wand Baches besitzt zwar eine geringere Ausdehnung, liegt aber in seinem mittleren und distalen Bereich direkt im Einflussbereich des geplanten elektrischen Unterwerks, des Betriebsgebäudes Mittelspannung und der südlichen Einmündung des BBT. Aus diesem Grund sieht das Projekt hydraulische Verbauungen am Hohe Wand Bach vor, mit der Errichtung eines Rückhaltebeckens für Murereignisse.

Hinsichtlich der geologischen Gefahren in Bezug auf große Murenabgänge entlang des Flussbettes und auf dem Schwemmkegel des Riobaches wurden von der Autonomen Provinz Bozen hangseitig des Baustellenbereichs (Speicherbecken für Muren) Befestigungsmaßnahmen durchgeführt. Nach Abschluss der obgenannten Befestigungsmaßnahmen am Riobach werden neue Wasserregulierungsbauten im Rahmen dieses Projektes errichtet; weiters werde in einem weiteren Bauabschnitt wasserbauliche Maßnahmen am Bach zur Unterquerung des Bahnhofs Franzensfeste durchgeführt, um das Fassungsvermögen des Baches zu steigern.

Das geomorphologische Gefahrenpotential am Schwemmkegel des Riobaches und im Bereich des Bahnhofs Franzensfeste, das bereits jetzt kleiner ist als beim obgenannten Speicherbecken für Muren, wird nach den wasserbaulichen Maßnahmen am Fließgewässer und nach Errichtung der neuen Brücke, die eine größere Lichtweite als die alte haben wird, noch weiter sinken.

6.1.1. Massenbewegungen

Von großer Wichtigkeit für den Projektabschnitt südlich des Eisack sind die gravitativen Phänomene in

Sul conoide si sono verificati in passato dei fenomeni di intenso trasporto di massa detritico (debris flow) lungo il corso d'acqua, che hanno anche provocato l'invasione ed il danneggiamento della sede ferroviaria nelle stazioni di Fortezza e dello stesso abitato di Fortezza, come nel caso dell'intenso evento avvenuto il 26 Luglio 1965, che causò enormi danni alla ferrovia, con il blocco del traffico ferroviario per diversi giorni. Su questo conoide e lungo il corso d'acqua la Provincia Autonoma di Bolzano è intervenuta nel periodo tra il 2004 ed il 2007 realizzando opere di difesa idraulica, tra le quali un bacino di accumulo per i debris flow.

La morfologia della porzione distale del conoide in questione è stata profondamente modificata dagli interventi antropici legati alla costruzione della ferrovia del Brennero e dell'abitato di Fortezza, che hanno comportato la creazione di una evidente scarpata di scavo nella zona a monte della ferrovia e la realizzazione di un ampio rilevato artificiale nella zona di valle, verso il centro abitato.

Il conoide del rio Hohe Wand ha una estensione più ridotta, ma interessa direttamente, nella sua porzione media e distale, le aree di prevista realizzazione della nuova sottostazione elettrica, del fabbricato MT e delle opere di imbocco Sud del BBT. Per questo motivo il progetto prevede opere di sistemazione idraulica del rio Hohe Wand, con la costruzione di un bacino di ritenuta per i debris flow.

In riferimento alla pericolosità geologica, relativa agli importanti trasporti di debris flow lungo l'alveo e sul conoide del Rio Rioli, sono state realizzate dalla Provincia Autonoma di Bolzano opere di difesa idraulica a monte della zona di intervento (bacino di accumulo per il debris flow). A completamento delle suddette opere di difesa idraulica del rio Rioli saranno realizzate le nuove opere di regimazione idraulica oggetto del presente progetto, nonché, in un sublotto successivo, sarà realizzata la sistemazione idraulica del rio in sottoattraversamento alla stazione ferroviaria di Fortezza, così da consentire un aumento della capacità idraulica del rio stesso.

Il grado di pericolosità geomorfologica sul conoide del Rio Rioli e nell'area della stazione di Fortezza, già ridotto rispetto alla situazione precedente con la realizzazione del bacino di accumulo per il debris flow, sarà ulteriormente ridotto a seguito della realizzazione della sistemazione idraulica del corso d'acqua e del nuovo ponte, di luce maggiorata rispetto all'attuale opera di attraversamento del rio.

6.1.1. Movimenti gravitativi

Assolutamente rilevanti per il settore di progetto, situato a Sud dell'Isarco, sono i fenomeni gravitativi

Form von Steinschlag, Murgängen und Überflutungen.

Durch die Enge des Eisacktales im Projektabschnitt liegen sowohl die Bestandsstrecke, als auch alle offenen Bauwerke des BBT im unmittelbaren Hangfußbereich der teilweise steil aufragenden Felshänge des anstehenden Brixner Granits.

In diesem Abschnitt war die Bestandsstrecke mehrere Male durch Steinschlagereignisse gefährdet und musste auch gesperrt werden (ab 1966 wurden die Ereignisse dokumentiert – die Blockgröße dieser Ereignisse lag im Bereich von einigen dm³). Auch eine potentielle Gefährdung durch Muren an der Mündung einzelner, z. T. steiler Seitengraben ist zu berücksichtigen, wie auch im Kapitel zur Geomorphologie erwähnt.

Aufgrund dieser Gefahrenpotentiale erfolgten bereits in den Jahren 1985 und 1995 Sicherungsmaßnahmen mittels Steinschlagschutznetzen für die unmittelbar gefährdeten Abschnitte der Bestandsstrecke, die direkt am Hangfuß verlaufen.

Nachfolgend sind jene Bereiche des Projektareals aufgelistet, in denen im Zuge der geologischen Studie laut Vertrag D0150, der als Referenzprojekt dient, eine detaillierte Betrachtung der Hangstabilität als notwendig erachtet und durchgeführt wurde.

- Südportal BBT: am Hangfuß unterhalb der Hohen Wand, im Bereich der heutigen Remise des Bhf Franzensfeste bei km 56,400 liegen die geplanten Südportale des BBT.
- Bhf Franzensfeste: der südlichste Abschnitt des Bhf Franzensfeste bei km 57,160 liegt ebenfalls wieder im Bereich steil aufragender, aber niedrigerer Felshänge aus Brixner Granit.

Was die Details der Stabilitätsanalyse, die Ergebnisse und die Empfehlungen im Einreichprojekt zu den Steinschlagschutzbauten in den beiden oben genannten Bereichen anbelangt, wird auf den Bericht der geologischen Studie laut Vertrag D0150 verwiesen. Der Inhalt und die Ergebnisse der Projektentscheidungen im Rahmen des Einreichprojektes der obgenannten geologischen Untersuchung werden im Zuge dieses Treffens noch einmal zur Gänze bestätigt und unterstrichen und gelten daher vollumfänglich auch für das gesamte Ausführungsprojekt.

6.2. Geologie des Projektgebietes

6.2.1. Gebirgsbau

Die im Projektgebiet anstehenden Festgesteine werden dem südalpinen Grundgebirge zugerechnet.

Die für den Projektabschnitt Franzensfeste rele-

sotto forma di caduta massi, debris flow ed esondazioni.

Nell'area di progetto, a causa della ridotta ampiezza della Val d'Isarco, sia il tracciato esistente che tutte le opere all'aperto del BBT si trovano a ridosso del piede del ripido versante, che presenta talora pareti di roccia costituite dal Granito di Bressanone.

In questo settore il tracciato esistente è stato interessato più volte da eventi di caduta massi ed è anche dovuto essere chiuso al traffico (dal 1966 sono stati documentati gli eventi – le dimensioni dei blocchi in questi eventi era dell'ordine di alcuni dm³). E' da tenere in considerazione anche un potenziale pericolo da debris flow allo sbocco di alcune delle ripide valli laterali, come indicato anche nel paragrafo relativo alla geomorfologia

Sulla base di questo potenziale pericolo, negli anni 1985 e 1995 sono state attuate delle misure di sicurezza tramite reti paramassi per i tratti direttamente pericolosi del tracciato esistente che corrono direttamente al piede del versante.

Di seguito sono elencati i settori dell'area di progetto in cui, nell'ambito dello studio geologico del contratto D150, che si assume come documento di riferimento, è stato considerato necessario e quindi svolto un esame dettagliato della stabilità dei versanti.

- Portale Sud del BBT: al piede del versante sotto la "Hohe Wand" nell'area dell'attuale rimessa della stazione di Fortezza, in corrispondenza del km 56,400, si trovano i portali Sud del BBT.
- Stazione di Fortezza: l'area meridionale della Stazione di Fortezza, in corrispondenza del km 57,160 si trova anch'essa in un settore con pareti di roccia ripide, ma di modesta altezza costituite dal Granito di Bressanone.

Per quanto riguarda i dettagli dello studio di stabilità, i risultati e le raccomandazioni alla base delle scelte progettuali del progetto definitivo relative alle protezioni da caduta massi nei due settori sopracitati, si rimanda alla relazione dello studio geologico del contratto D0150. I contenuti e risultati alla base delle scelte progettuali del progetto definitivo del suddetto studio geologico sono in questa sede totalmente condivisi e rinnovati e pertanto possono essere considerati validi ed esaustivi anche per il progetto esecutivo.

6.2. Geologia dell'area di progetto

6.2.1. Costituzione dell'ammasso roccioso

Le rocce affioranti nell'area di progetto sono attribuite al basamento sudalpino

Il periodo rilevante dell'evoluzione geologica per

vante geologische Entwicklung setzt im Perm mit der Intrusion des Brixner Granits in das kristalline Grundgebirge des Südalpins entlang der Periadriatischen Naht ein.

Der permische Magmatismus der Südalpen ist durch eine typische kalkalkalische Suite von Plutonen, Gängen und sauren Vulkaniten und wenigen intermediären und basischen Intrusionen gekennzeichnet. Seine Entstehung wird einer spätvariszischen Subduktions- und Orogenphase oder einer postvariszischen Extension zugeschrieben (UIBK-GBA-CFR (2006)).

Im Zuge der alpidischen Gebirgsbildungsära wurde der Brixner Granit polyphas und heteroaxial spröde tektonisch deformiert. Demzufolge dominieren im Brixner Granit spröde alpidische Störungssysteme, die mit dem E-W streichenden Periadriatischen Lineament bzw. mit dem NW-SE streichenden Mauls-Sprechenstein-Störungssystem assoziiert sind.

Dem südalpinen Basement im Bereich Franzensfeste fehlt die alpidische Regionalmetamorphose und duktile Deformationsstrukturen (UIBK-GBA-CFR (2006)).

Sein heutiges Erscheinungsbild hat der Projektabschnitt Franzensfeste in jüngster geologischer Vergangenheit im Zuge mehrerer quartärer Vereisungsphasen erhalten. Durch diese wurde das Eisacktal tief eingeschnitten, wobei die Übertiefung lokal unterschiedlich ausgeprägt ist.

Postglazial wurde das Eisacktal mit unterschiedlich mächtigen Lockergesteinen verfüllt. Gemäß den Ergebnissen der Bodenerkundung bestehen diese im Wesentlichen aus den fluvialen Ablagerungen des Eisacks, Murschuttalagerungen der randlichen Zubringer und Hangschutt. Lokal können auch noch fluvioglaziale Sedimente erhalten sein. Die quartären Ablagerungen verzahnen aufgrund der Enge des Tals kleinräumig miteinander, wodurch sich der bereichsweise komplexe Internbau der Talfüllung ergibt.

Im Bereich der Talflanken treten sowohl glaziale als auch postglaziale Ablagerungen in Form von Moränenablagerungen sowie Hang- und Murschutt auf.

Der Bereich der geplanten Bauwerke ist von quartären Ablagerungen geprägt, die aus Murschuttalagerungen (Murschuttfächer des Riobaches und Hohe Wand Baches) und Alluvionen des Eisack bestehen. Auf diesen Sedimenten wurden über ausgedehnte Bereiche des Untersuchungsareals künstliche Aufschüttungen abgelagert, vor allem in Form des Bahndammes der alten Brennerbahn und des Bhf Franzensfeste.

Im westlichen Grenzbereich des Projektareals ist der Brixner Granit aufgeschlossen, der das Grund-

l'area di progetto di Fortezza è il Permiano, con l'intrusione del Granito di Bressanone nel basamento cristallino sudalpino lungo la Sutura Periadriatica.

Il magmatismo permiano del sudalpino è caratterizzato da una tipica suite calcalkalina di plutoni, filoni e vulcaniti acide e minori intrusioni intermedie e basiche. La sua origine è da attribuirsi ad una fase tardo-varisica di subduzione e di orogenesi oppure ad una fase post-varisica a carattere distensivo (UIBK-GBA-CFR (2006)).

Nel corso dell'orogenesi alpina il Granito di Bressanone ha subito deformazioni tettoniche polifasiche ed eteroassiali a carattere fragile. All'interno del Granito di Bressanone di conseguenza, sono predominanti sistemi di faglie alpine fragili, le quali sono associate al Lineamento Periadriatico ad andamento E-W e al sistema di faglie Mules-Sprechenstein ad andamento NW-SE.

Nel settore di Fortezza il basamento sudalpino non mostra metamorfismo regionale alpino e neppure strutture di deformazione duttili (UIBK-GBA-CFR (2006)).

L'aspetto attuale dell'area di progetto di Fortezza si è modellato nel recente passato geologico durante varie fasi di glacialismo quaternarie. In seguito a questo la Val d'Isarco è stata profondamente incisa, sebbene la sovraescavazione si sia sviluppata diversamente a seconda delle zone.

In epoca post-glaciale la Val d'Isarco è stata riempita da terreni sciolti con vario spessore. Secondo i risultati delle indagini sui terreni sciolti essi sono costituiti soprattutto da depositi fluviali del fiume Isarco, depositi da debris flow alimentati dai canali laterali e detrito di versante. Localmente possono essere ancora conservati depositi fluvioglaciali. I depositi quaternari si interdigitano tra loro più o meno fittamente secondo l'ampiezza della valle e da qui deriva la locale complessità del riempimento della valle stessa.

Nel settore in corrispondenza dei fianchi della valle sono presenti depositi glaciali e anche post glaciali sotto forma di morene nonché detrito di versante e da debris flow.

L'area delle opere in progetto è interessata dalla presenza principalmente di terreni quaternari, rappresentati da depositi di debris flow (conoide del Rio Riolo) e depositi alluvionali dell'Isarco. Sopra questi terreni, in una gran parte dell'area sono diffusi i materiali antropici di riporto, in particolare quelli del rilevato ferroviario della linea storica del Brennero e della stazione di Fortezza.

Nel settore marginale Ovest dell'area affiora il granito di Bressanone, che costituisce il basamento del

gebirge der quartären Talfüllungen und der seitlichen Murschuttfächer bildet. In der Nähe des Hangfußes könnte das kristalline Grundgebirge von den tiefen Gründungen einiger geplanter Bauwerke erreicht werden.

6.2.2. Lithologie

6.2.2.1. Festgesteine

Brixner Granit

Zwischen Mittewald und Franzensfeste steht zu beiden Seiten des Eisacks Brixner Granit an. Dieser setzt sich aus Kalifeldspat, Plagioklas, Quarz und Biotit zusammen und ist mittel- bis grobkörnig. Gemäß dem mineralogischen Spektrum treten Granite, Granodiorite und Diorite auf. Der Brixner Granit enthält Körper, Gänge und Adern aus Leukogranit, Aplit und Pegmatit, mafische Xenolithe sowie zahlreiche Quarzgänge und -adern. Häufig treten Sulfide oder deren Verwitterungsprodukte auf. Ist der Granit stärker sprödektionisch deformiert liegt er mitunter als pseudokohäsiver Kakirit vor.

6.2.2.2. Lockergesteine

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

Moränen

Entlang der Talflanken sind lokal Erosionsreste von pleistozänen Moränenablagerungen erhalten. Erst südlich von Franzensfeste treten Moränen und fluvioglaziale Terrassensedimente weiter verbreitet auf. In der Regel sind diese schlecht aufgeschlossen, jedoch an größeren herauswitternden Geschieben und an den allgemein sanften Geländeformen erkennbar.

Charakteristisch ist die für Moränen typische schlechte Sortierung, das polymikte Geschiebespektrum (Komponenten aus Brixner Granit und Quarzphyllit sowie Grünschiefer, Glimmerschiefer und Dolomit) sowie das Auftreten von „Geschiebeleichen“.

Für das gegenständliche Projekt sind die Moränenablagerungen jedoch nicht relevant und werden deshalb nicht weiter behandelt.

Eisack Alluvionen

Entlang des Eisacks wurden postglazial fluviatile Sedimente abgelagert. Augenscheinliches Merkmal dieser Ablagerungen sind die beidseits des Eisacks erkennbaren Terrassen bzw. Terrassenkanten. Ihre

riempimento quaternario della valle e dei conoidi laterali. Nelle vicinanze della base del versante il basamento roccioso potrebbe essere raggiunto dalle fondazioni profonde di alcune delle opere in progetto.

6.2.2. Litologie

6.2.2.1. Rocce

Granito di Bressanone

Tra Mezzaselva e Fortezza affiora il Granito di Bressanone su entrambe le sponde dell'Isarco. Esso è costituito da K-feldspato, plagioclasio, quarzo e biotite e mostra grana da media a grossa. Per quanto concerne la composizione mineralogica, affiorano graniti, granodioriti e dioriti. Il Granito di Bressanone contiene corpi, filoni e vene costituiti da leucograniti, apliti, e pegmatiti, xenoliti femici, nonché numerosi filoni e vene di quarzo. Di frequente sono presenti anche solfuri oppure i loro prodotti di alterazione. Nei casi in cui il granito è deformato intensamente in regime fragile, esso si presenta come una cachirite pseudo-coesiva.

6.2.2.2. Terreni sciolti

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

Depositi glaciali

Lungo i fianchi della valle sono conservati localmente resti di depositi glaciali pleistocenici. Solo a Sud di Fortezza sono presenti diffusi depositi glaciali sedimenti terrazzati fluvioglaciali. Normalmente essi sono mal esposti; tuttavia sono riconoscibili grazie alla presenza di estesi depositi dilavati e alla morfologia generalmente dolce del terreno.

Caratteristica dei depositi glaciali è la cattiva classificazione, la composizione poligenica del detrito (clasti di Granito di Bressanone e fillade quarzifica, ma anche di scisti verdi, micascisti e dolomie) e anche la presenza di "relitti di depositi".

Per il progetto in oggetto i depositi glaciali non sono rilevanti e quindi non saranno trattati ulteriormente.

Depositi alluvionali dell'Isarco

Lungo l'Isarco sono stati depositati sedimenti fluviali post glaciali. La caratteristica evidente di questi depositi è data dalla presenza di terrazzi e orli di terrazzo riconoscibili su entrambe le sponde dell'Isarco. La

Entstehung geht auf das klimatisch gesteuerte Wechselspiel von Sedimentation und Erosion zurück, im Zuge dessen der Fluss den Talboden mehrfach aufsedimentiert und sich anschließend in seine eigenen Ablagerungen eingeschnitten hat.

Das Spektrum der auftretenden Lithotypen reicht entsprechend dem vorherrschenden Ablagerungsregime von feinkörnigen Stillwasserbildungen bis hin zu hochenergetisch abgelagerten Stein- und Blocklagen (Blöcke bis zu 2,5 m Durchmesser erkundet). Das Geröllspektrum zeigt eine regionale Zusammensetzung entsprechend dem Einzugsgebiet des Eisack mit gerundeten Komponenten. .

Der Zurundungsgrad der untergrundaufbauenden Lockergesteine aus der Interpretation der Bohrprofile wurde für die Erstellung des geologischen Modells als Unterscheidungskriterium der Alluvionen des Eisack von den unten beschriebenen Murschuttablagerungen herangezogen.

Die Gesamtmächtigkeit dieser Ablagerungen wurde nicht erkundet, ist aber aufgrund der Bohrergebnisse (Fo-B-01/00) bereichsweise mit größer 87 m anzusetzen.

Murschuttablagerungen

In den Talrandlagen wurden von den randlichen Zubringern des Eisack Murschuttkegel und Schwemmfächer aufgebaut. Die größten derartigen Strukturen sind der Weißenbach-Schwemmfächer nördlich des Eisacks und der Flaggerbachschwemmfächer sowie der Schemmfächer des Riobaches südlich des Eisacks. Neben diesen treten noch zahlreiche kleinere Schwemmkegel entlang des Hangfußes auf, gebildet von zeitweise wasserführenden Seitengräben.

Entsprechend ihrer Genese sind die Ablagerungen schlecht sortiert und zeigen ein lokales Geröllspektrum mit überwiegend kantigen oder kanten-gerundeten Komponenten. Blöcke und Steine treten verbreitet auf, wobei Blockvolumina im m³ Bereich möglich sind.

Im mittleren Bereich des Murschutfächers des Riobaches sind entlang der bestehenden Straße viele m³-große anstehende Blöcke zu beobachten. Vor allem einer der Blöcke erreicht eine beachtliche Größe von mindestens 50-60 m³. Alle durchgeführten Bohrungen, vor allem jene entlang des Riobaches, haben jeweils 2-3 Granitblöcke mit Größen von mindestens 30 cm bis hin zu 2,2 m (Bohrung Fo-B-06/09 in 7 m Tiefe) zu Tage gebracht.

Wie oben beschrieben, scheint die Anzahl von großen Granitblöcken im mittleren Bereich der Murschutfächer größer zu sein als in den distalen Bereichen. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass auch in den distalen Bereichen große Blöcke vorkommen, auch wenn diese in den bisher abgeteufte Bohrungen nicht angetroffen wurden.

loro origine è da attribuirsi all'alternanza di sedimentazione ed erosione - controllata dal clima - nel corso della quale il fiume ha riempito ripetutamente con sedimenti il fondovalle e successivamente ha inciso nei suoi stessi depositi.

La gamma dei litotipi presenti, corrispondentemente al regime di sedimentazione predominante va dai sedimenti a grana fine depositati in acque tranquille, fino ai blocchi e massi depositati in regimi ad alta energia (blocchi fino a 2,5 m di diametro). La gamma dei ciottoli mostra una composizione a carattere regionale che corrisponde alla zona d'alimentazione dell'Isarco, con frammenti arrotondati

Il grado di arrotondamento degli elementi costituenti il deposito è stato sfruttato, nell'interpretazione delle stratigrafie dei sondaggi utilizzati per la costruzione del modello geologico, come elemento distintivo dei depositi alluvionali dell'Isarco, rispetto ai depositi di debris flow descritti in seguito.

Lo spessore totale di questi depositi non è stato indagato, ma sulla base del risultato del sondaggio (Fo-B-01/00) è da considerarsi superiore a 87 m.

Depositi da debris flow

Nelle zone marginali della valle sono stati depositati dagli immissari laterali coni da debris flow e conoidi alluvionali. Le forme di questo tipo più rilevanti sono il conoide alluvionale del Rio Bianco a Nord dell'Isarco e i conoidi alluvionali del Rio Vallaga e del Rio Riolo a Sud dell'Isarco. Oltre a queste, sono presenti numerosi altri piccoli conoidi alluvionali lungo i piedi del versante, formati in corrispondenza delle incisioni laterali talora attive.

Per quanto concerne la loro genesi questi depositi sono poco classati e mostrano ciottoli di provenienza locale con prevalenti elementi spigolosi o con basso grado di arrotondamento. Blocchi e massi sono diffusi e il volume dei blocchi può raggiungere l'ordine del m³.

Sul conoide del rio Riolo, nella sua porzione media lungo la strada esistente, sono visibili molti grandi blocchi affioranti di dimensioni superiori al m³. Uno in particolare raggiunge dimensioni ragguardevoli, di almeno 50-60 m³. I sondaggi eseguiti, in particolare quelli lungo l'asse del Rio Riolo, hanno sempre campionato almeno 2 o 3 blocchi granitici di dimensioni pari o superiori a 30 cm, con un massimo di 2,2 m (sondaggio Fo-B-06/09 a 7 m di profondità).

Da quanto sopra esposto risulta che la frequenza dei grandi blocchi granitici sia maggiore nella porzione mediana degli apparati di conoide, ma non si può escludere che anche nelle porzioni distali vi siano blocchi di grandi dimensioni, pur se non direttamente carotati dai sondaggi eseguiti.

Die im Projektareal nahe der Felsböschung (30-35 m) abgeteuften Bohrungen (Fo-3-1988 und Fo-B-09/09) haben das Grundgebirge nicht erreicht. Daher ist die Mächtigkeit der Murschuttablagerungen (mit den alluvionalen Ablagerungen verzahnt) unterhalb der geplanten Bauwerke größer als 20 m (durch die zwei oben erwähnten Bohrungen ermittelte Tiefe).

Hangschutt

Zwischen den Schwemmfächerablagerungen, im unteren Bereich der steilen Talflanken, tritt eine in der Regel geringmächtige Hangschuttbedeckung auf. Diese ist gekennzeichnet durch ein lokal dominiertes Komponentenspektrum und schlechtem Rundungsgrad. Blöcke und Steine treten verbreitet auf, wobei Blöcke mit bis zu 2,5 m Durchmesser anzutreffen sind.

Anthropogene Ablagerungen

Das Gelände im Bereich des Wohngebietes und des Bhf Franzensfeste wurde durch anthropogene Eingriffe stark verändert. Künstliche Aufschüttungen sind daher weit verbreitet. Dies betrifft vor allem den Bahndamm der Brennerlinie und die Bahnanlagen.

Die Erscheinung und der Aufbau der künstlichen Aufschüttungen sind sehr heterogen, auch wenn es sich vorwiegend um grobkörniges Material, Blöcke, Steine und Kies in sandiger Matrix, die zum Teil fehlt, oder kiesige Sande handelt. Das Material stammt vor allem aus dem Abbau der lokalen Murschuttablagerungen, die den Murschuttfächer des Riobaches bilden.

In der stratigraphischen Beschreibung einiger Bohrprofile, die vertikal in den Bahndamm verlaufen (Fo-3-1988; Fo-B-09/09 und Fo-B-10/09), kommen intensiv schwarze Ablagerungen vor, die auf Kohlereste oder Verschmutzung durch Kohlenwasserstoffe zurückzuführen sind. Diese Vorkommen wurden in der Interpretation der Stratigraphien herangezogen, um im erarbeiteten geologischen Modell die künstlichen Aufschüttungen nach unten abzugrenzen.

6.2.3. Übergänge Fels Lockergestein

Verlauf der Felsoberfläche im Bereich Nordportal Schalderer Tunnel - Unterführung südlich Franzensfeste

Auch in diesem Bereich wurde wie für die Nordunterführung von Franzensfeste der Verlauf der Felslinie angenommen. Die äußere Felsoberfläche wurde mit einer Neigung, wie sie in den anderen Talbereichen angenommen wurde, in Richtung Talmitte in die Tiefe projiziert. Es wurden die geometrischen Ergebnisse aus der Bohrung Fo-B-09/09 berücksich-

Nell'area del progetto, anche a poca distanza (30-35 m) dalla base del versante roccioso, i sondaggi eseguiti (Fo-3-1988 e Fo-B-09/09) non hanno incontrato il basamento roccioso, quindi lo spessore dei depositi di debris flow (interdigitati ai depositi alluvionali) al di sotto della maggioranza delle opere in progetto è superiore a 20 m (profondità indagata dai due sondaggi sopraccitati).

Detrito di versante

Nella parte inferiore dei fianchi ripidi della valle tra i depositi dei conoidi alluvionali è presente una copertura generalmente poco potente di detrito di versante. Essa è caratterizzata da una gamma di frammenti locali che mostrano un limitato grado di arrotondamento. Blocchi e massi sono diffusi e si possono trovare blocchi con dimensioni fino a 2,5 m di diametro.

Depositi antropici

Il territorio in corrispondenza dell'abitato e della stazione ferroviaria di Fortezza è stato profondamente modificato dagli interventi antropici e sono quindi molto diffusi i depositi di riporto; in particolare quelli maggiormente rappresentati costituiscono il rilevato ferroviario della linea del Brennero ed i piazzali dell'area di stazione.

La natura e la stratigrafia dei terreni di riporto è piuttosto eterogenea, anche se prevalentemente si tratta di materiale granulare grossolano, blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice sabbiosa localmente assente o sabbie ghiaiose, di provenienza locale, principalmente dallo scavo del materiale di debris flow che costituisce il conoide del Rio Rioli.

Nella descrizione stratigrafica di alcuni dei sondaggi realizzati sulla verticale del rilevato ferroviario (Fo-3-1988; Fo-B-09/09 e Fo-B-10/09), viene segnalata la presenza di depositi di colore nero intenso, per presenza di tracce di carbone o inquinamento idrocarburo. Questa caratteristica è stata utilizzata nell'interpretazione delle stratigrafie per delimitare verso il basso i depositi antropici di riporto nel modello geologico elaborato.

6.2.3. Passaggi roccia-terreni sciolti

Andamento della superficie del substrato nella zona del portale Nord della Galleria Scaleres – Sottopasso Sud di Fortezza

In quest'area l'andamento del limite della roccia è stato ipotizzato proiettando in profondità il limite esterno del versante con un'inclinazione compatibile con quanto ipotizzato nelle altre zone della valle, tenendo conto dei vincoli geometrici imposti dal sondaggio Fo-B-09/09, che ugualmente alla profondità di

sichtigt, bei der ebenso bis zur Endteufe von 20 m das Grundgebirge nicht angetroffen wurde.

In diesem Bereich wurde auch ein seismisches Profil nach der Refraktionsmethode – L1 mit einer Länge von 120 m durchgeführt, wobei der Übergang zum Fels bis zur Erkundungstiefe von 30 m nicht nachgewiesen werden konnte. Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass das seismische Profil ungefähr parallel zum Hangfuß verlief und dadurch möglicherweise seitliche Refraktionen der stark geneigten und in geringer vertikalen Entfernung (8m) zum Relief befindlichen Felslinie auftraten, wodurch eine Verfälschung der Ergebnisse möglich ist.

Für diesen Abschnitt des Bauwerks liegt die Tiefe des Festgesteins wahrscheinlich oberhalb von 30 m. Das Festgestein dürfte trotzdem von den Stütz- und Gründungspfählen der Unterführung nicht erreicht werden.

6.2.4. Strukturgeologie

6.2.4.1. Überblick

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

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

Das bedeutendste strukturgeologische Element im unmittelbaren Projektgebiet stellt die NNW-SSE streichende, steil stehende Weißenbachstörung dar. Sie lässt sich vom Weißenbachgraben ausgehend über den Eisack hinweg bis hin zum Sattel westlich des Riolberges verfolgen. Schersinnindikatoren weisen auf eine sinistrale Seitenverschiebung hin, welche eine ältere, ostvergente Abschiebung überprägt hat.

Es sind dies die NE-SW streichende Plungerbachstörung und die ENE-WSW streichende Hohe-Wand-Graben-Störung. Diese konnten als dextrale Seitenverschiebungen identifiziert werden. Aufschlüsse bei Oberau lassen vermuten, dass auch diese Störungen reaktivierte ältere Abschiebungen sind.

Beide Störungen äußern sich an der Geländeoberfläche durch markant in den Brixner Granit eingeschnittene Gräben und sind im Luftbild über den Eisack hinweg verfolgbar. Im Geländeaufschluss stellen sie

fondo foro - 20 m, non ha intercettato il basamento.

In questa zona è anche stata eseguita una linea sismica tomografica a rifrazione – L1, di 120 m di lunghezza, che non ha individuato il passaggio alla roccia nella profondità indagata che è di circa 30 m. Occorre tenere in considerazione che la geometria della linea sismica, circa parallela alla base del versante, potrebbe aver determinato delle incertezze dei risultati dovuti agli effetti di rifrazione laterale della superficie del substrato roccioso, molto inclinata e posta a ridotta distanza (circa 8 m) dalla verticale di rilievo.

La profondità del substrato roccioso, per questa tratta di opera, è quindi presumibilmente superiore a 30 m. Il substrato roccioso non dovrebbe pertanto essere raggiunto dalla palificata di sostegno e fondazione della struttura del sottopasso.

6.2.4. Geologia strutturale

6.2.4.1. Inquadramento

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

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

L'elemento geologico-strutturale più importante all'interno dell'area di progetto è rappresentato dalla zona di faglia del Rio Bianco con andamento molto inclinato in direzione NNW-SSE. Essa può essere seguita a partire dal vallone del Rio Bianco attraverso la Val d'Isarco fino alla sella a Ovest di Cima Riol. Gli indicatori cinematici mostrano un senso di movimento trascorrente sinistro che ha sovrainpresso un più antico movimento di faglia normale vergente verso est.

Si tratta della faglia con andamento NE-SW del Rio Plunger e della faglia ad andamento ENE-WSW del Canalone-Hohe-Wand. Queste faglie si caratterizzano per un movimento trascorrente destro. Gli affioramenti nei pressi di Pra di Sopra fanno supporre che anche queste faglie riattivino vecchie faglie normali.

Entrambe le faglie si manifestano in superficie con valloni molto incisi nel granito di Bressanone e si possono seguire sulle foto aeree da una parte all'altra della Val d'Isarco. In affioramento si presen-

sich als mehrere Meter breite Zone mit hohem Zerlegungsgrad und partiell starker bis vollständiger Verwitterung dar.

Die Hohe-Wand-Graben-Störung wird nur in Gleis 2 des BBT, kurz vor Erreichen des Bhf Franzensfeste ca. bei Station 56,2 stumpfwinklig gequert.

Neben den beschriebenen Großstörungen ist im Projektgebiet ein ausgeprägtes Netz von kleinen Störungen und Klüften vorhanden. Aus diesem Grunde wurden im Untersuchungsgebiet detaillierte Erhebungen zur Erfassung des tektonischen Strukturinventars und dessen felsmechanischen Eigenschaften durchgeführt.

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

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

In der geologischen Studie zur Eisackunterquerung, die als Grundlage für den vorliegenden geologischen Bericht dient, wurde der Untersuchungsraum aufgrund der Auswertung der Strukturdaten in drei Homogenbereiche gegliedert:

- Homogenbereich 1: nördlich des Eisack
- Homogenbereich 2: südlich des Eisack bis Bhf Franzensfeste
- Homogenbereich 3: südlich und westlich des Bhf Franzensfeste

Die geplanten Bauwerke betreffen nur den letzten Homogenbereich, dessen Eigenschaften im Folgenden beschrieben werden.

6.2.4.2. Homogenbereich 3

Im Wesentlichen dominieren im Homogenbereich 3 drei spröde Trennflächensysteme:

- Flach nach SE fallende Schieferung/Klüftung
- Steil nach N bis NE fallende Flächen
- Steil nach W bis WNW fallende Flächen

Darüber hinaus treten untergeordnet folgende Trennflächensysteme auf:

- Steil nach NW fallende Flächen

Die nachfolgende Abbildung zeigt die im Homogenbereich 3 ermittelten Hauptkluftrichtungen.

tano come zone potenti diversi metri con intenso grado di degradazione e alterazione talora da intensa a completa.

La faglia del canalone-Hohe-Wand è attraversata con angolo ottuso solo dal binario 2 del BBT poco prima di raggiungere la stazione di Fortezza ca. alla progressiva 56,2.

Oltre alle importanti faglie appena descritte, è presente all'interno dell'area di progetto un reticolo diffuso di faglie minori e di giunti. Per questi motivi all'interno del settore in studio sono stati svolti rilevamenti dettagliati al fine di individuare gli elementi tettonici e le loro caratteristiche geomeccaniche.

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

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

Nello studio geologico relativo alla tratta di sottoattraversamento dell'Isarco, che viene utilizzato come base per la presente relazione geologica, sulla base dell'elaborazione dei dati strutturali, l'area di studio è stata suddivisa in tre settori omogenei,

- Settore omogeneo 1: a Nord dell'Isarco
- Settore omogeneo 2: a Sud dell'Isarco fino alla stazione di Fortezza
- Settore omogeneo 3: a Sud e a Ovest della stazione di Fortezza

Le opere in progetto interessano solo quest'ultimo settore omogeneo, di cui si descrivono di seguito le caratteristiche.

6.2.4.2. Settore omogeneo 3

Nel settore omogeneo 3 dominano essenzialmente tre sistemi di discontinuità fragili:

- Scistosità/Giunti immergenti a basso angolo verso SE
- Piani immergenti ad alto angolo da N a NE
- Piani immergenti ad alto angolo da W a WNW

Oltre a queste sono presenti anche i seguenti sistemi di discontinuità minori:

- Piani immergenti ad alto angolo verso NW

L'illustrazione seguente mostra le direzioni dei giunti principali elaborate per il settore omogeneo 3.

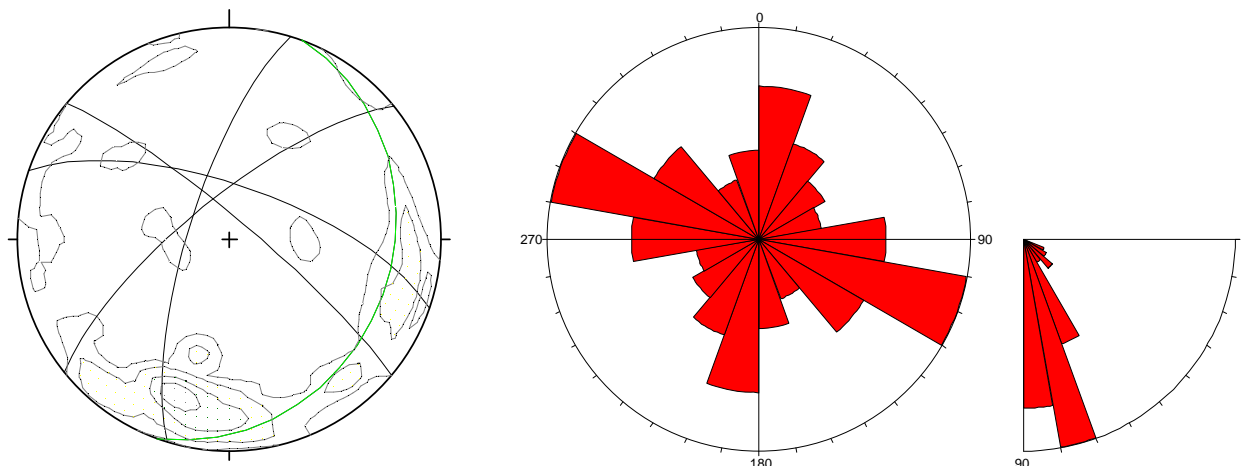


Abbildung 1: Großkreisdarstellung mit Kontourplot (grün Schieferung, schwarz Klüftung) und Kluffrose der Hauptkluftrichtungen im Homogenbereich 3

Illustrazione 1: Rappresentazione ciclografica con contourplot (in verde la scistosità, in nero i giunti) e diagramma a rosa delle direzioni dei giunti principali nel settore omogeneo 3

Kluftsystem sistema di giunti	Einfallsrichtung direzione di immersione	Einfallswinkel angolo di in- clinazione
sf	110	24
K1	19	69
K2	40	82
K3	287	74
K4	321	74

Tabelle 3: Ermittelte Hauptkluftrichtungen im Homogenbereich 3 (Kluftrichtungen sind nach Auftretenshäufigkeit geordnet)

Tabella 3: Direzioni dei giunti principali nel settore omogeneo 3 (le direzioni dei giunti sono ordinate in base alla frequenza con cui affiorano)

6.3. Hydrogeologie des Projektgebietes

6.3. Idrogeologia dell'area di progetto

6.3.1. Allgemeines

6.3.1. Generalità

Nach hydrogeologischen Gesichtspunkten lässt sich der betrachtete Trassenabschnitt grob in zwei Bereiche gliedern:

Dal punto di vista idrogeologico, il settore della tratta qui considerato può essere suddiviso a grandi linee in due zone:

- Lockergesteinsabschnitt: dieser inkludiert den Trassenabschnitt innerhalb der Schwemm-/ Murschutfächer des Riobaches und des Hohe Wand Baches, sowie den flachen Trassenabschnitt der Ortschaft Franzensfeste, wo im Untergrund allu-

- Settore in terreni sciolti: include il settore dei conoidi alluvionali del Rio Riolo e del Rio Hohe Wand, oltre al settore pianeggiante dell'abitato di fortezza ove sono presenti nel sottosuolo depositi alluvionali dell'Isarco.

vionen des Eisack vorkommen.

- Festgesteinsabschnitt: Zwischen den beiden Murschuttflächen des Riobaches und des Hohe Wand Baches und im südlichen Bereich von Franzensfeste im Bereich der Einmündung des Schalderertunnel.

6.3.2. Lockergesteinsabschnitt

Die Hydrogeologie des Lockergesteinsabschnittes ist durch die Oberflächengewässer Eisack, Riobach und Graben Hohe Wand geprägt.

In den alluvialen Ablagerungen des Talbodens und in den seitlich dazu angeordneten Murschuttkegeln kommt ein Grundwasserleiter vor, welcher abschnittsweise mit dem Eisack in hydraulischem Kontakt steht.

Der Porenquifer ist an den Seiten und an der Basis von der Festgesteinsoberfläche des Brixner Granits begrenzt.

In den Murschuttkegel des Riobach erfolgen seitliche Grundwasserzuströme. Diese sind aufgrund der geringen Größe der Einzugsgebiete und der geringen Retentionsräume sehr variabel.

Die hydraulischen Durchlässigkeiten in den Lockergesteinen wurden mit einem umfangreichen In-situ Versuchsprogramm erkundet (siehe Tabelle 2).

Die hydraulischen Durchlässigkeiten im Lockergestein sind durchwegs als hoch einzustufen mit kf-Werten im Bereich von $1,0E-03$ bis $1,0E-05$ m/s ($4,7E-04$ bis $3,7E-05$ m/s gemäß Ergebnissen der In-situ Versuche von SET srl, die im nahen Abschnitt der Eisacküberquerung durchgeführt wurden). Nur für die untergeordnet auftretenden feinkörnigen Ablagerungen sind geringere Durchlässigkeiten bis $1,0E-08$ m/s anzunehmen.

Der Lockergesteinsabschnitt nördlich des Bhf Franzensfeste wird von Murschutt und untergeordnet von Hangschutt aufgebaut. Grundwasser wird nur im Nahbereich des Festgesteins erwartet. Die Tunnelröhren verlaufen in diesem Abschnitt über dem Grundwasser. Es können jedoch unergiebiges Sickerwasserzutritte auftreten.

Die hydraulische Durchlässigkeit wird für diesen Bereich mit $1,0E-03$ bis $1,0E-05$ angenommen.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Durchlässigkeitsversuche vom Typ Lefranc dargestellt, die in den Bohrungen des Projektareals während der Kampagne im Jahr 1988 im Auftrag von RFI (in Tabelle 4 aufgelistet) durchgeführt wurden. Diese zeigen geringere Durchlässigkeitswerte (zwischen $2,1E-5$ und $9,4E-7$) auf als jene für die Unterführung des Eisack ermittelten.

Bohrung / son-	N°	Tiefe / pro-	k (m/s)
----------------	----	--------------	---------

- Settore in roccia: tra i due conoidi del Rio Riolo e del Rio Hohe Wand e nell'area Sud di fortezza, nei pressi dell'imbocco della Galleria Scaleres.

6.3.2. Settore in terreni sciolti

L'idrogeologia del settore in terreni sciolti è influenzata dai corsi d'acqua superficiali Isarco, Rio Riolo e Fosso Hohe Wand.

Nei depositi alluvionali del fondovalle e nei conoidi da debris flow, che si trovano in posizione laterale rispetto ad essi, è presente un acquifero che in qualche settore si trova in contatto idraulico con il fiume Isarco.

L'acquifero per porosità è delimitato ai bordi e alla base dalla superficie del substrato costituito dal Granito di Bressanone.

Nel conoide da debris flow del Rio Riolo sono presenti afflussi d'acqua laterali. Date le limitate dimensioni della zona di ricarica e degli spazi di ritenzione, essi sono molto variabili.

Le conducibilità idrauliche nei terreni sciolti sono state indagate tramite un programma di indagini in situ (si veda la Tabella 2).

Le conducibilità idrauliche nei terreni sciolti sono da classificare come alte con valori dell'ordine di $1,0E-03$ fino a $1,0E-05$ m/s (da $4,7E-04$ a $3,7E-05$ m/s secondo i risultati delle prove in situ della SET srl realizzate nel vicino settore di attraversamento dell'Isarco). Solo per i depositi a grana fine affioranti in misura minore nell'area, sono da supporre conducibilità inferiori fino a $1,0E-08$ m/s.

Il settore in terreni sciolti a Nord della stazione di Fortezza è costituito da debris flow e in misura minore da detrito di versante. Ci si può aspettare la presenza d'acqua di falda solo a ridosso della roccia. In questo settore le canne del tunnel corrono sopra la falda acquifera. Potrebbero tuttavia esserci delle limitate infiltrazioni d'acqua.

La conducibilità idraulica per questo tratto è stata ipotizzata da $1,0E-03$ a $1,0E-05$.

Nella seguente tabella sono indicati i risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc eseguite nei sondaggi dell'area di progetto realizzati durante la campagna 1988 per conto di RFI (elencati nella Tabella 4), che danno risultati di permeabilità più bassi (compresi tra $2,1E-5$ e $9,4E-7$) dei valori valutati per la zona del sottopassaggio dell'Isarco.

daggio		fondità (m)	
Fo-1-1988	1	9,65	9,40E-07
	2	11,20	2,00E-06
	3	18,20	2,12E-05
Fo-2-1988	1	9,45	1,56E-06
	2	17,30	4,97E-05
Fo-3-1988	1	9,60	5,70E-05
	2	18,2	4,82E-06

Tabelle 4: *Ergebnisse der Durchlässigkeitstests Lefranc – Bohrungen RFI 1988*

Tabella 4: *Risultati delle prove di permeabilità Lefranc - sondaggi RFI del 1988*

6.3.3. Festgesteinsabschnitt

Der Festgesteinsabschnitt zwischen Eisack und Bhf Franzensfeste wird zur Gänze vom Brixner Granit aufgebaut, dem randlich geringmächtige Lockersedimente aufliegen. Im gegenständlichen Trassenabschnitt werden zwei größere, ENE-WSW streichende Störungszonen erwartet.

Aufgrund der rasch zunehmenden Überlagerungshöhe wurden in diesem Trassenabschnitt Bohrungen ausschließlich in den Randbereichen abgeteuft. Aus diesem Grund sind die Informationen über Grundwasserstand bzw. hydraulische Leitfähigkeit auf diese Bereiche begrenzt.

In den Festgesteinsstrecken der Bohrungen wurden Wasserabpressversuche zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit durchgeführt. Die Ergebnisse lagen bis zum Redaktionsschluss des vorliegenden Berichts jedoch noch nicht vor. Aufgrund der lithologischen Verhältnisse wird abseits von Störungszonen im Brixner Granit von geringen Durchlässigkeiten in der Größenordnung von $1,0E-06$ bis $1,0E-08$ m/s ausgegangen. Im Bereich der Störungszonen und assoziierter Kluffnetzwerke werden deutlich höhere Werte von bis zu $1,0E-04$ m/s erwartet.

Genutzte bzw. stärker schüttende Quellen treten im unmittelbaren Trassenbereich des Abschnittes Franzensfeste westlich der Eisacktaf Furche nicht auf.

Von den laut Projekt vorgesehenen Bauwerken, die direkt oder indirekt im Einflussbereich des Festgesteins liegen, ist aufgrund ihrer Typologie kein Einfluss auf die Quellen, die an den Wasserfluss im Inneren des Festgesteins gebunden sind, zu erwarten.

6.3.4. Grundwasserstände im Projektgebiet

Der Flurabstand im Talboden schwankt zwischen 1,5 und 2 m unter GOK. An den Talflanken steigt dieser entsprechend den morphologischen Verhältnissen

6.3.3. Settore in roccia

Il settore in roccia tra l'Isarco e la stazione di Fortezza è costituito completamente dal Granito di Bressanone, sopra il quale sono localmente presenti sedimenti sciolti. Nel settore del tracciato in oggetto sono previste due grosse zone di faglia con andamento ENE-WSW.

A causa del rapido incremento dello spessore della copertura in questo settore sono stati eseguiti sondaggi esclusivamente nelle zone marginali. Per questo motivo le informazioni riguardanti il livello della falda e la conducibilità idraulica sono limitati a tali settori.

Per la determinazione della conducibilità idraulica sono state effettuate prove Lugeon nei tratti in roccia dei sondaggi. I risultati non erano ancora disponibili al momento in cui è terminata la redazione della presente relazione. Sulla base delle condizioni litologiche si ipotizzano, per il Granito di Bressanone, a parte le zone di faglia, conducibilità nell'ordine di grandezza di $1,0E-06$ fino a $1,0E-08$ m/s. In corrispondenza delle zone di faglia e dei reticoli di giunti ad esse associati sono previsti logicamente valori più alti fino a $1,0E-04$ m/s.

Sorgenti con forti portate e quindi sfruttate non sono presenti direttamente all'interno dell'area del tracciato nel settore di Fortezza a Ovest del solco della Val d'Isarco.

La tipologia di opere previste in progetto che potranno interessare direttamente o indirettamente il substrato roccioso è tale da non determinare potenziali impatti sulle sorgenti legate alla circolazione idrica all'interno dell'ammasso roccioso.

6.3.4. Livelli della falda nell'area del progetto

Nel fondovalle la soggiacenza della falda varia tra 1,5-2 e 10 m. Nei pressi dei fianchi della valle essa si riduce rapidamente, parallelamente all'andamento

rasch an.

Im Zuge der Arbeiten an den Erkundungsbohrungen wurden bei den Bohrungen mit Wasservorkommen Grundwassermessungen durchgeführt. Dadurch kann der Verlauf der unterirdischen Grundwasseroberfläche entlang des Längsprofils und der Querschnitte angegeben werden. Bei den Bohrungen, wo Wasservorkommen zu verzeichnen waren, handelt es sich um Fo-1-1988 (RFI); Fo-B-02-05; Fo-B-09/09; Fo-B-10/09.

Die Tiefe der Grundwasseroberfläche im Bereich der laut Projekt vorgesehenen Bauwerke liegt zwischen einem Minimum von 1,5-3 m (Abfluss des Riobaches in den Eisack im Zuge der hydraulischen Verbauung und Erschließung des Riobaches) und einem Maximum von 30 m (Steinschlagschutzzäune im oberen Bereich des Hanges und oberer Bereich der hydraulische Verbauungen am Hohe Wand Bach). Im Durchschnitt kann für den Großteil der Bauwerke im Bereich des Bhf Franzensfeste und entlang des Murschuttflächers des Riobaches die Tiefe der Grundwasseroberfläche mit 14-15 bis 24-25 m angegeben werden.

Aufgrund des Grundwasserstandes im Projektareal wird sich der Einfluss des Grundwassers auf die Errichtung der Stütz- und Gründungspfähle und Stützmauern der Unterführungen und Mauern beschränken, während der Großteil der Bauwerke mit oberflächennahen Gründungen in keiner Weise mit dem Grundwasser in Berührung kommen werden.

6.4. 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 Murschuttflächer vorkommen
- Durchlässigkeit der Lockergesteine: mittel-

della morfologia.

Sulla base delle misure del livello di falda eseguite in fase di perforazione dei sondaggi, nei punti di indagine in cui è stata rinvenuta la falda, l'andamento della superficie della falda sotterranea è stato indicato lungo i profili longitudinali e le sezioni trasversali. I sondaggi in cui è stata rinvenuta acqua di falda sono: Fo-1-1988 (RFI); Fo-B-02-05; Fo-B-09/09; Fo-B-10/09.

La profondità della superficie di falda al di sotto delle varie opere considerate nel progetto varia da un minimo di 1,5-3 m, per lo sbocco della sistemazione idraulica del Rio Rioli in Isarco e l'inizio della nuova viabilità Rioli, ad un massimo di circa 30 m per le barriere paramassi poste più in alto sul versante, oltre che all'estremità superiore della sistemazione idraulica del Rio Hohe Wand. Mediamente, per la maggioranza delle opere presenti nell'area della stazione di Fortezza e lungo il conoide del Rio Rioli, la profondità della falda è variabile tra 14-15 e 24-25 m.

L'entità della profondità della falda nell'area di progetto è tale per cui una eventuale interferenza delle opere con la falda stessa sarà limitata alla realizzazione delle palificate di sostegno e fondazione dei sottopassaggi e muri di sostegno, mentre la maggioranza delle opere dotate di fondazioni superficiali non interferiranno in alcun modo con la falda idrica sotterranea.

6.4. 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 me-

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.

dio-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 Riotal – 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 Riolbach	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	co-r-df	df-r-al-co	df-al	df-al	df-al	df-al-dt	df-al	df-al	1,5-40

am Riolbach im Bereich zwischen dem Rückhaltebecken und dem Beginn der Drainageverrohrung, die das Bahnhofsareal unterquert.									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabelle 5: Geologische Stratigraphie für die geplanten Bauwerke – (r = künstliche Aufschüttungen; co = Murschuttflächenablagerungen; df = Murschuttablagerungen; al = alluvionale Ablagerungen; gb = Brixner Granit)

Tabella 5: 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)

7. SCHLUSSBEMERKUNGEN

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

7.1. Geomorphologie, Geologie und Hydrogeologie

7.1. Geomorfologia, geologia e idrogeologia

Aus geomorphologischer Sicht befinden sich die geplanten Bauwerke im distalen bis mittleren Bereich von Murschuttflächen. Die Entstehung der Murschuttfläche ist an Materialtransport entlang von seitlichen Flussläufen (Riolbach) gebunden. Die ursprüngliche Morphologie wurde durch den Bau der Brennerbahn und des Rangierbereichs Franzensfeste stark anthropogen beeinflusst, vor allem durch die Errichtung großer Dämme und einer ausgeprägten Aushubböschung hangseitig des Areals.

Dal punto di vista geomorfologico le opere in progetto si trovano in un settore di conoide detritico-alluvionale, nella sua parte mediana e distale. L'origine del conoide è legata a flussi di trasporto di massa lungo il Rio Riolo. La morfologia originaria ha subito profonde modificazioni antropiche a seguito della costruzione della Ferrovia del Brennero e dello scalo di Fortezza, con la creazione di grandi rilevati e di una pronunciata scarpata di scavo a monte dell'area stessa.

Geomorphologische Herausforderungen im Projektareal stellen mögliche Murenbänge entlang der seitlichen Zubringeräste (Riolbach) dar, wie z.B. die Mure vom Jahr 1966 entlang des Riobaches, die große Schäden an der Eisenbahn auslöste, oder Steinschlag von den Hängen. Zur Milderung der Risiken dieser gravitativen Phänomene sind laut Projekt die Neuerrichtung und die Fertigstellung von Bauwerken zur Regulierung und hydraulischem Schutz an den Wasserläufen sowie Steinschlagschutzzäune geplant (in sublos 2 Letzteres im Bereich über dem Eingang in den Süden des BBT und dann enthalten, nicht das Thema dieses geologischen Berichts).

Le criticità geomorfologiche nell'area di progetto sono rappresentate dai possibili debris flow lungo l'asta del Rio Riolo come ad esempio quello verificatosi nel 1966 che causò ingenti danni alla ferrovia, e la caduta massi dai versanti. Per mitigare il rischio legato ai suddetti fenomeni gravitativi, il progetto prevede la realizzazione ex novo ed il completamento di opere di regimazione e difesa idraulica lungo i corsi d'acqua e l'installazione di barriere paramassi (queste ultime nell'area sovrastante l'imbocco Sud del BBT e quindi comprese nel sublotto 2, non oggetto della presente relazione geologica).

Aus geologischer Sicht ist das Areal, in dem die neuen Bauwerke geplant sind, vorwiegend aus Murschuttflächenablagerungen mit sehr variabler Korngrößenverteilung, abgelagert durch Muren im Bereich der Murschuttfläche des Riobaches, aufgebaut. Im Hinblick auf die Errichtung der geplanten Bauwerke ist das verbreitete Vorkommen von großen (mehrere Meter Durchmesser) Granitblöcken zu erwähnen. Außerdem ist im Untergrund mit alluvionalen Ablagerungen des Eisack mit grobkörniger Korngrößenverteilung und gerundeten Klasten zu rechnen, die mit den Murschuttflächenablagerungen verzahnen.

La geologia dell'area in cui sono ubicate le opere in progetto prevede la presenza di predominanti depositi detritici a granulometria molto variabile originati da debris flow, nell'ambito del conoide del Rio Riolo. Importante nei confronti della costruzione delle opere in progetto la presenza diffusa, in questi depositi, di grandi blocchi granitici di dimensioni plurimetrie. Nel sottosuolo sono altresì presenti in maniera significativa depositi alluvionali del Fiume Isarco, interdigitati ai depositi da debris flow, con granulometria grossolana ed arrotondamento dei clasti.

Die oberflächlichsten Abschnitte des flachen Areal, wo sich der Rangierbereich des Bahnhofs Franzens- feste befindet, sind durch heterogenes Auffüllungsmaterial charakterisiert. Es handelt sich um Böden mit mittlerer-großer Korngröße in etwas feinkörniger Matrix mit Kohleresten. Die Bahndämme erreichen laut durchgeführten Untersuchungen Mächtigkeiten von mehr als 10 m, aber im Schnitt betragen die Mächtigkeiten nicht mehr als 5 m. Die oberflächlichen Bereiche der weniger anthropogen beeinflussten Zonen bestehen aus einer eluvial-kolluvialen Deckschicht mit sandig-kiesiger Korngrößenverteilung und einer Mächtigkeit im Meter-Bereich.

Der Felsuntergrund der Hangschuttablagerungen der Murschuttfächer und der alluvionalen Füllungen des Eisacktales besteht aus Brixner Granit, der im Hang direkt oberhalb des Projektareals aufgeschlossen ist. Aufgrund der Tiefe des Felsuntergrundes werden nur die indirekten Pfahlgründungen einiger Bereiche der geplanten Bauwerke (Pfähle der Unterführungen), wo die Bauwerke am nächsten zur Felslinie sind, das Festgestein erreichen.

Aus hydrogeologischer Sicht ist das Areal von Böden mit mittleren und hohen Durchlässigkeiten (Murschutt- ablagerungen und alluvionale Ablagerungen) charakterisiert. Der Felsuntergrund weist variable Durchlässigkeiten von gering bis hoch auf, je nach Zerlegungsgrad des Festgesteins und Vorkommen von tektonischen Hauptflächen (Störungen).

In den oberflächlichen Ablagerungen im Untergrund des Projektareals ist ein Grundwasserkörper mit einer Grundwasseroberfläche in einer generellen Tiefe von mehr als 10-15 m vorhanden. Das Grundwasser wird daher nur indirekt die Fundamente der geplanten Bauwerke beeinflussen (tiefste Bereiche der Pfähle für die Unterführung und der hydraulischen Verbauungen). Das betroffene Grundwasser kann lokal in hydraulischem Gleichgewicht mit dem aktiven Flussbett des Eisack sein.

I settori più superficiali dell'area pianeggiante in cui è ubicato lo scalo ferroviario di Fortezza sono caratterizzati dalla presenza di depositi di riporto eterogenei, ma comunque costituiti da terre granulari a grana medio-grossa in matrice più fine, con presenza di residui di carbone. I rilevati ferroviari, secondo le indagini eseguite nell'area, raggiungono spessori di più di 10 m, ma mediamente non oltrepassano i 5 m di spessore. Le porzioni superficiali delle aree meno antropizzate presentano una coltre eluvio-colluviale sabbioso-ghiaiosa di spessore metrico.

Il substrato roccioso dei depositi detritici di conoide e di riempimento alluvionale della Valle Isarco è costituito dal Granito di Bressanone, che affiora sul versante direttamente soprastante l'area di progetto. La profondità del substrato roccioso è tale per cui solo le fondazioni indirette su pali di alcune parti delle opere in progetto (palificate dei sottopassi) possono raggiungere la roccia nei punti in cui le opere sono più vicine alla base del versante roccioso.

L'assetto idrogeologico dell'area è caratterizzato da terreni con permeabilità media ed alta (depositi di debris flow e depositi alluvionali) e dalla roccia del substrato, con grado di permeabilità variabile da bassa ad alta in funzione della fratturazione dell'ammasso roccioso e la presenza di strutture tettoniche principali (faglie).

E' presente una falda freatica all'interno dei depositi superficiali nel sottosuolo dell'area di progetto, la cui superficie si localizza a profondità in genere superiore ai 10-15 m e che quindi potrà interessare solo indirettamente le fondazioni delle opere in progetto (estremità inferiore delle palificate del sottopasso e delle sistemazioni idrauliche). La falda in questione può essere localmente in equilibrio idraulico con l'alveo attivo dell'Isarco.