

VORHABEN/progetto:

**Bau von Militärwohnungen  
in der Reschenstraße in Bozen  
3. Wohngebäude  
Costruzione di residenze militari  
in Via Resia a Bolzano  
3° palazzina**

Behörde/amministrazione:

0	10.12.2015	1. Ausgabe/1ª edizione	XS/AP	AP	
Rev.	Datum/data	Ausgabe, Änderung/edizione, aggiornamento	erstellt/elaborato	geprüft/esaminato	freigegeben/approv.

AUFTRAGGEBER/committente:

**Provincia Autonoma di Bolzano - Ufficio Edilizia ovest  
Via Crispi 2, 39100 Bolzano**

DOKUMENTTITEL/titolo del documento:

**GEOLOGISCHER BERICHT  
RELAZIONE GEOLOGICA**

**INGENIEURBÜRO | STUDIO D'INGEGNERIA**



GmbH / srl  
Tel. 0472 / 27 24 00 - Fax 0472 / 27 24 24 - info@eut.bz.it - www.eut.bz.it

Dr. Ing. R. Carminati  
Dr. Ing. G. Fischnaller  
Dr. Geol. A. Psenner

I-39042 BRIXEN | BRESSANONE  
Dante Straße 132 | Via Dante 132

SEITE/pagina:

**1 von/di 46**

PROJEKT NR./progetto n.:

**960-141**

DOKUMENT/documento:

**MR-GE-011**

EINLAGE NR./allegato n.:

## INHALT / INDICE

1	VORBEMERKUNG .....	4
2	GRUNDLAGENUND REGELWERKE .....	4
2.1	Gesetzliche Grundlagen .....	4
2.2	Allgemeine Grundlagen.....	4
2.3	Projektspezifische Unterlagen .....	5
3	LAGEBESCHREIBUNG UND PROJEKT.....	6
4	DURCHGEFÜHRTE ERKUNDUNGEN .....	8
4.1	Erkundungsbohrungen.....	8
4.2	Geotechnische Laborversuche.....	9
5	GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE .....	9
5.1	Allgemeines .....	9
5.2	Geomorphologie.....	10
5.3	Seismizität .....	11
5.4	Hydrogeologie .....	11
5.5	Bestehende Wassernutzungen und Schutzzonen .....	14
6	GEOLOGISCHES MODELL.....	15
6.1	Bodenarten.....	15
6.2	Geotechnische Charakterisierung der Bodenarten .....	16
7	BAUGEOLOGISCHE EMPFEHLUNGEN .....	19
7.1	Allgemeines .....	19
7.2	Aushub.....	19
7.3	Gründungen .....	20
7.4	Wasser .....	21
8	FOTODOKUMENTATION .....	22
9	PREMESSA .....	25
10	DATI DI BASE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	25
10.1	Quadro normativo .....	25
10.2	Dati di base .....	25
10.3	Documentazione specifica .....	26
11	DESCRIZIONE DEL SITO E DEL PROGETTO.....	27
12	INDAGINI ESEGUITE .....	29
12.1	Sondaggi geognostici.....	29
12.2	Analisi geotecniche di laboratorio.....	30
13	SITUAZIONE GEOLOGICA .....	30
13.1	Generalità .....	30
13.2	Geomorfologia .....	31
13.3	Sismicità .....	32

13.4 Idrogeologia .....	32
13.5 Utilizzazioni idriche esistenti e zone di tutela .....	35
14 MODELLO GEOLOGICO .....	36
14.1 Tipi di terreno .....	36
14.2 Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni .....	37
15 RACCOMANDAZIONI TECNICO-COSTRUTTIVE .....	40
15.1 Generalità .....	40
15.2 Scavo .....	40
15.3 Fondazioni .....	41
15.4 Acqua .....	41
16 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	43

## ANHANG / ALLEGATI

1 Bohrprofile / Stratigrafie sondaggi	
2 Protokolle Laborversuche / Protocolli prove di laboratorio	
3 MR-GE-012 Lageplan Erkundungen /Planimetria delle indagini	Sc 1:500
4 MR-GE-013 Planimetria geologico-geomorfologica di dettaglio Geologisch-geomorphologischer Detaillageplan	Sc 1:500
5 MR-GE-014 Sezioni geologico-idrogeologiche Geologisch-hydrogeologische Schnitte	Sc 1:200

## 1 VORBEMERKUNG

Auf dem Militärareal in der Reschenstraße in Bozen ist die Errichtung eines 3. Wohngebäudes zusätzlich zu den zwei jüngst auf dem Areal errichteten Wohngebäuden zur Unterbringung von Militärwohnungen geplant. Auftraggeber für das gegenständliche Projekt ist das Amt für Hochbau West.

Das Ingenieurbüro EUT GmbH aus Brixen wurde mit der Erstellung des geologischen Gutachtens beauftragt.

## 2 GRUNDLAGEN UND REGELWERKE

### 2.1 Gesetzliche Grundlagen

- [1] DM 11.03.1988, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" con Circolare LL.PP. 24/9/1988 n. 30483;
- [2] Beschluss der LR Nr. 4047 vom 06.11.2006 betreffend die „Bestimmungen hinsichtlich der Erdbebeneinwirkungen“;
- [3] MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Decreto 14 gennaio 2008, (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - S. O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- [4] Beschluss der Landesregierung vom 17.10.1983, Nr. 5922: „Schutz des Bozner Grundwassers“;

### 2.2 Allgemeine Grundlagen

- [5] Technische Grundkarte, Abt. Raumordnung, Auton. Prov. Bozen, Stand Dezember 2015;
- [6] DGM Laserscan (2,5x2,5m), Abt. Raumordnung, Auton. Prov. Bozen, Stand Dezember 2015;
- [7] Orthofotokarte 2006, Abt. Raumordnung, Auton. Prov. Bozen, Stand Dezember 2015;
- [8] Orthofotokarte Bozen 1:1000, Abt. Raumordnung, Auton. Prov. Bozen, Stand Dezember 2015;

- [9] Digitale Landeskartografie mit u. a. Straßen- und Wegenetz, Katasterplänen, Abt Raumordnung, Auton. Prov. Bozen, Stand Dezember 2015;
- [10] „Carta Geologica d'Italia“, foglio 027, „Bolzano“, Sc. 1:50.000, Servizio Geologico d'Italia, 1972; foglio 026, „Appiano“, Sc. 1:50.000, Servizio Geologico d'Italia, 2007;
- [11] Geologische Karte Blatt 26 Eppan – SE-Quadrant, M. 1:25.000, Amt für Geologie und Baustoffprüfung, Autonome Provinz Bozen, 2007;
- [12] Tiefbrunnennetz und Wasserstandsaufzeichnungen im Gemeindegebiet Bozen, Hydrografisches Amt, Auton. Prov. Bozen, erh. per E-mail, April 2014;
- [13] „Information über die Grundwasserverhältnisse im Bozner Talkessel“, Amt für Gewässernutzung, Auton. Prov. Bozen, September 1999;

## 2.3 Projektspezifische Unterlagen

- [14] Auszüge aus den Projektunterlagen zum Ausführungsprojekt „Bau von Militärwohnungen in der Reschenstraße in Bozen - 3. Wohngebäude“, Dr. Arch. K. Kerschbaumer & H. Pichler, Februar 2015, erh. in digitaler Form im Dezember 2015;
- [15] Geländevermessung, Geom. E. Leccacorvi, September 2009, erh. per E-mail am 24.09.2009;
- [16] Erkundungsbohrungen, Landservice scrl, Februar-März 2010;
- [17] Ergebnisse der Laborversuche, Geolabor sas, März 2010;
- [18] Geologischer Bericht zum „Bau von Militärwohnungen in der Reschenstraße in Bozen“, EUT GmbH, Dr. A. Psenner, Mai 2010;
- [19] „Bau von Militärwohnungen in der Reschenstraße in Bozen - Ausführungsprojekt Bodensanierung und Erdarbeiten“, EUT GmbH, Juli/Okttober 2010;
- [20] „Bau von Militärwohnungen in der Reschenstraße in Bozen - Ausführungsprojekt Entsorgung asbesthaltiges Material und Bodensanierung Zelle E1 + E2“, EUT GmbH, Oktober 2010;
- [21] Dokumentation zum Endstand der Sanierungsarbeiten und Erdbewegungen zum „Bau von Militärwohnungen in der Reschenstraße in Bozen“, EUT GmbH, April 2013;
- [22] Schlussbericht „Bau von Militärwohnungen in der Reschenstraße in Bozen - Bodensanierung und Erdarbeiten“, EUT GmbH, September 2013;
- [23] Einschlägige Fachliteratur aus dem Bereich Geologie, Geotechnik und Hydrogeologie sowie spezifisches Kartenwerk.

Der Kenntnisstand des gegenständlichen Berichts beruht außerdem auf generellen Erhebungen wie Informationen und Erfahrungen aus nahegelegenen Projekten.

### 3 LAGEBESCHREIBUNG UND PROJEKT

Das Projektgebiet liegt im südlichen Bereich des Bozner Talkessels, im Westen der Reschenstraße, rund 400 m vom Eisack entfernt, auf rund 245 m Meereshöhe.

Das Militärareal weist einen rechteckigen Grundriss auf und grenzt zu allen Seiten an andere bebaute Flächen. In den Jahren 2011-2013 wurde das Gelände umwelttechnisch saniert und eine mächtige, unregelmäßig ausgebildete Deckschicht aus Aufschüttungen mit Bauschutt und verschiedenen Abfällen entsorgt (vgl. [19], [21], [22]).

Im Rahmen der Bodensanierung bis auf den natürlichen Untergrund wurden auch die Gründungsebenen der beiden mittlerweile fertig gestellten Wohngebäude in den Quadranten SW und SE des Militärareals vorbereitet. Das gegenständliche Vorhaben sieht die Errichtung eines dritten Wohngebäudes auf dem NW-Quadrant (s. Lageplan im Anhang) sowie die Gestaltung der Außenflächen mit einem Park und Verkehrsflächen im NE-Quadrant (nicht Teil des vorliegenden Berichtes) vor.

Die Bodensanierung im NW-Quadrant umfasste Aushübe bis in ca. 3,5-4 m unter aktueller GOK und die Wiederverfüllung mit Aushubmaterial aus den Baugruben der ersten beiden Wohngebäude sowie untergeordnet mit Recyclingmaterial. Für die Herstellung der Baugrube des 3. Wohngebäudes sind Geländeanschnitte bis ca. 5 m unter GOK vorgesehen. Diese betreffen vorwiegend die im Rahmen der Bodensanierung aufgebrachten Verfüllungen (s. Schnitte im Anhang). Richtung Außengrenzen (Grenzmauern) erfolgte die Bodensanierung über eine freie Aushubböschung und ohne die Stabilität der Grenzmauer zu beeinträchtigen. Hier und in den angrenzenden Flächen außerhalb des Militärareals wurde keine Bodensanierung bzw. Austausch der ursprünglichen Aufschüttungen vorgenommen.

Der Zugang zum Projektareal erfolgt von Osten aus über die Reschenstraße und über ein internes Straßennetz.



Abb. 1: Untersuchungsgebiet (magenta) auf dem Orthofoto der Autonomen Provinz Bozen



Abb. 2: Detail des Untersuchungsgebietes auf Orthofoto [8]

## 4 DURCHGEFÜHRTE ERKUNDUNGEN

Für den Bau der ersten beiden Wohngebäude wurden verschiedene Erkundungen und in aufeinander folgenden Phasen durchgeführt, um den Untergrund im Projektgebiet zu aus geologischer und umweltgeologischer Sicht zu charakterisieren (vgl. [18]), darunter zahlreiche Erkundungen zur Abgrenzung und Erkundung der oberflächigen Aufschüttungen mit Baurestmassen und verschiedensten Abfällen (Schlacken, Asbest, etc., vgl. [19], [20]), wie z.B. Georadar-Erkundungen, Erkundungsschürfe, Umweltanalysen etc.

Daneben wurden auch geologisch-hydrogeologische Erkundungen durchgeführt wie Erkundungsbohrungen oder geotechnische Laborversuche.

### 4.1 Erkundungsbohrungen

Im Februar-März 2010 wurden auf der Projektfläche 3 Kernbohrungen ausgeführt. Ihre Lage ist im beigefügten Lageplan ersichtlich.

Die Bohrungen bestätigten einige Meter Baurestmassen (mittlerweile entfernt, vgl. Sanierung [19], [21], [22]) gefolgt von sandigen Kiesen, die sich bis in 12-13 m Tiefe ab GOK fortsetzen. Die einzelnen Schichtprofile finden sich im Anhang.

Die Bohrlöcher wurden mit Pegelrohren von 3" Durchmesser ausgestattet.

In den Bohrungen wurden SPT-Versuche durchgeführt. Die Ergebnisse werden in der Folge zusammengefasst und bestätigen generell die mittel-hohe Lagerungsdichte des natürlichen Untergrundes:

Bohrung	Versuchstiefe [m] ab GOK	N <sub>SPT</sub>	Vorwiegende Bodenart
S1/10	4,5	51	Sand bis Kies
S1/10	6	R	sandige, steinige Kiese
S1/10	9	63	sandige, steinige Kiese
S1/10	12	R	sandige, steinige Kiese
S2/10	4,5	R	sandige, steinige Kiese
S2/10	6	R	sandige, steinige Kiese
S2/10	9	32	sandige, steinige Kiese
S2/10	11,7	39	sandige, steinige Kiese
S3/10	4,5	R	sandige, steinige Kiese
S3/10	6	R	sandige, steinige Kiese
S3/10	9	R	sandige, steinige Kiese
S3/10	12	42	sandige, steinige Kiese

Tab. 1: Bandbreite der SPT-Werte in den Erkundungsbohrungen auf dem Projektareal

## 4.2 Geotechnische Laborversuche

An einigen Proben aus den Erkundungsschürfen (s. Lageplan im Anhang) wurden Korngrößenanalysen durchgeführt, mit den folgenden Ergebnissen:

Schurf Probe		Tiefe [m] ab GOK	Korngrößenverteilung			Klassifizierung, vorw. Bodenart
			% Kies	% Sand	% Schluff/Ton	
T2	B	1,3-1,5	55,7	44,0	0,2	Kies, stark sandig
T6	A	1,8-2,0	3,9	95,7	0,4	Sand
T11	B	1,8-2,0	2,0	97,4	0,6	Sand
T18	A	1,2-1,4	64,1	35,9	-	Kies, stark sandig

Tab 2: Korngrößenverteilung der untersuchten Bodenproben

## 5 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

### 5.1 Allgemeines

Das Projektgebiet liegt tektonisch im Bereich der Südalpinen Einheit, welche im Norden entlang der Periadriatischen Naht an die Ostalpine Einheit grenzt und in Richtung Süden unter die mächtige Füllung der Poebene abtaucht.

Der Felsuntergrund im Untersuchungsgebiet besteht aus Gesteinen der Bozner Quarzporphyrplatte (Etschtaler Vulkanit-Gruppe), welche das südalpine Grundgebirge auf einer Fläche von rund 4000 km<sup>2</sup> überlagert. Die Quarzporphyrplatte ist ein starrer Gebirgskörper, der sprödetektonisch verformt wurde.

Der Talbodenbereich ist von mächtigen, rezenten Alluvionen gekennzeichnet, die mit Hunderten von Metern das Festgestein überlagern. Diese Lockergesteinsformation dominiert den Bozner Talkessel.

Die rezenten Alluvionen bestehen aus gerundeten bis angerundeten Kiesen mit Steinen und Sand. Generell ist der Feinkorngehalt recht gering. Örtlich treten hingegen feinkörnigere Horizonte auf, die durch Verfüllung von alten Flussarmen, Seitenästen oder lokalen Senken entstanden. Diese Horizonte kommen wahrscheinlich auf verschiedenen Niveaus vor. Die Komponenten der Alluvionen mit bis einigen dm Durchmesser sind polymikt, vorwiegend porphyrischer, phyllitischer, karbonatischer, granitischer und gneisischer Natur.

In den Wohnbereichen sind diese Lockergesteine oftmals anthropogen umgelagert (Aus-hübe, Verfüllungen). Im Zuge der Bodensanierung [19], [21], [22] wurde an der Oberfläche ein beträchtliches Auftreten von Baurestmassen festgestellt, die im Zuge der Bodensanierung entfernt wurden.

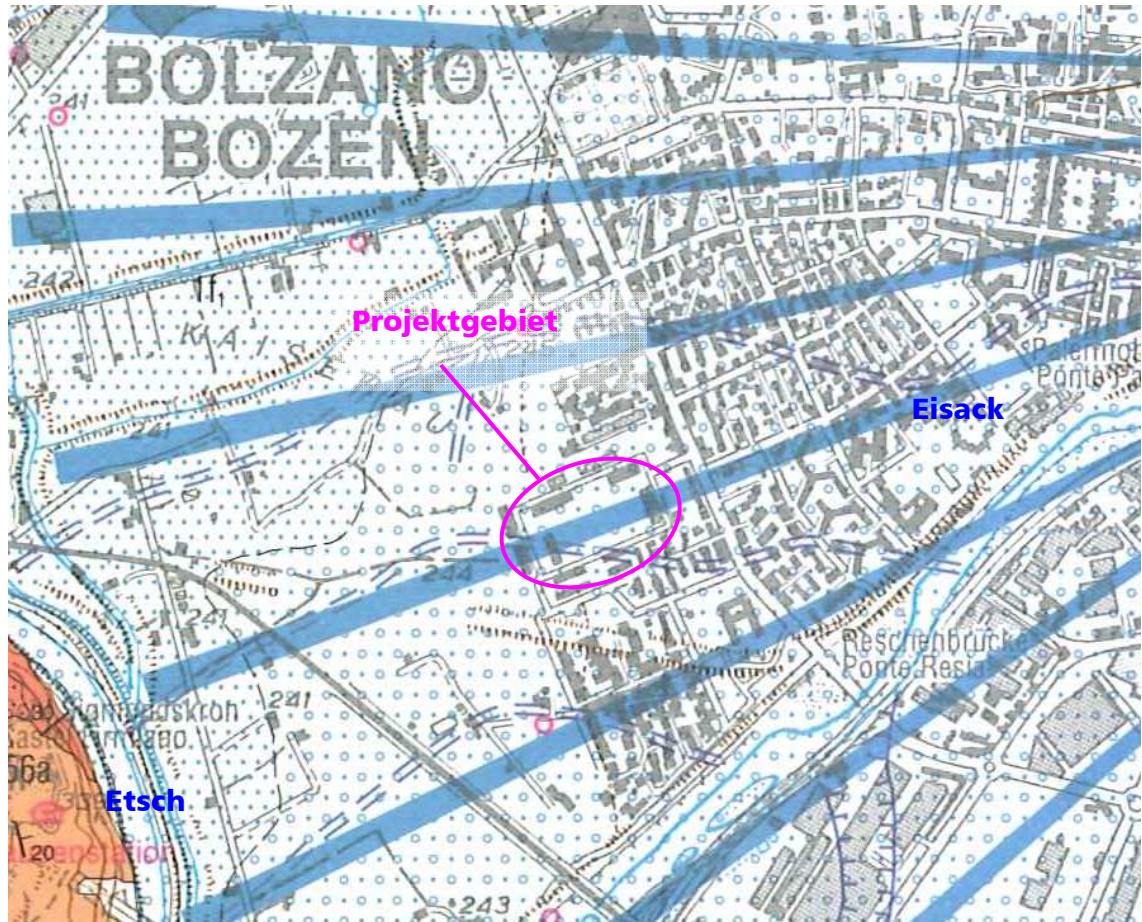


Abb. 4: Auszug aus der Carta geologica Foglio 26 Appiano – Sezione SE, scala ca. 1:15.000; Legende: blaue Übersignatur – Schwemmfächer; blau strichliert – Paläoflussbett; Alpines Postglaziales Synthem (1): alluviale und fluvioglaziale Ablagerungen: blaue Punkte (f1) – Sand, blaue Kreise-Punkte (f3) – Kies und Sand; Etschtaler Vulkanit-Gruppe: rot (56) – Gries-Formation, orange (52) – Auer-Formation.

## 5.2 Geomorphologie

Das Projektgebiet liegt als offene Fläche inmitten von bestehenden Wohngebäuden vor. Sie weist eine rechteckige, WSW-ENE-gerichtete Form von rund 150 x 80 m auf und ist derzeit zum Teil als Baustelleneinrichtungsfläche für eine nahegelegene Baustelle von Militärwohnungen weiter im NW genutzt. Die Fläche ist von einer starken, anthropogenen Überprägung gekennzeichnet (Aufschüttungen), welche den ursprünglichen Geländeverlauf verdeckt.

Das Bauareal ist grundsätzlich eben ausgebildet, die Geländekote liegt bei ca. 245 m Mh.

### 5.3 Seismizität

Nach Auskunft der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien treten in der Provinz Bozen Erdbeben mit einer Maximalintensität von 7 bis 8 Grad auf der 12-teiligen Europäischen Makroseismischen Skala von 1992 auf. Aufgrund der dokumentierten Erdbebenbetätigkeit ist das Gebiet jedoch als seismisch wenig aktiv zu bezeichnen. Aus benachbarten seismischen Regionen sind Intensitätsbelastungen, die den Grad 5 überschreiten, unwahrscheinlich.

Entsprechend den geltenden gesetzlichen Vorschriften liegt das Projektgebiet in der Seismischen Zone 4. Demnach ist nach den staatlichen Vorgaben die Anwendung eines Faktors von 0,05 [ag/g] (Spitze Horizontalbeschleunigung/Erdbeschleunigung) vorgesehen.

Gemäß [2] wird der vom Projekt betroffene Untergrund als „dicht gelagerte Sande und Kiese mit Mächtigkeit von mehreren Zehnermetern mit nach unten zunehmend besseren geotechnischen Eigenschaften“ ( $v_{s30} = 360\text{-}800\text{ m/s}$  bzw.  $N_{SPT} > 50$ ) der „Baugrundklasse B“ eingestuft. Hinsichtlich Topografie wird die Kategorie T1 „ebene Oberfläche, Hänge, isolierte Erhebungen mit Hangneigung  $\beta < 15^\circ$ “ bestimmt.

### 5.4 Hydrogeologie

Im Untersuchungsgebiet sind keine Oberflächengewässer vorhanden, der Fluss Eisack (öffentl. Gew. B) stellt den Vorfluter dar und verläuft rund 400 m weiter im SE des Bauareals. Rund 800 m im WSW verläuft hingegen die Etsch (öffentl. Gew. A). Die Felder im NW des Untersuchungsgebietes sind von mehreren Kanälen durchzogen (öffentl. Gew. A.65.5.5.10; A.65.5.5.5; A.65.5.10).

Die im Projektgebiet auftretenden Lockergesteinsformationen besitzen eine mittlere bis hohe Durchlässigkeit. Die Lage und die jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels werden in Bozen anhand eines Grundwassermessstellennetzes aufgezeichnet. In Folge wird ein Auszug aus dem Lageplan mit den nächstgelegenen Messpunkten in Bezug auf das Projektgebiet dargestellt.

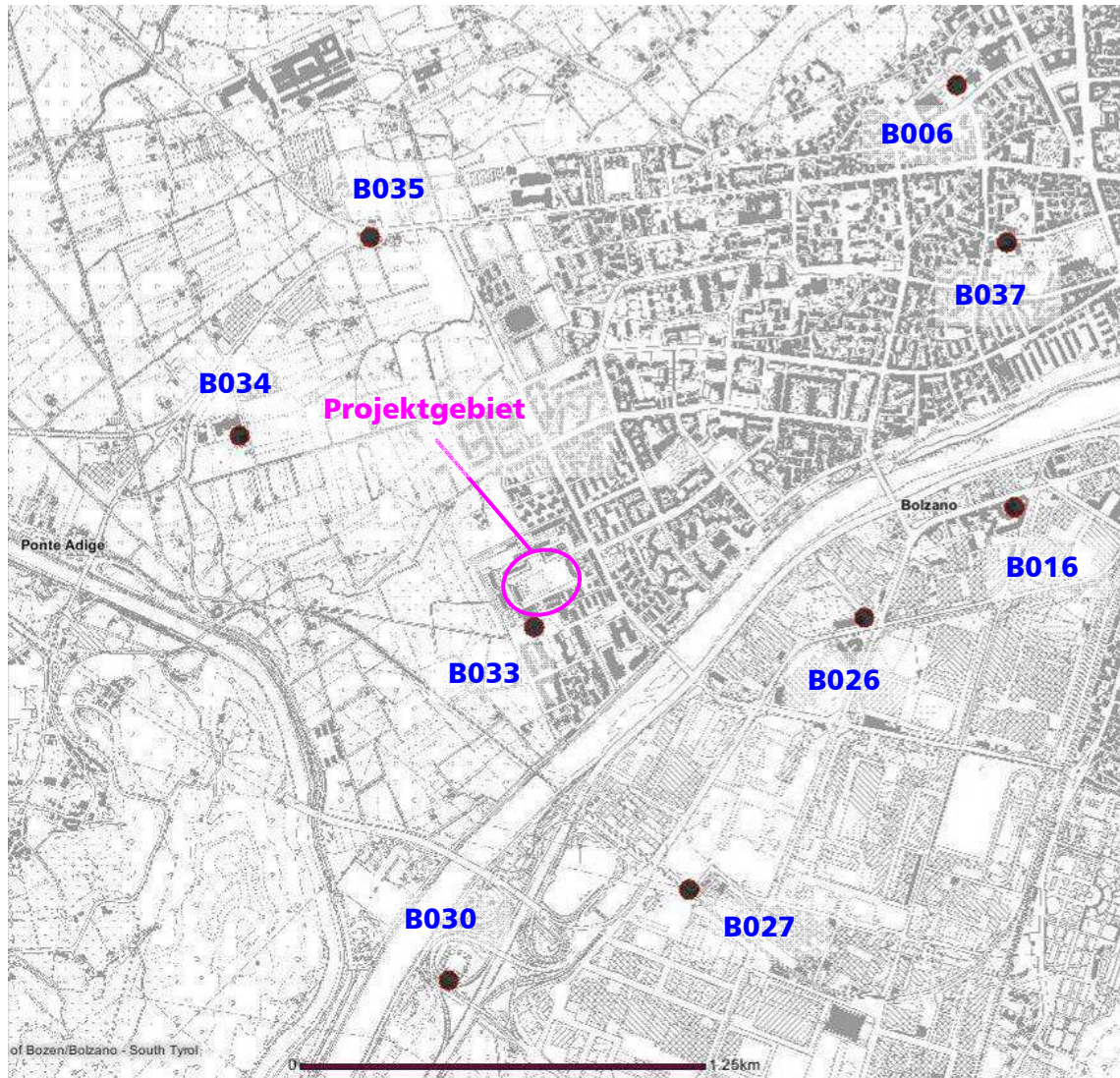


Abb. 5: Grundwassermessstellen des Messnetzes von Bozen im Nahbereich des Projektareals

Wie man im Lageplan erkennen kann, besteht in der unmittelbaren Umgebung des Projektareals der Grundwasserpegel B033 – Casanova in der Ortlerstraße. Dieser Pegel wurde sporadisch von August 2003 bis Oktober 2008, bzw. ab Oktober 2008 kontinuierlich gemessen (Daten vom Hydrographischen Amt erhalten). Im Zeitraum Oktober 2008 - Oktober 2009 schwankte der Grundwasserspiegel zwischen ca. 237-238,5 m Mh. (Abstich im Pegel zwischen ca. 7,5 und 9 m mit Bezugskote von 245,99 m Mh.).

Es folgt ein Diagramm mit alle sämtlichen durchgeführten Messungen.

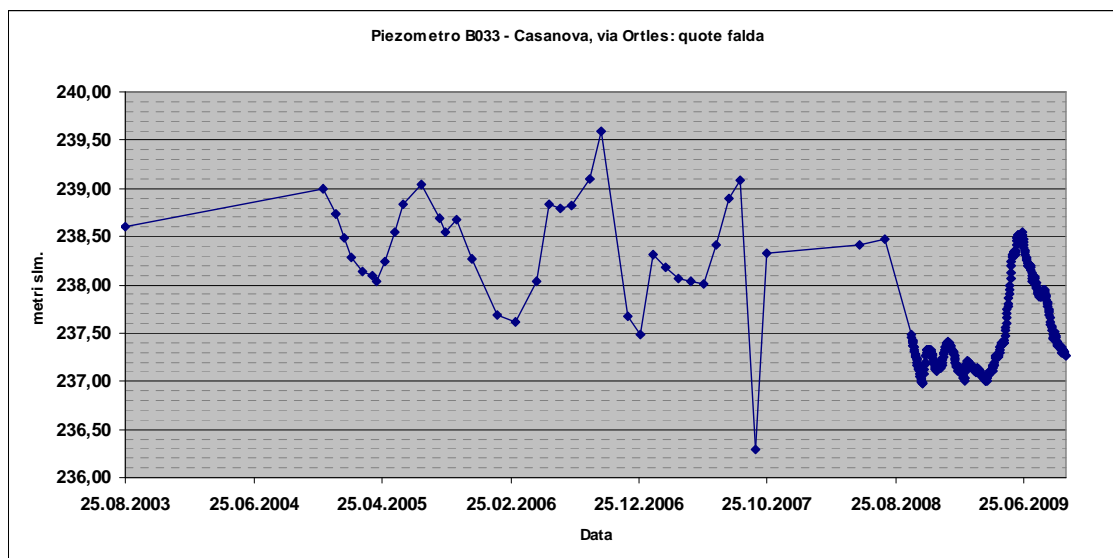


Fig. 6: Grundwasserganglinie im Pegel B033 mit einer kontinuierlichen Aufzeichnung ab Oktober 2008

Das Diagramm zeigt einen erhobenen Grundwasserhöchststand im Pegel von 239,6 m Mh., bzw. einen Abstich von ca. 6,4 m.

In der „Karte des Höchststandes des Bozner Grundwassers im Juli 1997“ wird für das Projektareal eine Kote zwischen 240,25 und 240,5 m Mh. angegeben, mit einer Grundwasserneigung von rund 0,09 % in Richtung SW.

Die drei Bohrungen im Bauareal wurden mit Pegelrohren ausgestattet. Ihre Lage und Kote ist im beigefügten Lageplan der Erkundungen ersichtlich. Der erhobene Grundwasserstand am 04.03.2010, dem Tag der Wasserprobenentnahmen, ist in Folge angegeben.

Pegel	GW-Abstich [m] unter GOK	GW-Stand [m] Mh.
S1/10	8,26	236,30
S2/10	8,20	236,23
S3/10	8,45	236,23

Die durchgeführten Messungen bestätigen einen leicht nach SW geneigten Grundwasserspiegel.

Laut aktuellem Kenntnisstand erreichen die geplanten Baumaßnahmen (Gründungsebene bei ca. 241 m Mh.) das Grundwasser nur in Extremsituationen, wie zum Beispiel im Zeitraum des außergewöhnlich hohen Grundwasserstandes im Jahre 1997.

Die Gerinne Talfer und Eisack weisen im Bereich von Bozen ein teilweise isoliertes (kolmatiertes) Bachbett auf. Dadurch wird der Wasseraustausch zwischen Wasserlauf und Grundwasser als relativ gering erachtet. Aus Bauerfahrungen in der näheren Umgebung ist allerdings bekannt, dass örtlich schwebende Grundwasserkörper auf verschiedenen Niveaus angetroffen wurden mit begrenzten Wasserzutritten. Deren Strömungsrichtung schwankt in ähnlicher Manier wie ein verzweigtes Flusssystem. In der geologischen Karte [11] ist ein alter, verlassener Flusslauf im Nahbereich des Projektgebietes angegeben. Diese Paläoflussläufe stellen präferenzielle unterirdische Wasserwegigkeiten dar und können

Wasserzutritte auf einer höheren Kote bezüglich des Grundwasserspiegels bewirken. Im Projektgebiet wurden Grabungsarbeiten bis in vergleichbare Tiefen im Rahmen der Bodensanierung (vgl. [19], [21], [22]) durchgeführt wobei keine Wasserzutritte festgestellt wurden.

## 5.5 Bestehende Wassernutzungen und Schutzzonen

Aus dem Talbodenaquifer im Bozner Talkessel wird Trinkwasser mit mehreren Tiefbrunnen gefördert. Es sind die entsprechenden Schutzzonen (Zone I, II und III) ausgewiesen.

Im unmittelbaren Nahbereich des Projektareals sind keine Quellen oder Tiefbrunnen vorhanden, bzw. keine Schutzzonen der Klasse I und II, allerdings fällt das gesamte Untersuchungsgebiet, wie auch nahezu das gesamte Stadtgebiet von Bozen, in die Schutzzone III [4]. Dies bewirkt, dass sofern die maximale Aushubtiefe zur Realisierung der Baugrube weniger als 1 m über dem höchsten Grundwasserstand laut Karte des Höchststandes des Bozner Grundwassers im Juli 1997 liegt, ein Gutachten des Amtes für Gewässernutzung notwendig ist.

Im vorliegenden Fall zeigt die Karte einen max. GW-Spiegel zwischen 240,25 und 240,5 m Mh. (vgl. folgende Abbildung), jedoch wird laut Angaben des Amtes für Gewässernutzung (A. Giuliani, E-mail vom 14.05.2010) für den Stadtbereich des Projektareals in der gängigen Praxis eine generelle Aushubgrenze bei 239,0 m Mh. festgelegt.

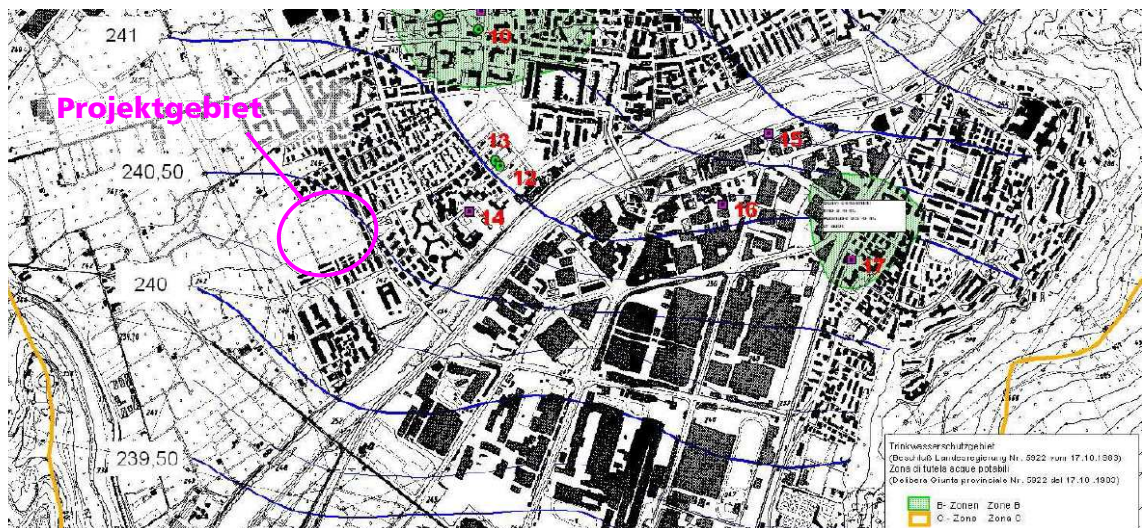


Abb. 7: Auszug aus der Karte des Höchststandes des Bozner Grundwassers im Juli 1997 mit hervorgehobenem Projektgebiet

Das geplante Bauvorhaben fällt in den Rahmen von anderen, bereits realisierten Bauwerken in diesem städtischen Gebiet. Daneben wurden im Rahmen der Bodensanierung Grabungsarbeiten bis auf Gründungsniveau durchgeführt und anschließend wieder verfüllt (vgl. [19], [21], [22]).

Es sind keine weiteren Wassernutzungen bekannt.

## 6 GEOLOGISCHES MODELL

### 6.1 Bodenarten

Der Untergrund im Projektgebiet besteht aus künstlichen Aufschüttungen bis zu 3,5-4 m Mächtigkeit (kiesig-sandiges Aushubmaterial aus den Baugruben der bereits errichteten Wohngebäude, untergeordnet Recyclingmaterial (in den obersten 1-1,5 m), im Randbereich des Militärareals auch Reste von Bauschutt), die auf alluvialen Bildungen der natürlichen Untergrundes lagern.

Der natürliche Untergrund besteht im Projektgebiet aus alluvialen Ablagerungen wie fluviatilen Sedimenten von sandig-schluffiger Zusammensetzung, die auf fluviatilen Sedimenten von vorwiegend grobkörniger Zusammensetzung lagern bzw. in diese eingeschaltet sind. In der Folge werden diese Einheiten als alluviale Ablagerungen, feinkörnig sowie alluviale Ablagerungen, gemischt-grobkörnig bezeichnet.

Die Verteilung der verschiedenen Bodenarten (geologisches Modell) ist in den graphischen Anlagen (geologischer Lageplan, geologische Schnitte) dargestellt.

#### A - KÜNSTLICHE AUFSCHÜTTUNG

Wie aus der Dokumentation zu den durchgeführten Bodensanierungen der Jahre 2011-2013 ([21], [22]) hervorgeht, wurden im Projektbereich erhebliche Mengen an Aufschüttungsmaterial mit Baurestmassen, Betonresten, Schlacken, verschiedenen Abfällen, darunter auch Asbest, entsorgt. Diese älteren Aufschüttungen - die im nördlichen und westlichen Randbereich des Projektareals (anliegend bzw. unterhalb der Grenzmauern) noch vorhanden sind - wurden im Rahmen der Bodensanierung mit Aushubmaterial aus natürlichem Untergrund aus den Baugruben der beiden bereits errichteten Wohngebäude ausgetauscht. Es handelt sich hierbei um kiesig-sandige, gut abgestufte Bildungen. Untergeordnet und insbesondere innerhalb der obersten ca. 1-1,5 m sowie für die Hinterfüllungen im Bereich der beiden fertig gestellten Wohngebäude wurde auch Recyclingmaterial verwendet (natürlich vorkommende Böden vermischt mit aufbereitetem - gesiebttem Abbruchmaterial).

Was die älteren, noch nicht sanierten Aufschüttungen in den Randbereichen des Projektgebietes betrifft, sei festgehalten, dass gemäß der erhaltenen Kenntnisse im Zuge der Sanierung ([21], [22]) Bereiche mit Verdacht auf Asbest oder Abfällen generell angrenzend zu sanierten Bereichen des Militärareals gekennzeichnet wurden (s. geol. Lageplan im Anhang). Bei Aushüben im Randbereich des Projektgebietes (Grenzmauern) muss entsprechend mit der gegebenen Vorsicht und Sorgfalt vorgegangen werden. In den Grenzbereichen muss generell zwischen Aufschüttungen aus der Sanierungsphase Richtung Mitte Militärareal und mit bestätigter Abwesenheit von gefährlichen Stoffen, sowie im Gegensatz dazu außerhalb der sanierten Bereiche bzw. auch außerhalb des Militärareals mit

Aufschüttungen, die nicht näher untersucht worden sind und in welchen ein Auftreten von Bauschutt, Asbest, Schlacken oder versch. Abfällen nicht im Vorfeld ausgeschlossen werden kann. In den beigelegten Schnitten sind die Aufschüttungen des kontrollierten Einbaus im Zuge der Sanierung graphisch eigens dargestellt.

Die Lagerungsdichte der aufgeschütteten Bereiche wird als mittel-gering eingestuft, die hydraulische Durchlässigkeit kann erheblich schwanken von hoch bis gering.

#### B - ALLUVIALE ABLAGERUNGEN, FEINKÖRNIG

Diese Sedimente weisen eine recht feinkörnige Zusammensetzung auf (Mittel-Feinsand, schwach schluffig mit seltenen Kieselementen), eine braun-beige Farbe und eine feine und ausgeprägte Schichtung, sowohl horizontal, als auch oftmals kreuzgeschichtet. Anhand der durchgeführten Erkundungen sind innerhalb des Projektareals keine sehr feinen Bildungen (Schluffe und Tone) von relevanter Schichtstärke und Ausdehnung zu erwarten. Die Lagerungsdichte variiert von locker bis mitteldicht, die hydraulische Durchlässigkeit wird mit mittel-gering angegeben.

#### C - ALLUVIALE ABLAGERUNGEN, MITTEL-GROBKÖRNIG

Diese Sedimente zeigen eine gemischt- bis grobkörnige Zusammensetzung (Kies, sandigsteinig) und eine ausgeprägte, verschieden mächtige Schichtung. Die polymikten Klasten sind gut gerundet und imbriert, gut eingebettet in eine Matrix aus Mittel-Grobsand von grauer Farbe. Es sind auch sandigere Abschnitte (Mittel-Grobsand, seltener feiner) vorhanden, die sowohl in die Kieslagen zwischengeschaltet auftreten, als auch in Meter großen, rein sandigen Körpern mit lateral abruptem Übergang vorkommen. In den grobkörnigen Bereichen treten einzelne Komponenten bis zu einigen dm Durchmesser auf, es wurden keine größeren Blöcke im Meterbereich angetroffen. Anhand der durchgeführten Erkundungen sind im Projektareal innerhalb dieser Einheit keine feinkörnigen Bildungen (Schluffe und Tone) von relevanter Schichtstärke und Ausdehnung zu erwarten. Die Lagerungsdichte ist zumindest mitteldicht bis zu dicht, die hydraulische Durchlässigkeit wird auf mittel-hoch geschätzt.

## **6.2 Geotechnische Charakterisierung der Bodenarten**

Auf Grundlage der geologischen Erhebungen werden folgende für das Vorhaben relevante Bodenarten unterschieden:

- A KÜNSTLICHE AUFSCHÜTTUNG
- B ALLUVIALE ABLAGERUNGEN, FEINKÖRNIG
- C ALLUVIALE ABLAGERUNGEN, MITTEL-GROBKÖRNIG

Die Verteilung der Bodenarten ist in den beiliegenden Plänen graphisch dargestellt. Für die Einheit A wurden die bei der Sanierung kontrolliert eingebauten Aufschüttungen eigens ausgehalten.

Die charakteristischen geotechnischen Bodenkennwerte werden auf Grundlage der Erkundungen am Projektstandort sowie aus Erfahrungswerten von benachbarten Bauvorhaben sowie aus Angaben in der Literatur bestimmt. Grundsätzlich sind diese Angaben im Zuge der Ausführung kritisch zu überprüfen.

#### A KÜNSTLICHE AUFSCHÜTTUNG

Diese Einheit kommt an der Oberfläche der gesamten Projektfläche mit einer Mächtigkeit von bis 3,5-4 m vor. Es handelt sich um kiesig-sandige, gut abgestufte Böden mit Eigenschaften gemäß der Bodeneinheit C. Untergeordnet (in den obersten ca. 1-1,5 m) wurde auch Recyclingmaterial (vorwiegend sandige Böden vermischt mit aufbereiteten und gesiebten Abbruchresten). In den nördlichen und westlichen Randbereichen des Projektareals sind angrenzend und unterhalb der Grenzmauern noch ältere künstliche Aufschüttungen vorhanden, die nicht untersucht und saniert wurden (mögliche Anteile an Bauschutt oder Verunreinigungen). Das Material besitzt variable und tendenziell schlechtere geotechnische Eigenschaften in Vergleich zu den natürlich gewachsenen Böden. Die Aufschüttungen im Rahmen der Bodensanierungen wurden mit natürlichem Aushubmaterial (sandige Kiese) aus den Baugruben der nahegelegenen Wohngebäude bewerkstelligt und weisen generell günstige geotechnische Eigenschaften auf. Diese Bereiche sind nach einer fachgerechten Verdichtung als geeignet für eine Aufstandsfläche der Gründungen einzustufen. Es wird empfohlen, die geotechnischen Eigenschaften im Zuge der Ausführung zu überprüfen und die Eignung zu verifizieren.

Die Aufschüttungen sind generell nicht geeignet als Untergrund für Fundamente. Im Bedarfsfalle sind die geotechnischen Eigenschaften in situ im Zuge der Bauausführung

Böschungsneigungen in diesem Material sind vor Ort festzulegen und werden für Mächtigkeiten von bis zu 5 m mit etwa 40-45° angegeben.

#### B ALLUVIALE ABLAGERUNGEN, FEINKÖRNIG

Zusammensetzung: feinsandige Ablagerungen, geringe Schlufffraktion, vereinzelt kiesige Einschlüsse, feine Schichtung von horizontal bis kreuzgeschichtet, mittlere Lagerungsdichte im natürlichen Zustand, rolliger Boden mit leicht bindigen Abschnitten. Diese Einheit kommt bis in ca. 2,2 m unter GOK vor, häufig fehlt sie oder wurde durch Aufschüttungsmaterial ausgetauscht.

Im Sinne von [3] sind die angegebenen Kennwerte als nominelle Parameter angegeben.

Feinsandige Ablagerungen, mehr oder weniger schluffig mit seltenen Kieseinschlüssen, geschichtet, mitteldicht gelagert

$$\gamma' = 18-19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 32-34^\circ$$

$$c' = 0-2 \text{ kN/m}^2 \text{ (scheinbare Kohäsion durch Verhackung und Lagerungsdichte)}$$

$$E_s = 30-60 \text{ MN/m}^2$$

Die angegebenen Werte sind im Zuge der weiteren Untersuchung bzw. bei der Bauausführung aufgrund der tatsächlich angetroffenen Verhältnisse zu überprüfen, gegebenenfalls müssen die Werte korrigiert und entsprechend auch die darauf basierenden Berechnungen angepasst werden.

Die Wasserdurchlässigkeit wird in der Größenordnung von  $1 \times 10^{-4}$  m/s bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s) geschätzt.

#### C ALLUVIALE ABLAGERUNGEN, MITTEL-GROBKÖRNIG

Zusammensetzung: kiesig-sandige Ablagerungen, fehlende Feinkornfraktion, vereinzelt Steine bis  $D = \text{ca. } 0,5 \text{ m}$ , horizontale Schichtung, hohe bis sehr hohe Lagerungsdichte im natürlichen Zustand, rolliger Boden.

Die SPT-Versuche im Bohrloch ergaben  $N_{\text{SPT}}$ -Werte von min. 32 und vorwiegend über 50, bzw. R. Daraus ergibt sich eine zumindest dichte Lagerung der auftretenden Lockergesteine. In den Laborversuchen wurde die folgende Korngrößenverteilung ermittelt: Kies in reichlich grobsandiger Matrix, örtlich eine rein sandige Zusammensetzung aus Mittel-Grobsand, die Feinfraktion fehlt zumeist.

Im Sinne von [3] sind die angegebenen Kennwerte als nominelle Parameter angegeben.

Kies mit Steinen und Sand, gerundete Komponenten, geschichtet, zumindest dicht gelagert

$$\gamma' = 19-21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 35-37^\circ$$

$$c' = 0-1 \text{ kN/m}^2 \text{ (coesione apparente per imbricazione e densità in sito)}$$

$$E_s = 40-80 \text{ MN/m}^2$$

Die angegebenen Werte sind im Zuge der weiteren Untersuchung bzw. bei der Bauausführung aufgrund der tatsächlich angetroffenen Verhältnisse zu überprüfen, gegebenenfalls müssen die Werte korrigiert und entsprechend auch die darauf basierenden Berechnungen angepasst werden. Insbesondere der Steifigkeitsmodul muss mit geeigneten Versuchen (z.B. Lastplattenversuche) überprüft werden.

Die Wasserdurchlässigkeit wird in der Größenordnung von  $1 \times 10^{-2}$  m/s bis  $1 \times 10^{-3}$  m/s) geschätzt.

## **7 BAUGEOLOGISCHE EMPFEHLUNGEN**

### **7.1 Allgemeines**

Der Aushub betrifft vorwiegend - sowohl in Bezug auf die Tiefe, als auch die flächige Erstreckung - einen jüngst ausgehobenen (Bodensanierung) und wieder verfüllten Bereich. Entsprechend betrifft der Aushub ausschließlich Lockergestein, vorwiegend bestehend aus 3,5-4 m kiesig-sandigen Aufschüttungen. Die Baugrube liegt über dem aktuellen Grundwasserspiegel und im Nahbereich des historisch maximal verzeichneten Standes. Im Rahmen der Aushübe für die Bodensanierung bis in vergleichbare Tiefen wurden keine Wasserzutritte festgestellt.

Bei der Ausführung ist die geologische Prognose laufend zu überprüfen. Bei eventuell festgestellten Abweichungen sind Anpassungen / Änderungen der geplanten Stützmaßnahmen in Abstimmung zwischen dem Geologen und dem Planer bzw. Bauleiter vorzusehen.

### **7.2 Aushub**

Das Projekt sieht einen Aushub mit Geländeeinschnitten von bis zu ca. 3,5-4,5 m vor. Diese Einschnitte befinden sich in der Regel in ausreichend großer Entfernung zu bestehenden angrenzenden Strukturen (Wohngebäude, Stützmauern etc.), mit Ausnahme der nördlichen Grenzmauer, wo auf einer Länge von rund 27 m das Gebäude bis auf ca. 3,5 m an die Grenzmauer heranreicht. Es wird darauf hingewiesen, dass in diesem Grenzbereich die Bodensanierungen nicht bündig bis an die Grenzmauer durchgeführt wurden und diese Bereiche sowie die Bereiche jenseits der Grenzmauer noch Baurestmassen und auch Verunreinigungen aufweisen können (vgl. geol. Lageplan und Schnitte im Anhang).

Aus umwelttechnischen Gründen wird deshalb empfohlen, auf Grabungen im unmittelbaren Nahbereich der Grenzmauer zu verzichten und eventuell einen Verbau vorzusehen, um Instabilitäten im Bereich der Grenzmauer zu vermeiden und in der Folge auf nicht sanierte Bodenbereiche eingreifen zu müssen. Insbesondere im NE-Abschnitt dieses Bereiches wurden in der Bodensanierung in der Nähe der Grenzmauer asbesthaltige Aufschüttungen angetroffen, weshalb auch in der angrenzenden, nicht sanierten Zone ein Verdacht auf Asbest besteht.

Der zulässige Neigungswinkel für temporäre Böschungen bis zu 5 m Höhe und ohne zusätzliche Lasten am oberen Böschungsrand wird mit 40-45° angegeben und soll vor Ort überprüft werden.

### 7.3 Gründungen

Die Gründungsebene liegt an bzw. leicht über der Grenze von natürlichen Untergrund zu den Aufschüttungen, die im Rahmen der Bodensanierung eingebaut wurden. In diesem Bereich wurden Aufschüttungen mit günstigen geotechnischen Eigenschaften in Hinblick auf das 3. Wohngebäude verwendet.

Die Gründungsebene muss auf jeden Fall aus geologischer Sicht begutachtet und die geotechnischen Eigenschaften versuchstechnisch überprüft werden. Es wird eine weitere Verdichtung der Aufschüttungen notwendig sein, im Falle von feinkörnigen Böden mit unzulänglichen Verformungseigenschaften ist ein Bodenaustausch mit geeignetem und verdichtetem Material vorzusehen

Es ist darauf zu achten, dass lokale Bereiche mit feinkörnigerer Zusammensetzung nicht aufgeweicht werden und dass es zu keiner Auswaschung durch unterirdischen Wasserfluss kommt. Die Fundament-Aufstandsflächen sollen bei Ungleichheit hinsichtlich Zusammensetzung und Lagerungsdichte homogenisiert werden. Die Fundamentebene soll vor Einbau der Sauberkeitsschicht maschinell verdichtet werden.

Die auf Fundamentebene oder unterhalb der dort vorhandenen Aufschüttungen anstehenden Lockergesteine werden im naturnahen Zustand als gut tragfähig eingeschätzt. Die lithostatische Vorbelastung auf Fundamentebene entspricht unter den aktuellen Bedingungen rund  $4 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 = 72 \text{ kN/m}^2$ . Angesichts der geotechnischen Eigenschaften der anstehenden Lockergesteine mit  $E_s \geq 40 \text{ MN/m}^2$  sind aufgrund der Bauwerkslasten in der Größenordnung von  $200 \text{ kN/m}^2$  keine signifikanten Setzungen zu erwarten.

Die Gründungen sind im Detail aufgrund der effektiv angetroffenen Bodenverhältnisse und der geotechnischen Eigenschaften zu überprüfen.

## 7.4 Wasser

Der Grundwasserstand kann im Falle von außerordentlichen Hochständen bis auf das Niveau der Fundamentebene ansteigen. Es wird deshalb die Errichtung von begehbaren Inspektions-/Sicker-/Pumpschächten an den Außenseiten des Gebäudes (ca. 4 Stück pro Gebäude) empfohlen.

Entlang von Schichten und Linsen mit einer gering durchlässigen Basisfläche können witterungsabhängig kleinere Grundwasserzutritte in die Baugrube gelangen. Eventuelle größere Wasserzutritte – sofern natürlichen Ursprungs und nicht zu unterdrücken – sind an der Baugrubenböschung, nach Möglichkeit am Austrittsort zu fassen und schadlos abzuleiten. Generell sollte in den grobkörnigen Sedimenten eine gute Versickerungsleistung gewährleistet sein, andernfalls muss eine Wasserhaltung vorgesehen werden. Bei den Bodensanierungen bis in vergleichbare Tiefe wurden keine Wasserzutritte festgestellt.

Sofern eine Regenwasserversickerung vorgesehen wird, sind die entsprechenden Versickerungsbauwerke (Schächte, Gräben) einzuplanen. Empfohlen wird in einem auszumachenden Bereich auf der Talseite (Strömungsrichtung des Grundwassers) eine Serie von Sicker-schächten, die mit Rohren verbunden sind und ausreichend tief unter die Bebauung reichen. Die genaue Bemessung wird anhand von Versickerungsversuchen in situ empfohlen.

\* \* \*

Brixen im Dezember 2015

## 8 FOTODOKUMENTATION



Foto 1: Übersicht des Projektgebietes in Richtung SW, links erkennt man eines der ersten Beiden Wohngebäude in der Bauphase

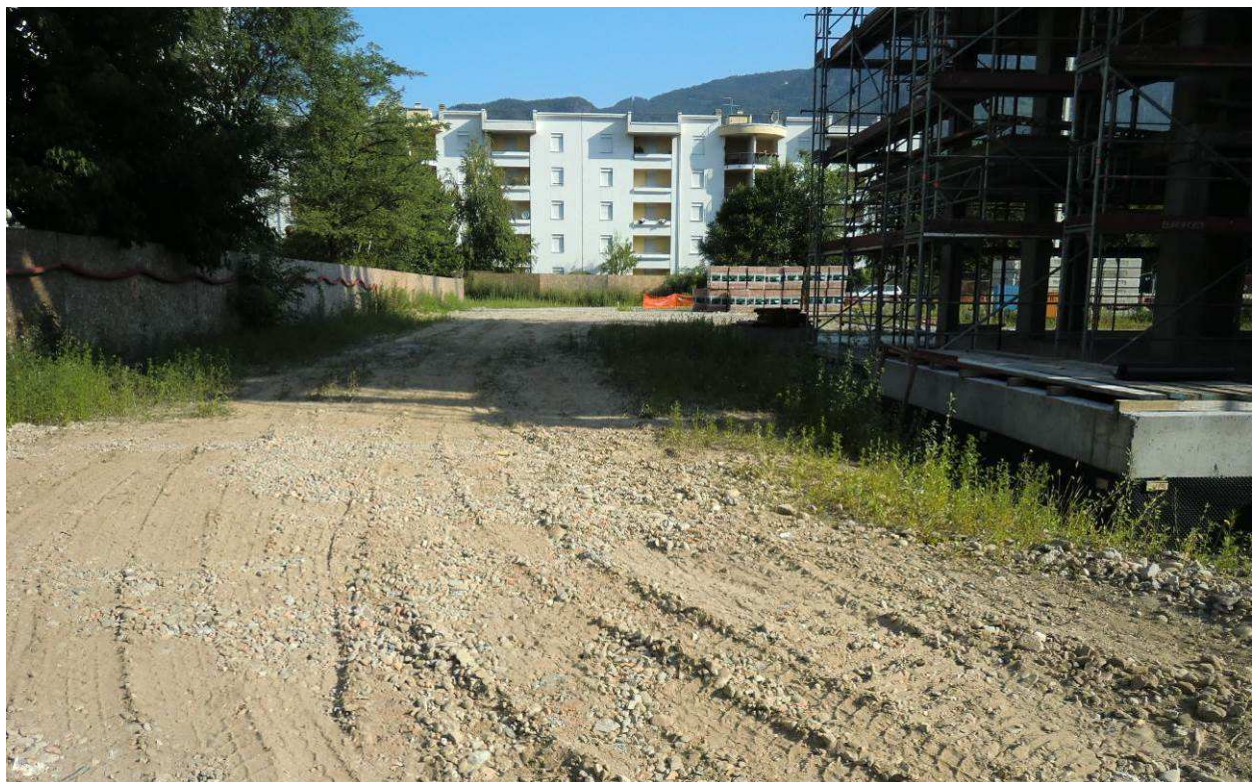


Foto 2: Übersicht des Projektgebietes in Richtung NW, rechts erkennt man eines der ersten Beiden Wohngebäude in der Bauphase



Foto 3: Aushub im Rahmen der Bodensanierung im Projektgebiet im April 2012, Blick Richtung W, im Vordergrund erkennt man die extrahierten Baurestmassen, rechts davon den natürlichen Kiesuntergrund



Foto 4: Aushubsole der Bodensanierung in kiesig-sandigen Böden, Blick Richtung N



Foto 5: Aushub im Rahmen der Bodensanierung im Projektgebiet im April 2012, Blick Richtung NW, mit einem Detail der Aushubböschung auf der Nordseite, wo man deutlich die Erstreckung der nicht sanierten Aufschüttungen über dem natürlichen Untergrund erkennt (Grenze= weiße strichlierte Linie)



Foto 6: Wiederverfüllung mit kiesig-sandigem Material im Rahmen der Bodensanierung im Projektgebiet im Juni 2012, Blick Richtung W

## 9 PREMESSA

Nell'area militare in via Resia a Bolzano è prevista da parte dell'Ufficio Edilizia ovest della Provincia Autonoma di Bolzano la realizzazione di una terza palazzina di residenze militari - ad integrare le due palazzine già eseguite sul sito.

Lo studio d'ingegneria EUT srl di Bressanone è stato incaricato con la relazione geologica in merito.

## 10 DATI DI BASE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 10.1 Quadro normativo

- [1] DM 11.03.1988, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" con Circolare LL.PP. 24/9/1988 n. 30483;
- [2] Delibera della G.P. n. 4047 del 06.11.2006 sulle "disposizioni per le opere edili antisismiche";
- [3] MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Decreto 14 gennaio 2008, (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - S. O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- [4] Deliberazione della Giunta Provinciale del 17.10.1983, n.5922: "Tutela della falda acquifera di Bolzano";

### 10.2 Dati di base

- [5] Carta tecnica della Prov. Auton. di Bolzano, Rip. Urbanistica, dicembre 2015;
- [6] DGM Laserscan (2,5x2,5m), Rip. Urbanistica, Prov. Auton. di Bolzano, dicembre 2015;
- [7] Ortofoto 2006, Rip. Urbanistica, Prov. Auton. di Bolzano, dicembre 2015;
- [8] Ortofoto Bolzano 1:1000, Rip. Urbanistica, Prov. Auton. di Bolzano, dicembre 2015;
- [9] Cartografia provinciale digitale con strade, piano catastale ecc., Rip. Urbanistica, Prov. Auton. di Bolzano, dicembre 2015;

- [10] „Carta Geologica d'Italia“, foglio 027, „Bolzano“, Sc. 1:50.000, Servizio Geologico d'Italia, 1972; foglio 026, „Appiano“, Sc. 1:50.000, Servizio Geologico d'Italia, 2007;
- [11] Carta geologica Foglio 26 Appiano – Sezione SE, Sc. 1:25.000, Ufficio Geologia e prove sui materiali, Prov. Auton. di Bolzano, 2007;
- [12] Rete di pozzi profondi e registrazione dei livelli di falda nel comune di Bolzano, Ufficio idrografico, Prov. Auton. di Bolzano, ric. per e-mail, aprile 2014;
- [13] “Relazione sullo stato della falda freatica nella conca di Bolzano”, Ufficio gestione risorse idriche, Prov. Auton. di Bolzano, settembre 1999;

### 10.3 Documentazione specifica

- [14] Estratti dalla documentazione progettuale sul progetto esecutivo “Costruzione di residenze militari in via Resia a Bolzano - 3° palazzina”, Dr. Arch. K. Kerschbaumer & H. Pichler, febbraio 2015, ric. in forma digitale in dicembre 2015;
- [15] Rilievo topografico dell'area, Geom. E. Leccacorvi, settembre 2009, ric. per e-mail in data 24.09.2009;
- [16] Sondaggi geognostici, Landservice scrl, febbraio-marzo 2010;
- [17] Risultati delle analisi geotecniche, Geolabor sas, marzo 2010;
- [18] Relazione Geologica sulla “Costruzione di alloggi militari in via Resia a Bolzano”, EUT Srl, Dr. A. Psenner, maggio 2010;
- [19] “Costruzione di alloggi militari in via Resia a Bolzano - Progetto esecutivo Bonifica ambientale e movimenti terra”, EUT Srl, luglio/ottobre 2010;
- [20] “Costruzione di alloggi militari in via Resia a Bolzano - Progetto esecutivo Smaltimento materiale contenente amianto e bonifica ambientale celle E1+E2”, EUT Srl, ottobre 2010;
- [21] Documentazione stato finale dei lavori di Bonifica ambientale e movimenti terra per la “Costruzione di alloggi militari in via Resia a Bolzano”, EUT Srl, aprile 2013;
- [22] Relazione finale “Costruzione di alloggi militari in via Resia a Bolzano - Bonifica ambientale e movimenti terra”, EUT Srl, settembre 2013;
- [23] Bibliografia specifica su geologia, geotecnica ed idrogeologia nonché cartografia tematica.

Lo stato di conoscenza della presente relazione si basa inoltre su rilievi generali come informazioni ed esperienze da progetti realizzati nelle vicinanze dell'area di progetto attuale.

## 11 DESCRIZIONE DEL SITO E DEL PROGETTO

L'area di progetto si trova nella parte meridionale della conca di Bolzano, ad ovest di via Resia, a ca. 400 m di distanza dal fiume Isarco e ad una quota di ca. 245 m slm.

L'area militare presenta una forma rettangolare e confina su tutti i lati con altre aree costruite. Negli anni 2011-2013 il sito è stato bonificato dal punto di vista ambientale rimuovendo un consistente ed irregolare strato superficiale di riporti contenenti materiali di demolizione e rifiuti di vario tipo (cfr. [19], [21], [22]).

Nell'ambito della bonifica spinta fino al raggiungimento del sottosuolo naturale sono stati realizzati anche gli scavi di fondazione delle due palazzine ormai realizzate nei quadranti SW e SE dell'area militare. Il presente progetto prevede la realizzazione di una terza palazzina nel quadrante NW (v. planimetrie in allegato) ed inoltre una sistemazione esterna con un parco ed accesso stradale nel quadrante NE (non oggetto del presente studio).

La bonifica ambientale nel quadrante NW ha comportato lo scavo e la rimozione di materiale fino a ca. 3,5-4 m sotto p.c. attuale ed il rinterro con materiale di scavo naturale dagli scavi di fondazione delle prime due palazzine ed in maniera subordinata con materiale riciclato. Per lo scavo di fondazione della terza palazzina si necessitano intagli fino a ca. 5 m al di sotto del piano campagna attuale e che interessano maggiormente materiali riportati in occasione della bonifica ambientale (cfr. sezioni in allegato). Verso i bordi (muri di confine) ci si è avvicinati con la bonifica ambientale il più possibile a scarpata libera e senza compromettere la stabilità dei muri di confine. Qui e nelle aree adiacenti all'esterno dell'area militare non è avvenuta la bonifica/sostituzione dei materiali di riporto superficiali.

L'accesso all'area di progetto avviene da est attraverso la via Resia e stradine interne.

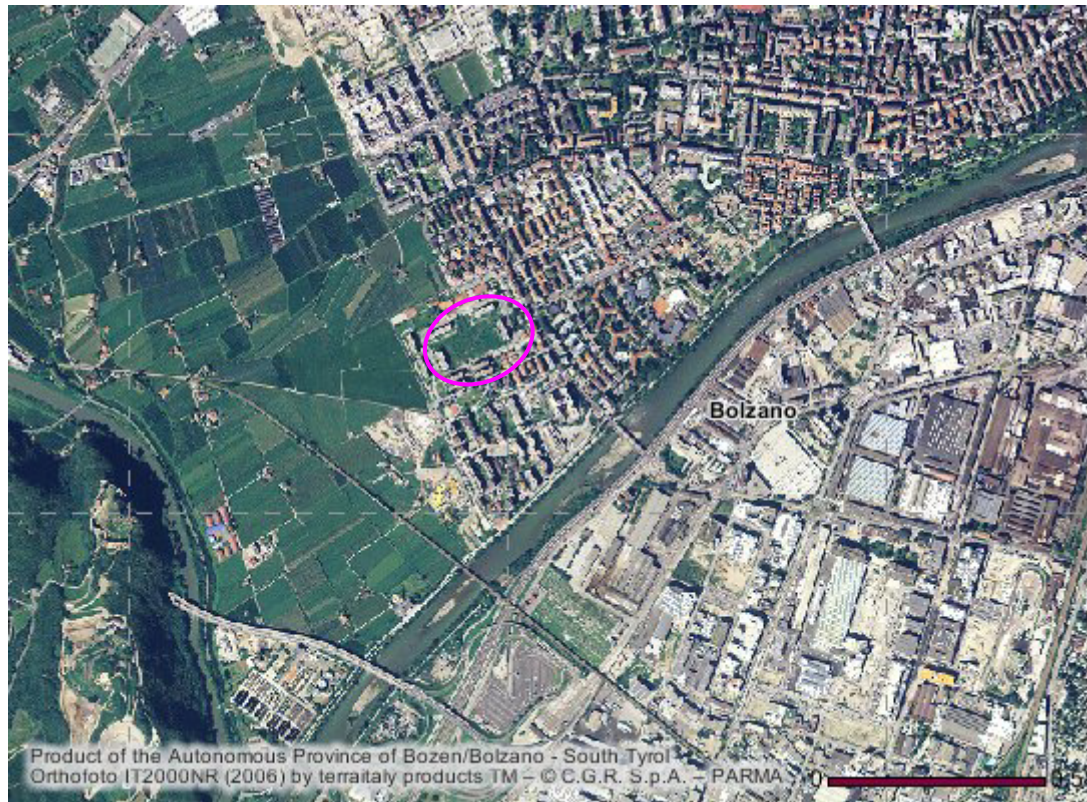


Fig. 1: Area di studio (magenta) sull'ortofoto della Prov. Auton. di Bolzano



Fig. 2: Dettaglio dell'area di studio sull'ortofoto [8]

## 12 INDAGINI ESEGUITE

Per la realizzazione delle prime due palazzine è stata eseguita una serie di indagini di varia natura ed in più fasi per potere caratterizzare il sottosuolo presente nell'area di progetto dai punti di vista geologico e geo-ambientale (cfr. [18]), con numerose indagini finalizzate a delimitare e caratterizzare lo strato superficiale di riporti contenenti materiali di demolizione e rifiuti di vario tipo (scorie, amianto ecc., cfr. [19], [20]), quali un'indagine con georadar, scavi d'ispezione, analisi ambientali di laboratorio ecc.

Tuttavia sono state eseguite anche indagini di natura prettamente geologico-idrogeologica quali sondaggi geognostici ed analisi geotecniche di laboratorio.

### 12.1 Sondaggi geognostici

Nel febbraio-marzo 2010 sono stati eseguiti 3 sondaggi a carotaggio continuo sull'area di progetto, la loro posizione si evince dalla planimetria indagine allegata.

Essi hanno riscontrato qualche metro di materiale di demolizione (nel frattempo rimosso, cfr. bonifica [19], [21], [22]) seguito da ghiaie sabbiose che sono state riscontrate fino alla profondità finale di 12-13 m da piano campagna. Le singole stratigrafie sono allegate alla presente relazione.

I fori di sondaggio sono stati attrezzati con tubi piezometrici di 3" di diametro.

Nei sondaggi geognostici sono state effettuate delle prove SPT. I risultati in merito sono riassunti di seguito e confermano la densità in sito generalmente medio-alta dei terreni naturali:

Sondaggio	Prof. di prova [m] sotto p.c.	N <sub>SPT</sub>	Terreno prevalente
S1/10	4,5	51	sabbia passante a ghiaia
S1/10	6	rifiuto	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S1/10	9	63	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S1/10	12	rifiuto	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S2/10	4,5	rifiuto	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S2/10	6	rifiuto	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S2/10	9	32	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S2/10	11,7	39	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S3/10	4,5	rifiuto	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S3/10	6	rifiuto	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S3/10	9	rifiuto	ghiaia sabbiosa e ciottolosa
S3/10	12	42	ghiaia sabbiosa e ciottolosa

Tab. 1: range dei valori SPT nei sondaggi geognostici nell'area di progetto

## 12.2 Analisi geotecniche di laboratorio

Su alcuni campioni prelevati da scavi (cfr. planimetria delle indagini allegata) sono state eseguite analisi granulometriche con i seguenti risultati:

scavo campione		profondità [m] dal p.c	distribuzione granulometrica			classificazione, terreno prevalente
			% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla	
T2	B	1,3-1,5	55,7	44,0	0,2	ghiaia con sabbia
T6	A	1,8-2,0	3,9	95,7	0,4	sabbia
T11	B	1,8-2,0	2,0	97,4	0,6	sabbia
T18	A	1,2-1,4	64,1	35,9	-	ghiaia con sabbia

Tabella 2: Distribuzione granulometrica dei campioni analizzati

## 13 SITUAZIONE GEOLOGICA

### 13.1 Generalità

L'area di progetto si trova nell'unità tettonica del Sudalpino, che a nord è a contatto con l'Austroalpino attraverso il Lineamento Periadriatico mentre verso sud si abbassa al di sotto del potente riempimento della Pianura Padana.

Il sottofondo roccioso dell'area di studio è costituito da rocce del porfido quarzifero di Bolzano (Gruppo Vulcanico Atesino), le quali ricoprono il basamento sudalpino su un'area di ca. 4000 km<sup>2</sup>. La piattaforma porfirica rappresenta un corpo roccioso rigido con una conseguente deformazione fragile.

Il fondovalle è caratterizzato da potenti alluvioni recenti di centinaia di metri di spessore che ricoprono la roccia sottostante. Questa formazione di terreni sciolti domina la conca di Bolzano.

Le alluvioni recenti sono composte da ghiaie arrotondate o subarrotondate con ciottoli e sabbia. Generalmente la frazione fine è piuttosto limitata. Localmente si devono però tenere in considerazione degli orizzonti a grana fine che si sono formati per riempimento di vecchi rami fluviali o tratti laterali o depressioni locali, presenti probabilmente a vari livelli. I componenti delle alluvioni con diametro fino ad alcuni dm sono di natura poligenica, dove spiccano clasti di porfido, fillade, carbonati, granito e gneiss.

Nei tratti urbanizzati questi terreni sono stati spesso rielaborati antropicamente (scavi, rin-terri). Nel corso degli interventi di bonifica ambientale [19], [21], [22] è stata riscontrata nell'area militare la notevole presenza di materiali di demolizione in superficie successivamente rimossi.

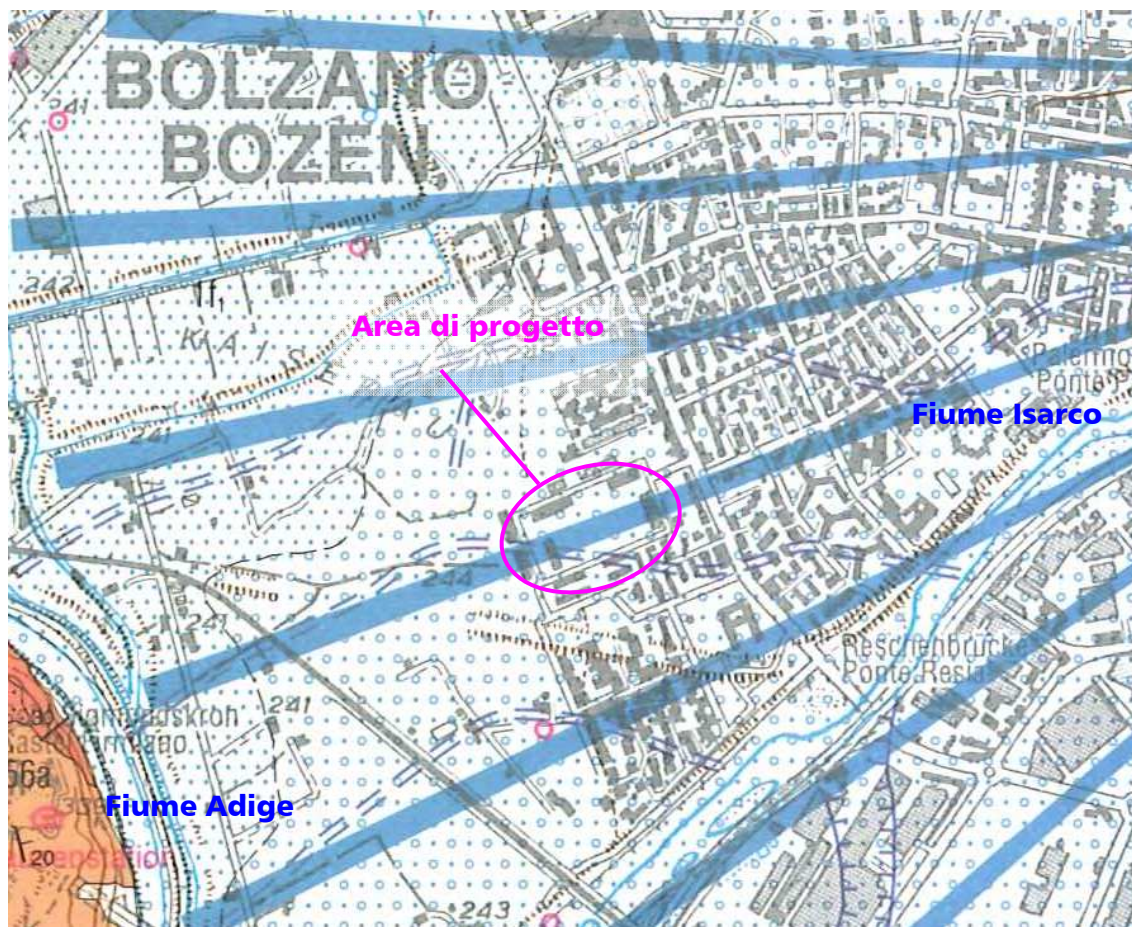


Fig. 4: Estratto dalla Carta geologica Foglio 26 Appiano – Sezione SE, scala ca. 1:15.000; Legenda: sovrassegno celeste – conoide alluvionale; tratteggiato blu – traccia di alveo fluviale abbandonato; Sintema Postglaciale Alpino (1): depositi alluvionali e fluvioglaciali: puntini celesti (f1) – sabbia, cerchietti-puntini celesti (f3) – ghiaia e sabbia; Gruppo Vulcanico Atesino: rosso (56) – Formazione di Gries, arancione (52) – Formazione di Ora.

## 13.2 Geomorfologia

L'area militare si presenta come un'area aperta, circondata da costruzioni residenziali esistenti. Essa presenta una forma rettangolare di ca. 150 x 80 m ad andamento WSW-ENE ed attualmente in parte già edificata. L'area è caratterizzata da una forte sovrimpronta antropica (scavi e riporti, tra cui anche la recente bonifica ambientale) che cela ogni andamento originario.

L'area si presenta generalmente pianeggiante, la quota del terreno si aggira sui 245 m slm.

### 13.3 Sismicità

Secondo indicazioni dell'istituto centrale per meteorologia e geodinamica di Vienna si hanno in Alto Adige degli eventi sismici con un'intensità massima di grado 7-8 sulla scala macrosismica europea del 1992 che arriva fino al grado 12. A seguito dell'attività sismica documentata il territorio provinciale è da considerarsi come sismicamente poco attivo. Dalle regioni confinanti sono improbabili delle sollecitazioni che superino il grado 5.

Secondo la normativa sismica vigente l'area di progetto ricade all'interno della zona sismica 4.

In accordo con [2] il sottosuolo interessato dal progetto, composto da "depositi di sabbie e ghiaie molto addensate con spessori di diverse decine di metri ed un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità" ( $v_{S30} = 360-800$  m/s oppure  $N_{SPT} > 50$ ), è attribuito alla "categoria di suolo di fondazione B". In merito alle condizioni topografiche viene indicata la categoria T1 „superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media di  $< 15^\circ$ ".

### 13.4 Idrogeologia

Nell'area di studio non sono presenti corsi d'acqua superficiali, il fiume Isarco (acqua pubbl. B) rappresenta il collettore principale per l'area di studio e passa circa 400 m a SE dell'area di progetto. Circa 800 m a WSW passa invece il fiume Adige (acqua pubbl. A). I campi a NW dell'area di studio sono attraversati da vari canali (acque pubbliche A.65.5.5.10; A.65.5.5.5; A.65.5.10).

Le formazioni di terreno sciolto nell'area di studio presentano una permeabilità idraulica da media ad alta. Il livello della falda viene rilevato a Bolzano mediante una rete freaticometrica. Qui di seguito è riportato uno stralcio planimetrico con i punti di misura più vicini all'area di progetto.

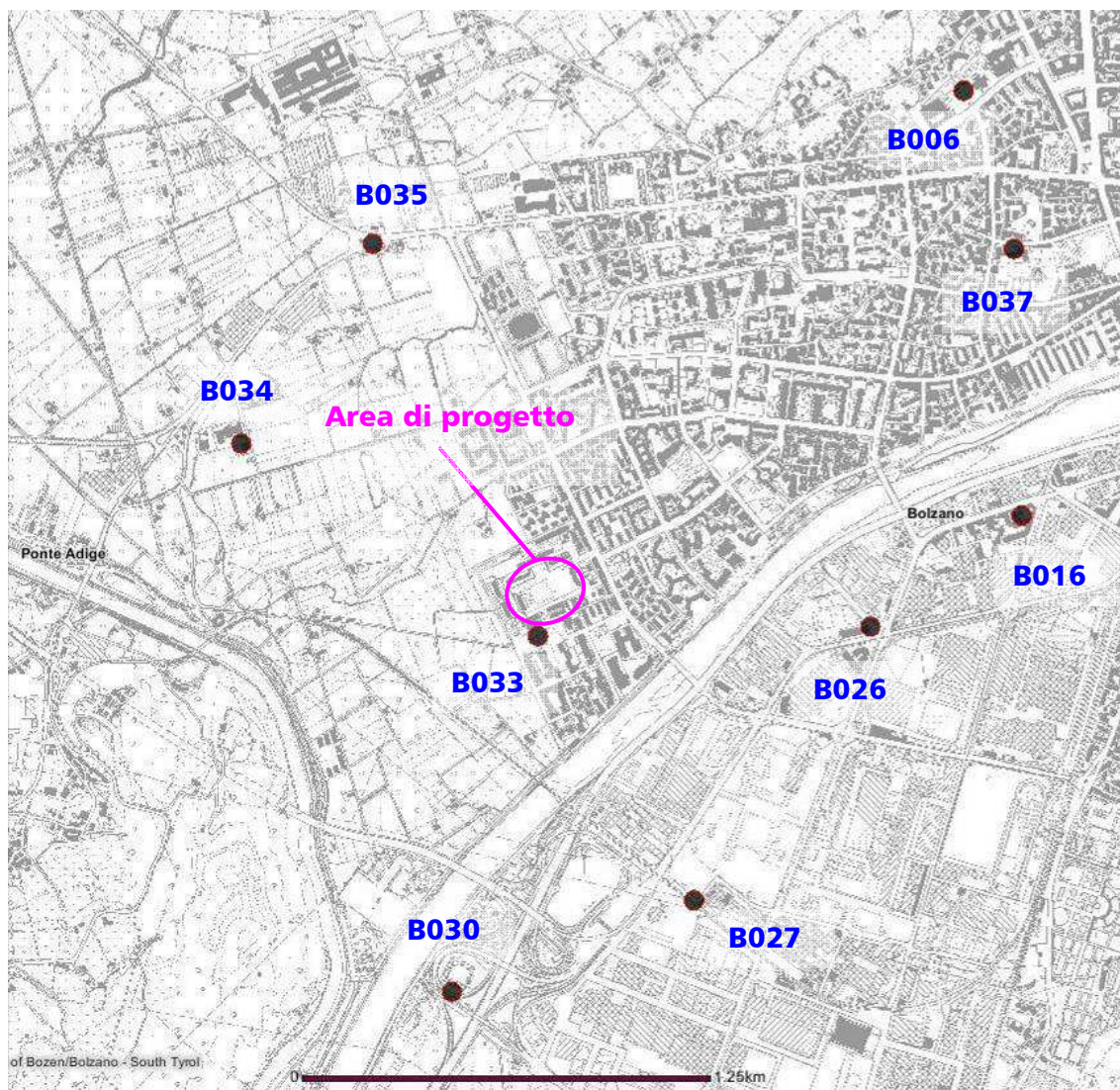


Fig. 5: Piezometri della rete freaticometrica di Bolzano in vicinanza dell'area di progetto

Come si evince dalla planimetria, vi è nelle immediate vicinanze dell'area di progetto il piezometro B033 – Casanova, in via Ortles. Questo piezometro è rilevato sporadicamente da agosto 2003 fino ad ottobre 2008 e da ottobre 2008 in continuo (dati ricevuti dall'Ufficio idrografico). Nel periodo ottobre 2008 – ottobre 2009 il livello di falda oscillava tra ca. 237-238,5 m slm. (profondità falda nel piezometro tra ca. 7,5 e 9 m con quota di riferimento 245,99 m slm).

Qui di seguito si riporta il diagramma con le misure effettuate.

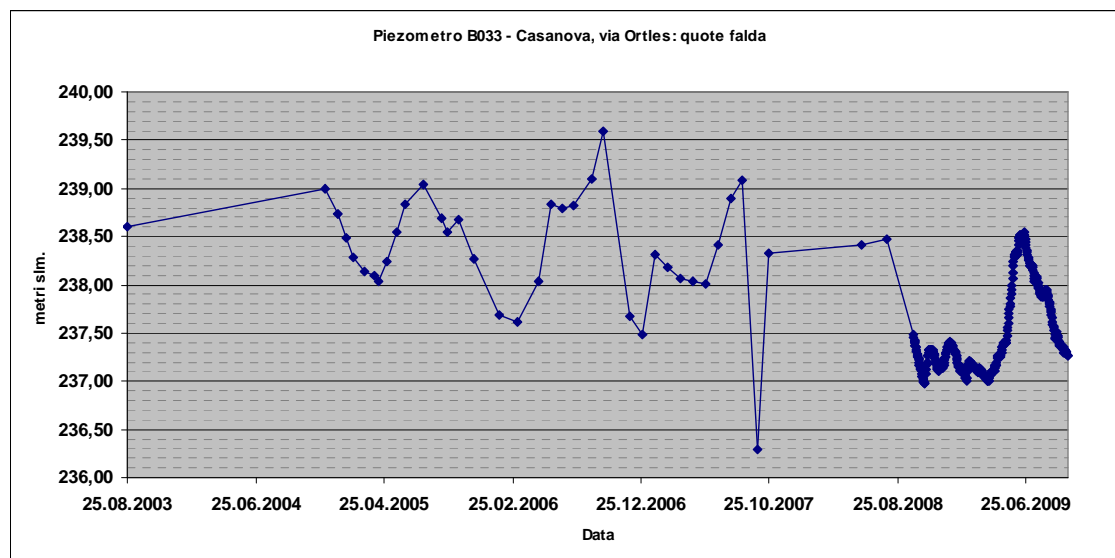


Fig. 6: Andamento del livello della falda nel piezometro B033 con un rilievo continuo a partire da ottobre 2008

Il grafico mostra che il massimo livello rilevato nel piezometro è di 239,6 m s.l.m. ovvero con una profondità della falda a ca. 6,4 m.

Nella "Carta del livello massimo della falda acquifera di Bolzano nel luglio 1997" si indica per l'area di progetto una quota tra 240,25 e 240,5 m s.l.m., con una superficie freatica poco inclinata di ca. 0,09 % in direzione SW.

I tre sondaggi eseguiti nell'area di studio sono stati attrezzati con tubi piezometrici. La loro posizione si evince dalla planimetria delle indagini allegata. Il livello di falda rilevato in data 04.03.2010 è come segue.

Piezometro	profondità falda [m] sotto p.c.	livello falda [m] s.l.m.
S1/10	8,26	236,30
S2/10	8,20	236,23
S3/10	8,45	236,23

Le misure di falda effettuate confermano la situazione di una falda poco inclinata in direzione SW.

Allo stato di conoscenza attuale gli interventi costruttivi in progetto (piano d'impostazione delle fondazioni a ca. 241 m s.l.m) raggiungono la falda solo in casi estremi, come durante il periodo di livello di falda eccezionalmente alto registrato nel 1997.

I fiumi Talvera ed Isarco presentano presso Bolzano un letto fluviale parzialmente isolato (colmatato). Perciò lo scambio idrico tra i corsi d'acqua e la falda freatica è da ritenersi come relativamente limitato. Da esperienze costruttive nelle aree adiacenti è comunque noto che possono rinvenirsi localmente delle falde sospese a vari livelli e che comportano limitati afflussi. La loro direzione di flusso varia in maniera simile ad un sistema fluviale anastomizzante. Nella carta geologica [11] è indicato un vecchio ramo fluviale abband-

nate in prossimità dell'area di progetto. Questi paleorami rappresentano vie preferenziali di deflusso sotterraneo e possono comportare una portata d'acqua a quota più alta rispetto alla falda stessa. Per l'area di progetto è già stato eseguito uno scavo fino a profondità del tutto confrontabile in occasione della bonifica ambientale (cfr. [19], [21], [22]) e non sono state riscontrate infiltrazioni d'acqua.

### 13.5 Utilizzazioni idriche esistenti e zone di tutela

L'acquifero di fondovalle è sfruttato per scopi idropotabili da alcuni pozzi profondi. A tale riguardo sono state definite delle zone di tutela (zone I, II e III).

Nell'immediata vicinanza dell'area di progetto non si hanno sorgenti o pozzi profondi, ovvero zone di tutela del tipo I o II, però l'intera area di progetto, come del resto pressoché l'intera città di Bolzano, ricade all'interno della zona di tutela III [4]. Questo comporta che, qualora la quota della massima profondità di scavo per la realizzazione delle fondazioni dell'opera sia posta a meno di 1 m dal livello massimo della falda indicato nella Carta del livello massimo della falda acquifera di Bolzano nel luglio 1997, si necessita di un parere dell'Ufficio gestione risorse idriche.

In questo caso la carta indicherebbe un livello max. tra 240,25 e 240,5 m slm. (cfr. seguente figura), ma secondo indicazioni dell'Ufficio gestione risorse idriche (A. Giuliani, E-mail del 14.05.2010), il limite di scavo per l'area di progetto è generalmente stato fissato a 239,0 m slm.

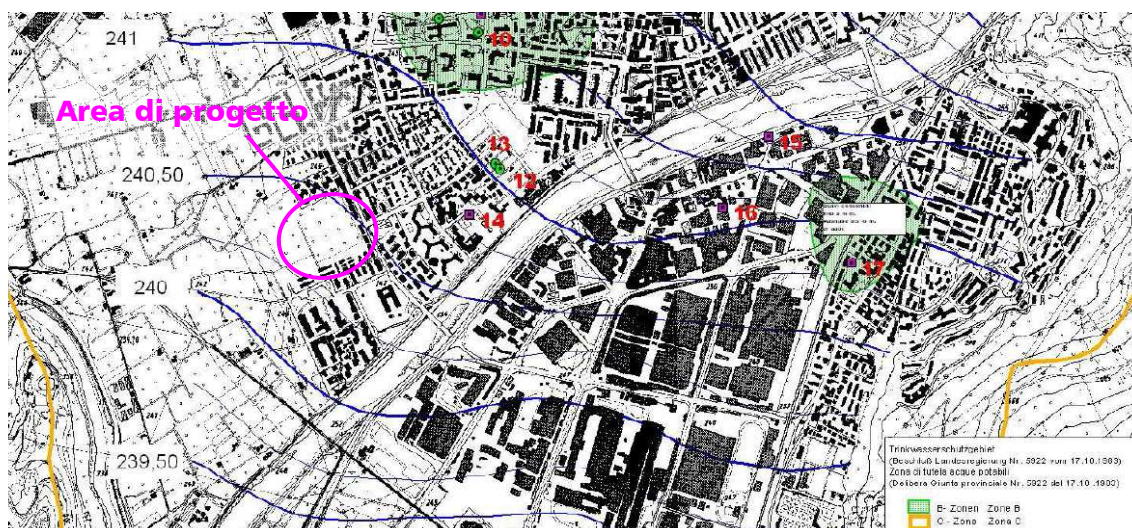


Fig. 7: Estratto dalla Carta del livello massimo della falda acquifera di Bolzano nel luglio 1997 con evidenziata l'area di progetto

L'intervento in progetto ricade nell'ambito di altre opere già realizzate in quest'area urbana. Inoltre, nel corso della bonifica ambientale sul sito sono già stati eseguiti scavi fino ca. al piano di fondazione, successivamente rinterrati (cfr. [19], [21], [22]).

Non sono note altre utilizzazioni idriche.

## 14 MODELLO GEOLOGICO

### 14.1 Tipi di terreno

Il sottosuolo nell'area di progetto è caratterizzato da riporti artificiali di spessore fino a 3,5-4 m (materiale di scavo ghiaio-sabbioso dagli scavi di fondazione delle due palazzine già realizzate, in maniera subordinata materiale riciclato (nella parte superficiale, ca. 1-1,5 m), ai margini dell'area militare anche resti di materiali di demolizione) che poggiano su depositi alluvionali.

Il sottosuolo naturale è composto nell'area di progetto da depositi alluvionali quali sedimenti fluviali a composizione sabbio-limosa che ricoprono o si intercalano a sedimenti fluviali a prevalente composizione grossolana, di seguito chiamate alluvioni a grana fine nonché alluvioni a granulometria da mista a grossa.

La distribuzione dei tipi di terreno (modello geologico) è rappresentata negli allegati grafici (planimetria geologica, sezioni geologiche).

#### A - RIPORTI ARTIFICIALI

Come emerge dalla documentazione sulla bonifica ambientale effettuata nell'area militare negli anni 2011-2013 ([21], [22]) sono stati rimossi nell'area di progetto notevoli volumi di terreno di riporto con materiali di demolizione, resti cementizi, scorie, rifiuti vari ed anche amianto. Questi riporti precedenti - ancora presenti marginalmente sui lati nord ed ovest dell'area di progetto (in adiacenza e sotto ai muretti di confine) - sono stati sostituiti nell'ambito della bonifica con materiale di scavo naturale risultante dagli scavi di fondazione delle due palazzine già realizzate. Si tratta di terreni ghiaio-sabbiosi ben distribuiti. In misura subordinata ed in particolare nei ca. 1-1,5 m superficiali e per il rinterro degli scavi delle due palazzine già realizzate sono stati impiegati anche materiali riciclati (terreni naturali frammisti a materiale di demolizione trattato - vagliato).

Per quanto concerne i riporti artificiali non ancora bonificati al margine dell'area di progetto, va sottolineato che in base alle conoscenze acquisite nel corso della bonifica ([21], [22]) sono stati definiti settori con una sospetta presenza di amianto o rifiuti in alcune zone adiacenti all'area militare già bonificata (v. planimetria geologica in allegato). Negli scavi al bordo dell'area di progetto (muretti di confine) si deve procedere con la relativa cura ed attenzione. Nelle zone di confine si deve in generale distinguere tra terreni di riporto di bonifica verso l'interno dell'area militare con un'accertata assenza di sostanze pericolose, e di contro terreni di riporto non bonificati oltre la superficie dello scavo nel corso dei lavori di bonifica ambientale ovvero verso le aree esterne all'area militare, che non sono state esaminate e dove non si può escludere a priori la presenza di materiale di demolizione, amianto, scorie o rifiuti vari. Nelle sezioni allegate sono distinte graficamente i riporti posati in maniera controllata nell'ambito della bonifica ambientale.

La densità in sito dei terreni riportati viene considerata medio-bassa, la permeabilità può variare notevolmente da alta a bassa.

#### B - ALLUVIONI A GRANULOMETRIA FINE

Questi sedimenti presentano una composizione piuttosto fine (sabbio medio-fine debolmente limosa e con rari inclusi ghiaiosi), un colore marroncino beige ed una stratificazione fine ben marcata, sia orizzontale che spesso incrociata. In base alle indagini effettuate, non sono da aspettarsi all'interno dell'area di progetto depositi molto fini (limi e argille) di spessore ed estensione rilevante. La densità in sito è da sciolta fino a media, la permeabilità idraulica viene indicata come medio-bassa.

#### C - ALLUVIONI A GRANULOMETRIA MISTA-GROSSOLANA

Questi sedimenti presentano una composizione da mista a grossolana (ghiaia, sabbio-ciottolosa) ed una stratificazione ben marcata di spessore variabile. I clasti poligenici e ben arrotondati si presentano ben imbricati tra di loro con una matrice composta da sabbia medio-grossolana di colore grigio. Sono presenti anche tratti più sabbiosi (sabbia media-grossa, raramente più fine) sia intercalati che con un passaggio brusco lateralmente fino a corpi metrici costituiti esclusivamente da sabbia. Nei tratti grossolani si possono avere singoli blocchi con diametro di alcuni dm, non sono stati riscontrati blocchi di dimensione metrica. In base alle indagini effettuate, non sono da aspettarsi nell'area di progetto ed all'interno di quest'unità depositi fini (limi e argille) di spessore ed estensione rilevante. La densità in sito è almeno media fino a densa, la permeabilità idraulica viene stimata come medio-alta.

### **14.2 Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni**

In base alle indagini geologiche effettuate si possono distinguere nell'area di progetto i seguenti tipi di terreno:

- A RIPORTI ARTIFICIALI
- B ALLUVIONI A GRANULOMETRIA FINE
- C ALLUVIONI A GRANULOMETRIA MISTA-GROSSOLANA

La distribuzione dei diversi terreni è rappresentato graficamente nei disegni allegati. Per l'unità A sono stati distinti i riporti posati in maniera controllata nell'ambito della bonifica ambientale.

I parametri caratteristici dei terreni sono determinati in base alle indagini svolte sull'area di progetto nonché a valori di esperienza da progetti nelle vicinanze ed infine ad indicazioni dalla bibliografia. Generalmente sono da verificare questi valori indicati nel corso dell'esecuzione dei lavori.

#### A RIPORTI ARTIFICIALI

Questa unità è presente superficialmente su tutta l'area e con spessori fino a 3,5-4 m. Si tratta di terreni ghiaio-sabbiosi ben distribuiti con caratteristiche corrispondenti al tipo di materiale C. In misura subordinata (nella parte superficiale, ca. 1-1,5 m) sono stati impiegati anche materiali riciclati (terreni naturali prevalentemente sabbiosi frammisti a materiale di demolizione trattato - vagliato). Sui lati nord ed ovest dell'area di progetto sono presenti marginalmente (in adiacenza e sotto ai muretti di confine) ancora riporti artificiali non esaminati né bonificati (possibile presenza di materiale di demolizione e inquinanti). Il materiale presenta caratteristiche geotecniche variabili e tendenzialmente più scadenti rispetto al terreno naturale. I riporti della bonifica ambientale eseguiti con materiale di scavo naturale (ghiaie sabbiose) dalle vicine due palazzine già realizzate presenta generalmente buone caratteristiche geotecniche e previa una compattazione a regola d'arte sono considerati idonei come base d'appoggio per le fondazioni. Si raccomanda di provvedere ad una verifica delle caratteristiche geotecniche nel corso dell'esecuzione dei lavori per verificarne l'idoneità.

L'angolo di scarpata ammissibile temporaneamente stabile in questo materiale è di ca. 40-45° per spessori fino a 5 m e comunque da verificare sul posto.

#### B ALLUVIONI A GRANULOMETRIA FINE

Composizione: depositi di sabbia fine, poca frazione limosa, singoli inclusi ghiaiosi, stratificazione fine da orizzontale ad incrociata, densità in sito media allo stato naturale, terreno incoerente, con livelli leggermente coesivi. Questa unità è presente all'interno dell'unità C nonché al top della stessa, dove spesso manca e risulta sostituita da materiale di riporto.

In accordo con [2] i parametri indicati sono da considerarsi come parametri nominali.

##### Tipo di terreno B, alluvioni a granulometria fine

Depositi di sabbia fine, più o meno limosa con rari inclusi ghiaiosi, stratificati, densità in sito: media

$$\gamma' = 18-19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 32-34^\circ$$

$$c' = 0-2 \text{ kN/m}^2 \text{ (coesione apparente per imbricazione e densità in sito)}$$

$$E_s = 30-60 \text{ MN/m}^2$$

I valori indicati sono da verificare nel corso di future indagini o dell'esecuzione dei lavori in base alla situazione effettivamente riscontrata ed eventualmente da adeguare, rivedendo poi eventualmente anche i calcoli e le verifiche che si basano su di essi.

Per la permeabilità idraulica viene stimata un ordine di grandezza pari a  $1 \times 10^{-4}$  m/s a  $1 \times 10^{-6}$  m/s).

#### C ALLUVIONI A GRANULOMETRIA MISTA-GROSSOLANA

Composizione: depositi ghiaio-sabbiosi, frazione fine assente, singoli ciottoli fino a  $d =$  ca. 0,5 m, stratificazione orizzontale, densità in sito allo stato naturale da densa a molto densa, terreno incoerente.

Le prove SPT all'interno dei fori di sondaggio hanno determinato dei valori  $N_{SPT}$  tra min. 32 e perlopiù oltre 50 e rifiuto. Da ciò si desume la densità in sito almeno densa per i terreni sciolti presenti. Nelle prove di laboratorio sono stati determinati i seguenti risultati per la distribuzione granulometrica: ghiaia in abbondante matrice di sabbia grossolana, localmente si ha una composizione di pressoché esclusivamente sabbia media-grossa, la frazione fine è perlopiù assente.

In accordo con [2] i parametri indicati sono da considerarsi come parametri nominali.

#### Tipo di terreno C, alluvioni a granulometria mista-grossolana

Ghiaia con ciottoli e sabbia, componenti arrotondati, stratificati, densità in sito: min. denso

$$\gamma' = 19-21 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 35-37^\circ$$

$$c' = 0-1 \text{ kN/m}^2 \text{ (coesione apparente per imbricazione e densità in sito)}$$

$$E_s = 40-80 \text{ MN/m}^2$$

I valori indicati sono da verificare nel corso di future indagini o dell'esecuzione dei lavori in base alla situazione effettivamente riscontrata ed eventualmente da adeguare, rivedendo poi eventualmente anche i calcoli e le verifiche che si basano su di essi. In particolare il modulo edometrico è da verificare mediante prove idonee (p.e. prove di carico su piastra).

Per la permeabilità idraulica viene stimata un ordine di grandezza pari a  $1 \times 10^{-2}$  m/s a  $1 \times 10^{-3}$  m/s).

## **15 RACCOMANDAZIONI TECNICO-COSTRUTTIVE**

### **15.1 Generalità**

Lo scavo interessa maggiormente - per estensione e profondità - un sito recentemente scavato (bonifica ambientale) e rinterrato. Pertanto lo scavo interessa interamente terreni sciolti costituiti in prevalenza da ca. 3,5-4,5 metri di terreni di riporto ghiaio-sabbiosi. Lo scavo di fondazione si trova sopra il livello di falda attuale ed in prossimità del livello massimo storicamente registrato. Nell'ambito dello scavo per la bonifica ambientale fino a profondità analoga non sono state riscontrate infiltrazioni d'acqua.

Nel corso dell'esecuzione dei lavori la prognosi geologica va continuamente verificata. In caso di eventuali variazioni della situazione geologica sono da adeguare/modificare gli interventi in accordo tra il geologo ed il progettista e la DL.

### **15.2 Scavo**

Il progetto prevede uno scavo con intagli nel terreno fino a ca. 3,5-4,5 m di profondità. Questi intagli si trovano generalmente a debita distanza da strutture (edifici esistenti, muri di sostegno ecc.) adiacenti, ad eccezione del muro di confine sul lato nord, dove per una lunghezza di ca. 27 m la struttura si trova ad una distanza di ca. 3,5 m dal muretto di confine. Si sottolinea che in questo settore di confine, la superficie di scavo della bonifica ambientale non è stata estesa ovunque fino al muretto e che la zona del muretto stesso nonché la zona oltre il muretto potrebbero presentare materiali di demolizione ed anche sostanze inquinanti (cfr. planimetria geologica e sezioni in allegato).

Per motivi ambientali si raccomanda quindi di evitare scavi in corrispondenza del muretto di confine e di provvedere piuttosto ad un sostegno dello scavo piuttosto che compromettere la stabilità del muretto di confine e di dovere intervenire in terreni non bonificati. In particolare nella parte NE di questa zona di scavo ravvicinato al muro di confine sono stati riscontrati nella bonifica ambientale materiali contenenti amianti e quindi la zona adiacente è considerata a sospetto di amianto.

L'angolo per le scarpate di scavo libere temporanee - per altezze non superiori a 5 m ed in assenza di carichi aggiuntivi sul ciglio - viene indicato con 40-45° e va opportunamente verificato sul posto

### 15.3 Fondazioni

Il piano di impostazione delle fondazioni coincide o si trova poco al di sopra del passaggio tra i terreni naturali ai riporti posati in occasione della bonifica ambientale. In questo settore sono già stati posati terreni con caratteristiche geotecniche buone nell'ottica di una costruzione della presente 3° palazzina.

Il piano di posa delle fondazioni va comunque valutato dal punto di vista geologico e vanno verificate le caratteristiche geotecniche dello stesso. Sarà necessaria un'ulteriore compattazione dei terreni di riporto, in caso di composizione fine con moduli sforzo-deformazione non soddisfacenti sarà necessario provvedere ad una sostituzione del materiale riportato con materiale idoneo e compattato.

Si deve porre attenzione a non rammollire tratti locali a composizione più fine e di evitare un dilavamento del terreno attraverso flusso idrico. I piani di posa delle fondazioni sono, in caso di eterogeneità, da uniformare per quanto riguarda la composizione e la compattezza. Per il piano di fondazione si raccomanda in ogni caso una compattazione meccanica prima della posa dello strato di magrone di base.

I terreni sciolti naturali presenti sul piano d'impostazione delle fondazioni o, rispettivamente, alla base dei terreni riportati ivi presenti, sono considerati allo stato in sito come ben portanti. Il carico litostatico sulla quota di fondazione in condizioni attuali corrisponde a ca.  $4 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 = 72 \text{ kN/m}^2$ . Considerando le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti con  $E_s \geq 40 \text{ MN/m}^2$  i cedimenti per carichi sulla fondazione nell'ordine di grandezza di  $200 \text{ kN/m}^2$  non comportano cedimenti differenziali significativi.

Le fondazioni sono da verificare in base ai terreni effettivamente presenti ed alle caratteristiche geotecniche effettivamente riscontrate.

### 15.4 Acqua

Il livello di falda può innalzarsi in occasione di eventi straordinari fino in zona del piano delle fondazioni. Si raccomanda l'esecuzione di pozzetti praticabili di ispezione/dispersione/pompaggio lungo i lati esterni dell'edificio (ca. 4 pozzetti per edificio).

Lungo strati e lenti con una base poco permeabile si possono avere, in dipendenza delle condizioni atmosferiche, piccole infiltrazioni che possono arrivare fino allo scavo di fondazione. Eventuali infiltrazioni più consistenti – se di origine naturale e non eliminabili – sono da captare presso la scarpata di scavo, possibilmente al punto d'emergenza, e da derivare in maniera controllata. Generalmente i terreni grossolani dovrebbero garantire buone capacità di dispersione, in caso contrario si deve provvedere ad un sistema di aggotamento. Nello scavo per la bonifica ambientale fino a profondità analoga non sono state riscontrate infiltrazioni d'acqua.

In caso di una dispersione prevista per le acque meteoriche sono da progettare le rispettive opere di dispersione (pozzetti, fossati). Si consigliano in una zona da individuare a valle (direzione di deflusso della falda) dei pozzetti in serie e collegati con tubazioni, che giungono sufficientemente in profondità al di sotto dell'edificio in progetto. Si raccomanda un dimensionamento preciso in base a prove di dispersione in sito.

\* \* \*

Bressanone, dicembre 2015

## 16 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1: Panoramica dell'area di progetto, vista in direzione SW, sulla sinistra si intravede una delle prime due palazzine in fase di costruzione

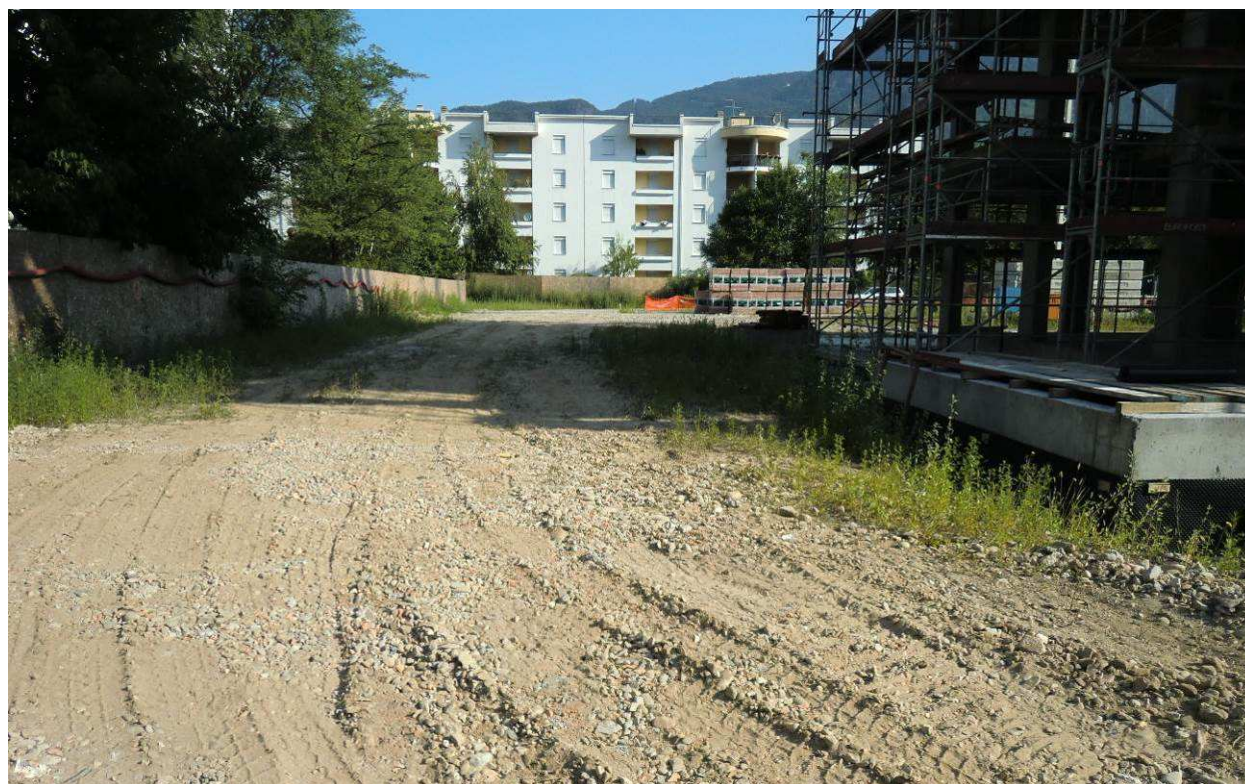


Foto 2: Panoramica dell'area di progetto, vista in direzione NW, sulla destra si intravede una delle prime due palazzine in fase di costruzione



Foto 3: Fase di scavo per la bonifica ambientale nell'area di progetto in aprile 2012, vista verso W, in primo piano si notano i materiali di demolizione estratti, più a destra il sottofondo naturale ghiaioso



Foto 4: Fondo scavo della bonifica ambientale in terreni naturali ghiaio-sabbiosi, vista verso N



Foto 5: Fase di scavo per la bonifica ambientale nell'area di progetto in aprile 2012, vista verso NW, con un dettaglio sulla scarpata sul lato settentrionale, dove si nota bene l'estensione dei riporti non bonificati che poggiano sopra il sottosuolo naturale (limite = linea bianca tratteggiata)



Foto 6: Fase di rinterro con materiale ghiaio-sabbioso nell'ambito della bonifica ambientale nell'area di progetto in giugno 2012, vista verso W

## **ANHANG / ALLEGATI**

- |   |   |          |
|---|---|----------|
| 1 | Bohrprofile / Stratigrafie sondaggi   |          |
| 2 | Protokolle Laborversuche / Protocolli prove di laboratorio  |          |
| 3 | MR-GE-012 Lageplan Erkundungen / Planimetria delle indagini   | Sc 1:500 |
| 4 | MR-GE-013 Planimetria geologico-geomorfologica di dettaglio<br>Geologisch-geomorphologischer Detaillageplan | Sc 1:500 |
| 5 | MR-GE-014 Sezioni geologico-idrogeologiche<br>Geologisch-hydrogeologische Schnitte                          | Sc 1:200 |