



SERVIZIO URBANISTICA

26 MAG. 2022

15.05.2020

104531

STUDIO GEOLOGIA TECNICA

dott. geol. MARCO CAVALIERI

dott. geol. STEFANO LOZZA

3356248609

3356248617

- Geologia applicata
- Idrogeologia
- Geofisica

via G. Grazioli, 61 - 38122 Trento

tel. 0461983294 - fax 0461091754 - Email: studio@geoltec.it

PEC: geologiatecnica@epap.sicurezzapostale.it p.iva / c.f. 01521040228



PROVINCIA DI TRENTO
 COMUNE DI TRENTO
 LOCALITÀ VIGOLO BASELGA



**STUDIO GEOLOGICO/TECNICO RELATIVO AL
 PIANO DI LOTTIZZAZIONE IN LOC. ARIOL -
 VIGOLO BASELGA ZONA C3 - AMBITO 3.**

Relazione geologica

Sulle indagini e modellazione geologica del sito
(Contiene la relazione sulla modellazione sismica)

Relazione geotecnica

Sulle indagini e caratterizzazione modellazione geotecnica

Studio di compatibilità della pericolosità

L.P. 27 maggio 2008, n°5 - D.G.P. n° 1942 del 12/10/2018

Trento, gennaio 2020

Rel. 5283/20

Dr.

Firmato digitalmente da

MARCO CAVALIERI

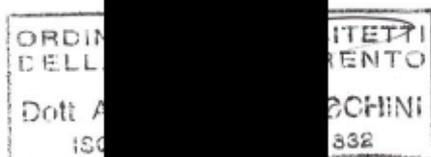
CN = CAVALIERI MARCO
SerialNumber =

e-mail = studio@geoltec.it
C = .IT

Approvato con deliberazione del Consiglio
comunale n. 76
14 GIU 2022



LA SE... SALE
-dott... CO-



**STUDIO GEOLOGICO/TECNICO RELATIVO AL PIANO
DI LOTTIZZAZIONE IN LOC. ARIOL - VIGOLO BASELGA
ZONA C3 - AMBITO 3.**

Indice

1. PREMESSA	2
2. ANALISI GEOLOGICA PRELIMINARE.....	7
2.1 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	7
2.2 PARAMETRI SPETTRALI SISMICI.....	12
2.3 VINCOLO IDROGEOLOGICO "L.P. 23 MAGGIO 2007".....	15
2.4 DISCIPLINA D'UTILIZZAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO (D.P.R. 13 GIUGNO 2017 N. 120)	16
2.5 CONCLUSIONI GEOLOGICHE	19
3. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE	24
3.1 SCELTA DELL'APPROCCIO PROGETTUALE	24
3.2 PARAMETRI GEOTECNICI.....	27
3.2.1 del terreno.....	28
3.2.2 di progetto.....	30
3.3 FRONTI DI SCAVO.....	31
3.4 DRENAGGI	34
3.5 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE.....	34
3.6 CONCLUSIONI GEOTECNICHE	40
4. CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITÀ (APP)	43
4.1 VERIFICA ROGGIA DA PONT	43
4.1.1 Portata massima temibile.....	49
4.1.2 Verifica della sezione d'alveo.....	51

Allegati

COROGRAFIA scala 1:5.000
ESTRATTO CARTA SINTESI PERICOLOSITÀ scala 1:5.000
ESTRATTO CARTA DELLE RISORSE IDRICHE scala a vista
PLANIMETRIA GENERALE scala a vista

1. PREMESSA

Lo studio che segue ha per oggetto l'analisi delle caratteristiche geologiche generali di circa 26.500 m² di territorio - ZONA C - AMBITO 3 di nuova futura edificazione, al margine occidentale dell'abitato attuale di Vigolo Baselga, allo scopo di valutare la sostenibilità geologica dell'intervento previsto dalla variante al Piano attuativo generale, relativo alle opere di urbanizzazione e preliminarmente la gestione delle acque meteoriche delle future edificazioni, Progettisti l'arch. Mauro Facchini e l'ing. Oscar Facchini di Trento.



Dal punto di vista geologico generale, gli strumenti urbanistici vigenti così classificano l'area in esame:

► **Carta di sintesi della Pericolosità** (L.P. 27 maggio 2008, n°5 - D.G.P. n° 1942 del 28/12/2018): **App** (Art. 18).

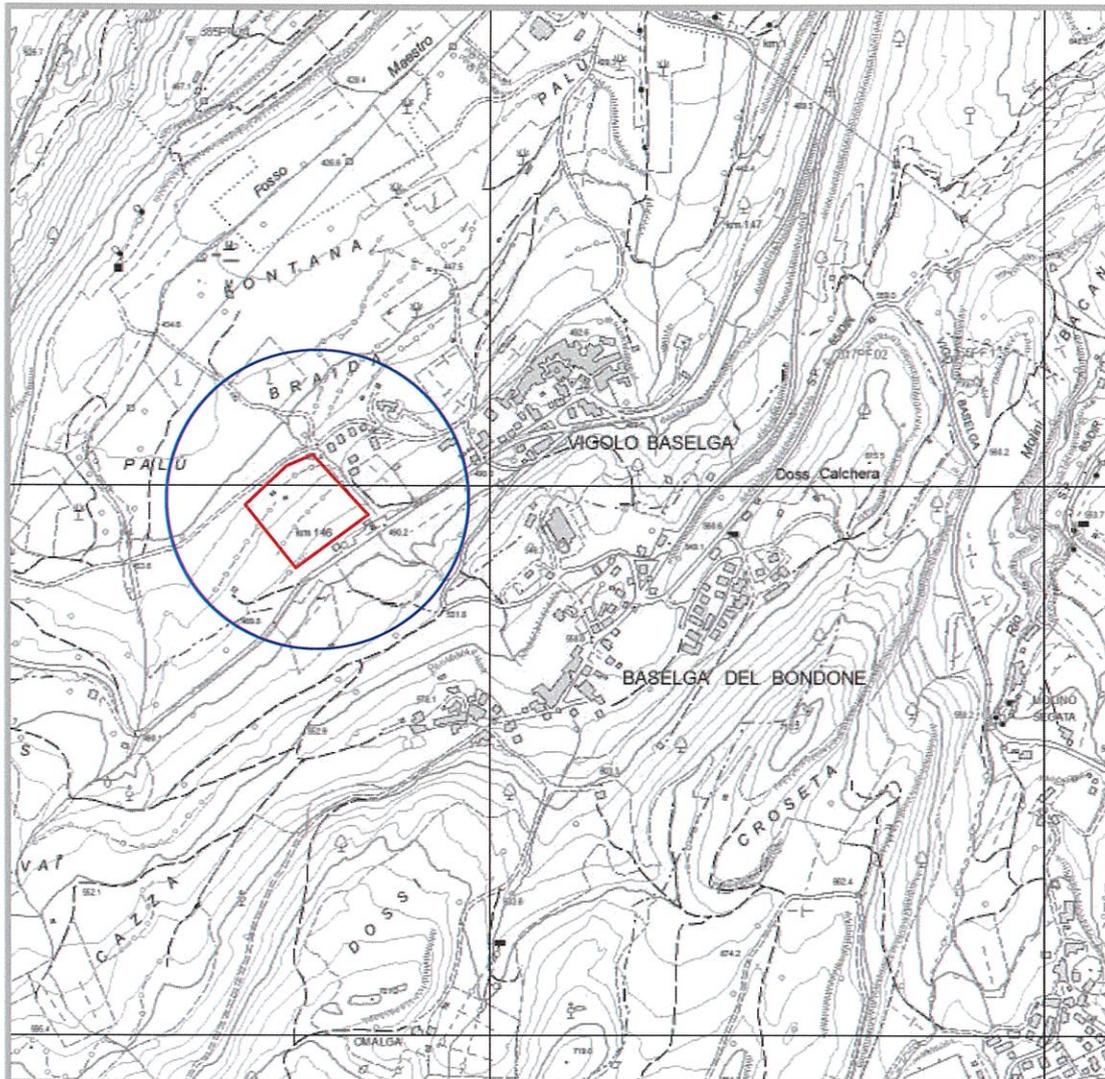
► **La nuova CARTA DELLE RISORSE IDRICHE** in vigore dal 17/09/2008 - 3° aggiornamento delibera 1941 28/12/2018, **non evidenzia** nell'area sorgenti, pozzi, e captazioni superficiali vincolanti.

► **Vincolo idrogeologico ai fini forestali** (L.P. 23 maggio 2007"): **assente**.



COROGRAFIA

scala 1:10.000



ESTRATTO CARTA PERICOLOSITÀ
L.P. 27 maggio 2008, n°5 - D.G.P. n°1942 del 12/10/2018

Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'

Classi di Penalità
Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)

penalità ordinarie

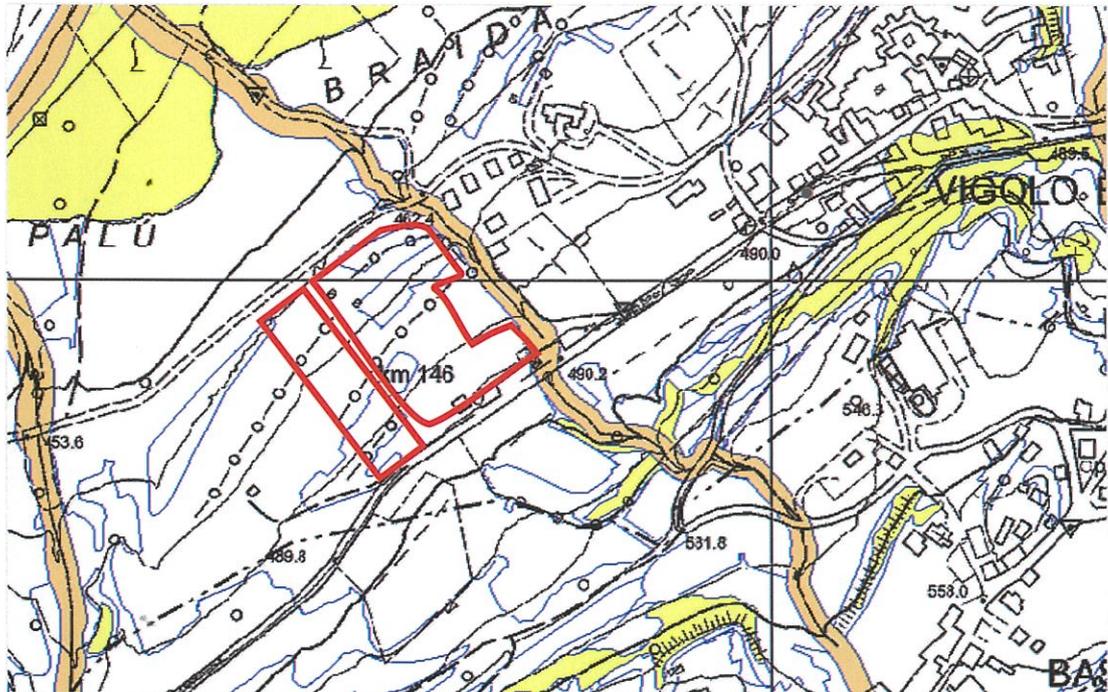
	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17

altri tipi di penalità

	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18

tutele speciali

	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	



Art. 21 - Norme di attuazione P.U.P. - 2008
ESTRATTO CARTA UTILIZZO RISORSE IDRICHE
3° aggiornamento - D. G. P. n. 1941 di data 12/10/2018

Legenda

Zona di Tutela Assoluta

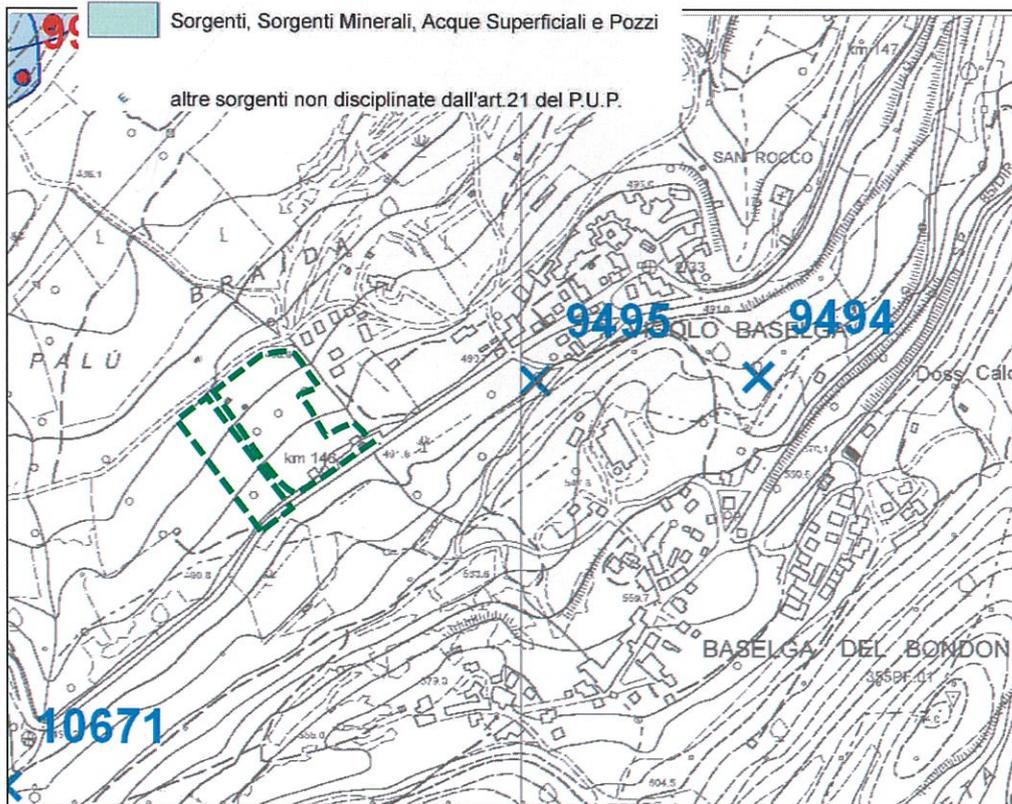
-  Sorgenti
-  Sorgenti Minerali
-  Acque Superficiali
-  Pozzi

Zona di Rispetto Idrogeologico

-  Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

Zona di Protezione Idrogeologica

-  Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi



2. ANALISI GEOLOGICA PRELIMINARE

2.1 Modello geologico del sottosuolo

Indicato negli allegati cartografici alle pagine precedenti, l'area in esame è collocata immediatamente a valle della S.S. n°45 alla periferia occidentale dell'abitato di Vigolo Baselga, alla quota media di 445 metri s.l.m.

Dal punto di vista geomorfologico essa insiste su un blando declivio, regolare e appena convesso, appartenente all'estremo settore distale di un dominio di versante (fianco settentrionale del monte Bondone), digradante verso il dominio di piana alluvionale relitta di fondo valle (Terlago); la pendenza trasversale è nell'ordine del 10%, pressoché uniforme e priva di soluzioni di continuità, modellatasi lungo una superficie di stratificazione del substrato roccioso. Modestia delle pendenze e uniformità morfologica sono conseguenti al fatto che l'area in esame è ubicata proprio a nucleo di una sinclinale tettonica dove affiorano (prossime all'orizzontalità) le successioni calcareo marnose a cavallo delle ere Mesozoica e Terziaria.

La successione stratigrafica del sottosuolo è deducibile lungo la "trincea" naturale costituita dall'alveo della roggia da Pont che taglia trasversalmente il pendio, nonché dall'ampio scavo aperto al limite SE dell'area in corrispondenza della ex casa cantoniera.



- SISTEMA DEL GARDA**
 SGD
 Diaricton massivi a supporto di matrice limoso-sabbiosa, con clasti ortometrici addossati (65' d'alloggiamento). Diaricton massivi a supporto di clasti c/o di matrice, (65' d'ablazione o 65' indifferenziato). Sabbie, ghiaie clinostratificate o limi laminati, localmente intercalati ai precedenti depositi (depositi di contatto glaciale o glacioclastici). Ghiaie massive o grossolanamente stratificate con intercalazioni sabbiose (depositi fluvio-glaciali). Ghiaie a struttura aperta o supporto di clasti subangolari (depositi di debris flow). Diaricton massivi a grossi blocchi (rock glacier). Depositi eolici. Limite inferiore erosivo con PG, NG, DV, FC; limite superiore inconforme con SGD₂, SGD₃, PTG e P'G₂. Spessore massimo oltre 30 m.
- FORMAZIONE DI PONTE PIÀ**
 FPP
 Calcari micritici lastriiformi, selciferi, grigio chiari con intercalazioni di marne azzurrognole o prevalentemente marne nella parte superiore. Limite inferiore graduale su VAG₂ o SAA. Spessore: 20-250 m.
 EOCENE INF. - EOCENE MEDIO - SUP.
- FORMAZIONE DI CHIUSOLE**
 CHI
 Calcari micritici più o meno glauconitici a radiolari e foraminiferi planctonici, a stratificazione sottile (10-30 cm) e talora lastriiformi con noduli e letti di selce da grigia a brunicia e con sottili interstrati mamoso-argillosi. Limite inferiore: hardground su SAA, discordante su VUB, paraconcordante su VAG₂. Spessore: 80-90 m.
 EOCENE INF.
- SCAGLIA ROSSA**
 SAA
 Calcari micritici lastriiformi (5-15 cm) rossi, selciferi nella parte inferiore, con interstrati mamosi e marne, a foraminiferi planctonici e talora *hoceramus*. Al tetto unità plurimetrica fogliettata ("bancone maastrichtiano" Auct.) localmente con hardground apicale. Limite inferiore: graduale su VAA. Spessore: 70 m.
 CRETACICO SUP. (TERONIANO) - PALEOCENE.

Figura 1 – Estratto dalla Carta Geologica d'Italia – Foglio 21 TRENTO – scala a vista.

Il substrato litoide è rappresentato dalla *Formazione di Ponte Pià*

(Eocene inf. e medio), costituita da calcari micritico grigio chiari in strati di periodo medio di 30 cm, con intercalazioni centimetriche di marna calcarea, in giacitura a debole franapoggio circa parallela al pendio (quindi immergenti verso NNO); essa affiora sul fondo e lungo le sponde dell'alveo del torrente a valle dell'isoipsa 480 metri s.l.m. (metà circa del comparto 3) a circa 2,5 metri di profondità dal p.c. (Foto 1), per guadagnare progressivamente quota verso valle, per cui in corrispondenza dell'attraversamento stradale a valle su via III Novembre essa è a circa 1,5 metri di profondità.



Il substrato roccioso è drappeggiato da una coltre detritica di natura

mista, fluvioglaciale (principalmente) e torrentizia, rappresentata da un masso caotico (diamicton) a scheletro autosostenuto di breccia e sabbia calcaree, in matrice sabbiosa fine e secondariamente limosa; le caratteristiche granulometriche e strutturali del masso detritico sono parzialmente visibili nello scavo aperto in corrispondenza della ex casa cantoniera (ultimo edificio – demolito - di Vigolo Baselga in corrispondenza dell’innesto di via III Novembre sulla S.S. n°45; Foto 2).

Lo spessore della coltre detritica è stimabile variabile tra 1,5 e 4 metri, in progressiva e costante diminuzione da monte verso valle.



Da un punto di vista idrogeologico la coltre detritica superficiale possiede permeabilità medio elevata, temperata dalla presenza di una significativa frazione limosa; la coltre svolge funzione di modulazione del passaggio degli

afflussi meteorici nel sottostante ammasso roccioso permeabile per fessurazione e blando carsismo.

Nell'ammasso roccioso a monte della S.S. n°45 è attiva una diffusa circolazione idrica di fessura, segnalata dalle numerose sorgenti censite a monte di Baselga di Bondone (massiccio carbonatico mesozoico) che alimentano il deflusso in alveo della roggia da Pont e dalle più rare emergenze alla base del versante direttamente a monte della S.S. (massiccio calcareo micritico terziario); queste ultime alimentano linee di deflusso preferenziale nella coltre detritica a valle della S.S., come dimostrato dal deflusso sotterraneo captato nello scavo di Foto 3 immediatamente a valle della sorgente n°9495. Per cui è da considerare che almeno nella fascia superiore dell'area di lottizzazione (metà a monte del comparto 3) siano attive fasce di deflusso a profondità di circa 2 ÷ 2,5 metri dal p.c.



Dal punto di vista della stabilità geomorfologica e idrogeologica, l'area non presenta elementi di criticità; posto al passaggio tra un dominio di versante caratterizzato da roccia subaffiorante e un dominio di antica piana alluvionale, questo settore di territorio presenta una morfologia "congelata", le modeste pendenze locali inducono un'evoluzione geomorfologica estremamente rallentata, al limite della quiescenza. Non sono stati rilevati fenomeni di dissesto in atto, né potenziali.

2.2 Parametri spettrali sismici

Rimandando la parametrizzazione geotecnica dei litotipi alle fasi esecutive, per la fase attuale è sufficiente la caratterizzazione generale del sottosuolo in ottica sismica ai sensi delle N.T.C. (D.M. 17/1/2018).

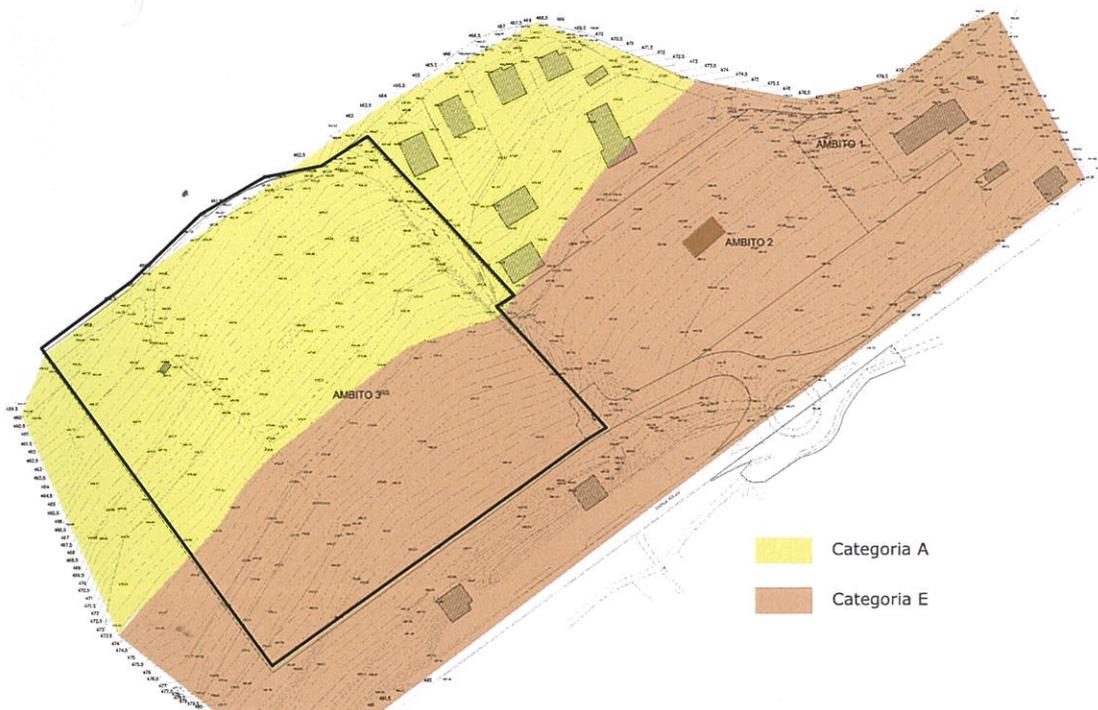
Il substrato litoide affiora solo al fondo e sulle sponde della roggia da Pont nel tratto naturale della medesima a valle di isoipsa 480 metri s.l.m.

I depositi di copertura sciolti sono costituiti da un masso auto sostenuto di addensamento medio elevato di sabbia medio grossolana con ghiaia, in matrice sabbiosa fine e limosa; lo spessore è variabile, progressivamente in aumento con la quota.

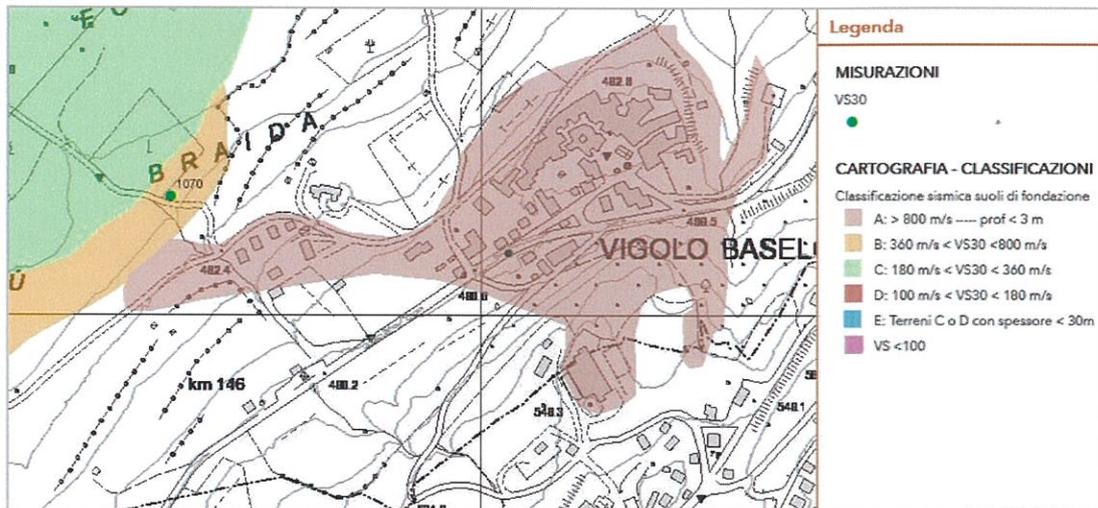
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, fatta salva migliore

calibrazione da analisi di dettaglio in fase esecutiva l'area in esame è suddivisibile nelle due categorie di suolo indicate in Fig. 2:

- **Categoria A** (metà a valle dell'Ambito 3): *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;*
- **Categoria E** (metà superiore Ambito 3): *Terreni dei sottosuoli di tipo C [Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti] o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).*



Si concorda tendenzialmente sulla cartografia elaborata su base statistica dal Servizio Geologico PAT sotto riportata.



Il valore di progetto della resistenza del terreno (R_d) dovrà essere calcolato analiticamente con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici, penalizzati dei coefficienti parziali γ_m delle resistenze di Tabella sotto.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Per la costruzione dello spettro di risposta, in ottemperanza alle Norme

Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) si forniscono i dati necessari alla determinazione dei *parametri su sito di riferimento rigido orizzontale* (a_0 , F_0 , T^*_c):

Stati limite

Classe Edificio

Il Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Normale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T^*_c [s]
Operatività (SLO)	30	0.027	2.496	0.191
Danno (SLD)	50	0.033	2.520	0.213
Sicurezza vita (SLV)	475	0.070	2.682	0.321
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.087	2.702	0.340
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo A

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
CC Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.5

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.005	0.007	0.014	0.017
k_v	0.003	0.003	0.007	0.009
A_{max} [m/s²]	0.285	0.325	0.885	0.958
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo E

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,50	1,60
CC Coeff. funz categoria	2,23	2,14	1,81	1,77
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.5

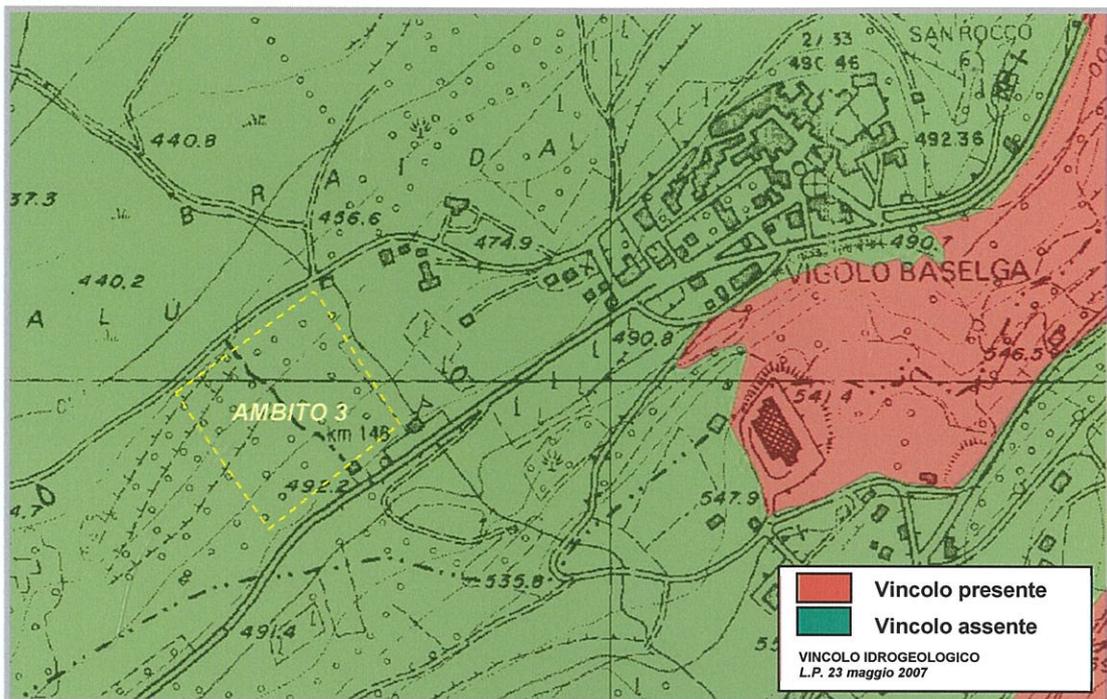
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.009	0.011	0.022	0.028
k_v	0.004	0.005	0.011	0.014
A_{max} [m/s²]	0.425	0.520	1.098	1.370
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

2.3 Vincolo idrogeologico L.P. 23 maggio 2007"

In ossequio alle disposizioni contenute nel "Regolamento in materia di vincolo idrogeologico... della L.P. 23 maggio 2007" – (entrato in vigore dal giugno 2010), si verificano le problematiche di ordine idrogeologico.

L'analisi dello stato dei luoghi evidenzia che il sito **non ricade in area a vincolo geologico** ed in ogni caso le ottimali caratteristiche geotecniche del

sedime (depositi detritici sciolti, compatti); l'esecuzione degli interventi in progetto non comportano impatti negativi né turbative all'assetto idrogeologico e forestale dell'area.



2.4 Disciplina d'utilizzazione delle terre e rocce da scavo (D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120)

Preliminarmente in base ai sopralluoghi effettuati in sito e alle lavorazioni di scavo previste, si dichiara che i terreni (sciolti e roccia) presenti nell'area sono **terreni di origine naturale – Tipo 1** considerato l'esclusivo utilizzo

agricolo:

- è esclusa la presenza di serbatoi o cisterne interrato, dismessi o rimossi o in uso, per lo stoccaggio di idrocarburi e/o sostanze etichettate ai sensi della direttiva 67/548/CE e successive modifiche e integrazioni;

- l'area non è interessata da attività che rientrano fra quelle definite dal D.M. 16/05/1989 (Criteri e linee guida per l'elaborazione e la predisposizione, con modalità uniformi da parte di tutte le Regioni e Provincia Autonome, dei piani di bonifica, nonché definizione delle modalità per l'erogazione delle risorse finanziarie);

- nella stessa non sono localizzati impianti assoggettati alla disciplina del Decreto legislativo 26 giugno 2015, n. 105, in materia di "Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose"

- il sito non è inserito nel perimetro d'attività industriali rientranti nelle categorie contemplate dall'allegato 1 al d.lgs. 4/08/1999, n. 372 (Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento);

- non ricade in aree interne a impianti autorizzati allo svolgimento di attività di smaltimento e/o recupero di rifiuti ai sensi dell'art. 28 del d. lgs. N. 22/1997 - modificato con Legge dello Stato 15/12/2004 n.308 Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione.. Non ricade in aree nelle quali siano effettuate attività di recupero avvalendosi del regime semplificato di cui agli articoli 31 e 33 del d.lgs. 22/1997, con esclusione degli impianti mobili

- non è interessata da interventi di bonifica o compresa nell'anagrafe dei

siti da bonificare;

Il Decreto del Presidente della Repubblica n. 120 "*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164*", è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Serie generale n. 183 del 7 agosto 2017 - Suppl. Ordinaria n. 63 ed è in vigore dal giorno 22 agosto 2017.

► Nell'attuale fase progettuale non sono ancora note le modalità di gestione del terreno scavato; in ogni caso si ricorda come, attualmente la gestione delle terre e rocce da scavo fa riferimento ai seguenti regimi:

REIMPIEGO NEL SITO DI PRODUZIONE: Ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'art. 185, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 152 del 3 aprile 2006, purchè il materiale non sia contaminato. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del D.P.R. n. 120 del 13 giugno 2017.

RIFIUTO: è sempre possibile conferire le terre come rifiuto in discarica o impianti di recupero con formulario (codice CER 17.05.04 –terre e rocce da scavo).

SOTTOPRODOTTO:

Per opere soggette a VIA e AIA si deve far riferimento all'art. 9 e succ. del D.P.R. 120 del 13 giugno 2017 (Piano di Utilizzo); in tal caso le analisi

chimiche che dovranno essere fatte sulle terre e rocce da scavo dovranno prevedere la vagliatura in capo ai 2 cm con l'analisi della frazione < 2 mm e la successiva determinazione delle concentrazioni riferita alla massa complessiva del campione. I parametri minimi d'analisi, salvo considerazioni legate a particolari utilizzi pregressi, faranno riferimento alle colonne A e B, tabella 1, Allegato 5, al Titolo V della parte IV del D.Leg. n. 152/2006..

2.5 Conclusioni geologiche

È stata presentata la relazione geologica a supporto del progetto preliminare per la ZONA C3 - AMBITO 3 della lottizzazione prevista in loc. Ariol a Vigolo Baselga.

Il sottosuolo interessato dal progetto è costituito da variabili spessori (1.5 ÷ 4.0 m) di depositi sciolti detritico/alluvionali quaternari, caratterizzati da alternanze di sabbie, sabbie limose e ghiaie con ciottoli variamente addensate, sovrastanti la bancata rocciosa caratterizzata da calcari micritico grigio chiari ben stratificati ascrivibili alla *Formazione di Ponte Pià* (Eocene inf. e medio),

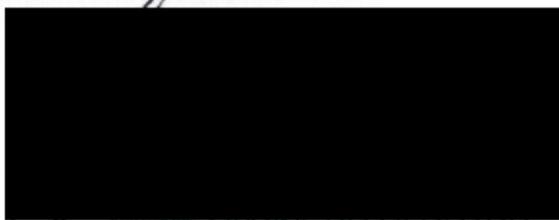
Il livello di pericolosità e di rischio associato del sito, allo stato attuale, fa riferimento alle cartografie del capitolo 1; l'area interessata dal progetto risulta geologicamente e idrogeologicamente con penalizzazioni leggere, e priva di rischio idrogeologico ed anche per quanto riguarda le risorse idriche essa non

risulta inserita in area con presenza di sorgenti e/o derivazioni destinate al consumo umano.

In conclusione la morfologia e la natura dei litotipi presenti nell'area non precludono, operando con gli opportuni accorgimenti, alla fattibilità dell'intervento che risulta ampiamente compatibile e realizzabile.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare delle opere di urbanizzazione. In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Trento, gennaio 2020





PLANIMETRIA ATTUALE



PLANIMETRIA DI PROGETTO

3. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

Per la stesura del presente documento si fa esplicito riferimento alla relazione geologica a supporto del progetto elaborato dall'Ing. Oscar Facchini e Arch. Mauro Facchini dove si prevede la realizzazione del nell'Ambito 3 della Zona C della Lottizzazione in loc. Ariol di Vigolo Baselga, tenendo conto della possibilità di modificare i modelli geotecnici in relazione alle misure e ai controlli in corso d'opera (metodo osservazionale) e comunque da potersi riconsiderare in fase esecutiva.

Di seguito si forniscono al Progettista le considerazioni geotecniche preliminari relative alle resistenze offerte dai terreni; tali dati devono, in sede di progettazione esecutiva, essere confrontati con le azioni di progetto per le verifiche di sicurezza e delle prestazioni.

3.1 Scelta dell'approccio progettuale

Le verifiche strutturali e geotecniche con il metodo degli *Stati Limite* prevedono il rispetto della seguente disuguaglianza: **$E_d \leq R_d$**

Dove: **E_d** = azioni di progetto (o effetti delle azioni)
 R_d = resistenze di progetto del sistema geotecnico (terreno)

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando

diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2, R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi: Approccio 1 e Approccio 2.

Nell'ambito dell'Approccio 1, la combinazione 1 è generalmente usata per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale (STR) mentre la combinazione 2 è in genere utilizzata per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico (GEO) come per esempio la verifica delle fondazioni.

Approccio 1 (DA1)	Approccio 2 (DA2)
Combinazione1: (A1+M1+R1) - (STR) Combinazione2: (A2+M2+R2) - (GEO)	Combinazione3: (A1+M1+R3) - (GEO/STR)

Le verifiche sono compiute impiegando diverse combinazioni di coefficienti parziali definiti rispettivamente come segue:

- **A1 e A2** coefficienti parziali per azioni;
- **M1 e M2** coefficienti parziali per i parametri geotecnici;
- **R1, R2, R3** coefficienti parziali per le resistenze.

Tabella 1: coefficienti parziali per le azioni (NTC - D.M. 14.01.2008)

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{GI}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{GI}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{QI}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

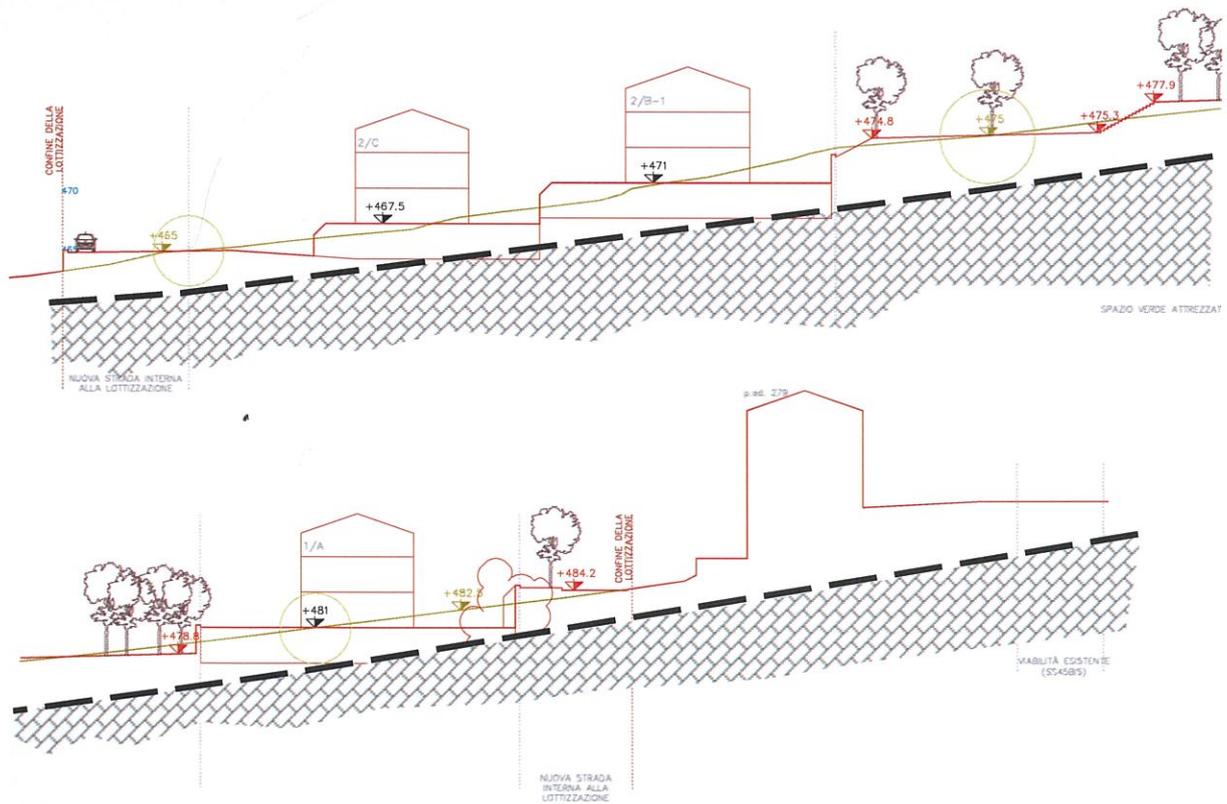
(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 2: coefficienti parziali per i parametri geotecnici (NTC - D.M. 14.01.2008)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente all'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c'_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.00

Tabella 3: coefficienti parziali per le resistenze (NTC - D.M. 14.01.2008)

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$



SEZIONE SCHEMATICA ANDANAMENTO BANCATA ROCCIOSA

3.2 Parametri geotecnici

Come per le indagini geologiche, anche quelle geotecniche richiedono la prescrizione che, in fase esecutiva, vi sia una fase di controllo e verifica dell'esattezza della situazione geotecnica qui descritta.

Secondo il testo a cura del Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi Euro Codice 7, 2012, "UNA METODOLOGIA PER LA SCELTA DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI" l'EC7, al punto 2.4.5.2 2(P), recita: *Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite". Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore o stima, a favore della sicurezza. A tal riguardo, l'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici, è di natura statistica (Nori, 2009).*

Sulla base di quanto precedentemente esposto, si è operata un'elaborazione statistica - secondo le metodiche tecniche (percentili) previste dalle norme - dei dati disponibili, ottemperando così alle disposizioni del D.M. 14/01/08.

Si è giunti a delineare per i litotipi di copertura presenti nei siti e per le diverse condizioni al contorno - zonazione che tiene conto delle variabilità delle profondità, ecc - i seguenti campi di variabilità e valori medi (m) e caratteristici (k) dei principali parametri geotecnici (criterio di rottura alla Mohr-Coulomb) - approccio Bayseriano (Cherubini e Orr, 1999):

$$x_k = x_m * (1 - (CV/2))$$

dove: x_k = valore caratteristico e CV = coefficiente di variazione.

3.2.1 del terreno

Il suolo è schematizzabile come un masso detritico omogeneo a taglia granulare (sabbia + ghiaia) a resistenza meccanica principalmente attritiva, espressa dall'*angolo di resistenza al taglio* ϕ' ; la pseudocoazione dovuta alla presenza di matrice limosa e all'addensamento dello scheletro granulare in presenza di frange capillari è nettamente subordinata in valore assoluto, ma fornisce al masso un decisivo contributo alla stabilità anche in presenza di configurazioni morfologiche proibitive per solo attrito (es. fronti).

Mediamente si possono stimare i seguenti valori medi e prudenziali dei parametri geotecnici:

peso di volume naturale	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
resistenza al taglio non drenata	$c_a = 10 \text{ kPa}$
angolo di resistenza al taglio	$\phi' = 33^\circ$
permeabilità	$K = 0.5 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$

Per quanto riguarda la **bancata rocciosa**, la qualità dell'ammasso migliora con la profondità, per prudenza si forniscono i valori medi dei

parametri di resistenza dei livelli allentati superficiali, assimilati a mezzo continuo equivalente di qualità discrete (Bieniawski):

Al fine di valutare le caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso interessato dal piano di posa delle fondazioni si è proceduto alla determinazione dell'indice RMR (Rock Mass Rating) di BIENIAWSKI, risultato della somma dei valori numerici relativi a 6 parametri caratterizzanti l'ammasso roccioso, a loro volta suddivisi in 4 ÷ 7 classi ciascuno.

Nella tabella di seguito allegata sono riportati gli elementi di calcolo dell'RMR, che indicano un valore globale pari a **59**.

TABELLA ① Da: ENGINEERING ROCK MASS CLASSIFICATION (June 1989)

PARAMETRI		SCALA DI VALORI							
1	RESISTENZA	Carico puntuale (MPa)	> 10	4 ÷ 10	2 ÷ 4	1 ÷ 2	Non applicabile		
	ROCCIA INTATTA	Compressione uniaassiale (MPa)	> 250	100 ÷ 250	50 ÷ 100	25 ÷ 50	5 ÷ 25	1 ÷ 5	< 1
	INDICE		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90 ÷ 100 %	75 ÷ 90 %	50 ÷ 75 %	25 ÷ 50 %	< 25%		
	INDICE		20	17	13	8	3		
3	SPAZIATURA GIUNTI		> 2 m	0.6 ÷ 2 m	200 ÷ 600 mm	60 ÷ 200 mm	< 60 mm		
	INDICE		30	25	20	10	5		
4	CONDIZIONI GIUNTI		Superfici molto scabre non continue, non separate Superfici dei lembi dure.	Superfici scabre Apertura < 1 mm Superfici dei lembi dure.	Superfici scabre Apertura < 1 mm Superfici dei lembi soffici.	Superfici lisce o laminate riempimento < 5 mm apertura 1-5 mm Giunti continui	Riempimento tenero spessore > 5 mm giunto aperti > 5 mm Giunti continui		
	INDICE		30	25	20	10	0		
	Condizioni	Rapp. Pre nei giunti/	0	< 0.1	0.1 ÷ 0.2	0.2 ÷ 0.5	> 0.5		
	idriche	Condizioni generali	asciutto		umido	acqua non in pressione	Acqua in debole pressione	Severi problemi idraulici	
	INDICE		15	10	7	4	0		

TABELLA ② - Proprietà meccaniche e comportamento degli ammassi rocciosi secondo Bieniawski

N = $\sum n_i$	0 ÷ 20	21 ÷ 40	41 ÷ 60	61 ÷ 80	81 ÷ 100
CLASSE	V°	IV°	III°	II°	I°
QUALITÀ DELL'AMMASSO	molto scadente	scadente	discreta	buona	ottima
c (Kg/cm ²)	< 1.0	1.0 ÷ 2.0	2.0 ÷ 3.0	3.0 ÷ 4.0	> 4.0
ϕ	< 15°	15° ÷ 25°	25° ÷ 35°	35° ÷ 45°	> 45°
GIUDIZIO SULLE DIFFICOLTÀ DELLO SCAVO	nessuna difficoltà	può essere cavato facilmente Frammentazione notevole	discrete difficoltà	si cava con difficoltà Frammenti di notevoli dimensioni	notevoli difficoltà di scavo

Al valore **59** corrisponde un ammasso roccioso appartenente alla classe III° di Bieniawski, di qualità DISCRETA, a cui si può attribuire una *coesione compresa tra 2.0 e 3.0 Kg/cm² ed un angolo di attrito di 25° ÷ 35°*.

Di conseguenza si possono ascrivere i seguenti valori medi prudenziali dei parametri meccanici di resistenza:

peso di volume	$\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$
angolo di resistenza al taglio lungo giunto	$\phi = 30 \text{ kPa}$
coesione (ponti di roccia)	$c = 150 \text{ kPa}$

3.2.2 di progetto

Per passare dai valori caratteristici (x_k) ai valori di progetto (x_d) vengono applicati i fattori di riduzione (fattori di sicurezza parziali) in accordo con la norma vigente (Applicazione 1, Combinazione 2 A2+M2+R2).

Coefficienti parziali per i parametri del terreno (§ 6.2.3.1.2 DM 14/1/08).

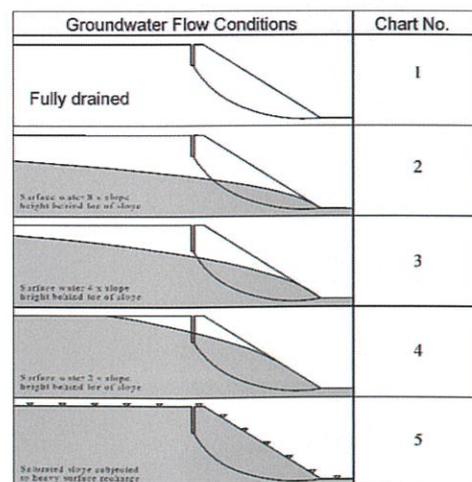
<i>Terreno sciolto</i>			
COMBINAZIONE	M1	M2	
Peso di volume	19	19	kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	33	27.5	°
Resistenza al taglio non drenata	10	7.1	kPa

Bancata rocciosa			
COMBINAZIONE	M1	M2	
Peso di volume	24	24	kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	30	24.8	°
Resistenza al taglio non drenata	150	120	kPa

3.3 Fronti di scavo

Gli interventi in progetto comporteranno l'apertura di fronti di scavo nell'ordine dei 3.5÷4.0, realizzati quasi esclusivamente in detrito sciolto alla cui stabilità a *breve termine* contribuisce anche la coesione apparente (pseudocoazione), fornita dalla presenza, seppur minima, di materiali limosi nella matrice del deposito e dalle forze di natura superficiali (tensioni capillari, cementazione apparente, fenomeni di *aging*; ecc. considerando cautelativamente i parametri geotecnici di progetto (§ 3.2.2).

Per terreno sciolto, dotato di resistenza prevalentemente per attrito, e secondariamente per coesione apparente; la verifica di stabilità è condotta con il metodo dei cerchi di stabilità di HOEK & BRAY nell'**ipotesi 2** che prevede cautelativamente la presenza costante di un, seppur limitato, deflusso idrico sotterraneo.



Secondo le direttive delle N.T.C. (D.M. 14/1/2008 e Circ. Min. 2/2/2009, n° 617), la verifica è condotta secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2:

$$(A2 + M2 + R2) \quad \gamma_R = 1.1$$

Poiché nell'uso delle carte di stabilità non sono chiaramente esplicitate le resistenze e le azioni e non è pertanto possibile applicare direttamente il coefficiente parziale γ_R alla resistenza, si opera come segue.

Dovendo risultare: $R_d \geq E_d$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \times R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad F = \frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

in cui R_d è la resistenza di progetto, E_d le azioni di progetto, F_d il coefficiente di sicurezza e il termine tra parentesi quadre esprime la dipendenza della resistenza dalle azioni di progetto (la forza di gravità nel caso di fronti di scavo), dai parametri di progetto e dalla geometria di progetto, rielaborando le equazioni risulta che la verifica è soddisfatta quando:

$$F_d = \frac{R_d}{E_d} = \frac{R}{\gamma_R \times E_d} = \frac{F}{\gamma_R} \geq 1$$
$$F \geq 1.1$$

in cui F è il fattore di sicurezza ottenuto senza preventiva penalizzazione della resistenza.

L'incrocio dei segmenti relativi ai due valori corrisponde ad una pendenza

β del fronte di circa 50° . [Fig. 1]

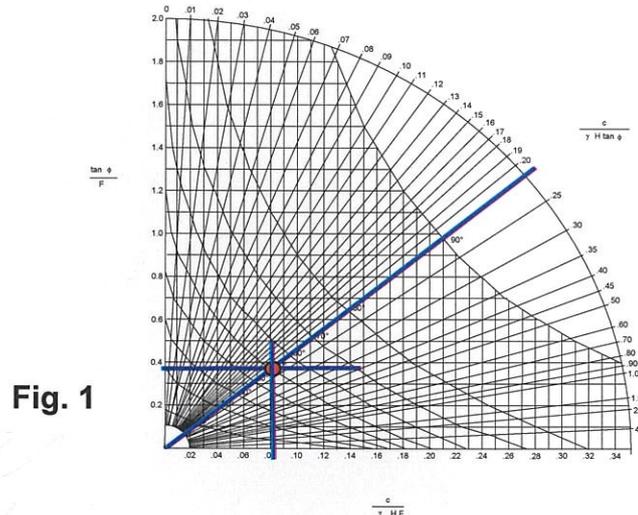
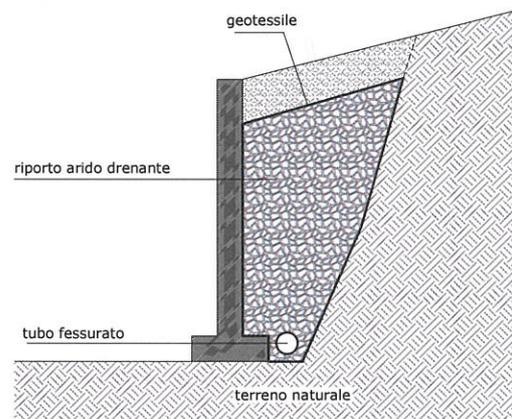


Fig. 1

La pendenza di progetto è valida esclusivamente a breve termine, e per il tempo strettamente necessario alla costruzione delle opere; in prossimità del ciglio superiore dello scavo non dovrà essere posto alcun sovraccarico – nemmeno temporaneamente. Si sottolinea inoltre che in fase di scavo bisognerà controllare l'effettiva rispondenza tra le caratteristiche geotecniche dei litotipi scavati (depositi detritico/alluvionali) e le loro caratteristiche geotecniche effettive, differendo di conseguenza le pendenze di scavo di cantiere.

3.4 Drenaggi

Considerando la possibilità reale di percolazioni idriche dal versante, si ritiene indispensabile, infine, prevedere a tergo di ogni opera interrata, la realizzazione di un importante setto drenante che intercetti ed allontani le acque superficiali e di percolazione, allo scopo di garantire dalla possibilità che l'imbibizione possa abbassare i parametri geotecnici del terreno sedime superficiale e di evitare pericolosi aumenti di spinta del terreno contro il paramento o scivolamenti rotazionali della base delle fondazioni.



3.5 Smaltimento acque meteoriche

La pioggia di progetto per il calcolo dei volumi d'acqua meteorica intercettata è espressa dalla *curva segnalatrice di possibilità pluviometrica* per tempo di ritorno T_r di 50 anni che, per la Zona 3 della *Carta di delimitazione delle zone omogenee per le piogge intense*, ha equazione:

$$h = 40,8 \times t^{0,33}$$

dove h è in millimetri e t è espresso in ora.

Il *Regolamento del servizio fognatura* comunale consente (Art. 10) sia lo scarico in fognatura bianca sia la canalizzazione e lo smaltimento diretto negli strati superficiali del sottosuolo; quest'ultima ipotesi è fattibile alla luce delle caratteristiche litologiche e geometriche dell'acquifero sottostante e del fatto che esso non è soggetto né a protezione né a rispetto.

Sulla base di tali considerazioni ed in presenza di ampie superfici pavimentate consiglia differenziare lo smaltimento delle varie superfici.

In particolare per la strada d'accesso e per i parcheggi pubblici si prevede lo smaltimento diretto nella roggia Da Pont attraverso una tubazione posizionata lungo la sede stradale. Per ogni singolo lotto si prevede l'allontanamento nella *Roggia da Pont* previo accumulo e laminazione in idonea vasca dotata di scarico di fondo calibrato in 2.0lsec/1000 m².

Relativamente a Via per Ariol e i lotti direttamente sovrastanti (3 e 4₁₋₂) che si trovano a quota inferiore alla roggia, si prevede la dispersione nel sottosuolo attraverso una idonea trincea disperdente posizionata nel rilevato stradale stesso.

Di seguito si riporta uno schema del sistema di dispersione proposto, una tabella riassuntiva delle volumetrie e portate di laminazione dei singoli lotti necessarie nonché il calcolo di verifica e dimensionamento delle condotte e della trincea disperdente prevista sotto Via per Ariol.

SCHEMA DIFFERENZIAZIONE SUPERFICI



N° lotto	m ²	-	Volume acqua (m ³)	l/sec.
Strada (lottizzazione)	2600		95.3	63.35
P1	335		12.3	8.16
P2	580		21.3	14.13
TOTALE			128.9	85.64

N° lotto	edificio (m ²)	area sovrastante interrato (m ²)	Volume vasca laminazione (m ³)	scarico max (l/sec.)
1/A	288	865	22	2.3
1/B	180	805	17	2.0
1/C ₁₋₂	457	1250	33	3.4
2/A ₁₋₂	340	1250	29	3.2
2/B ₁₋₂	457	1375	34	3.7
2/C	170	620	14	1.6
6 ₁₋₂	320	980	24	2.6
7 ₁₋₂	260	810	20	2.2
8 ₁₋₂	260	790	20	2.1
9 ₁₋₂	260	855	20	2.2
10	226	580	16	1.6
11	186	470	13	1.3
TOTALE				28.2

N° lotto	edificio (m ²)	area sovrastante interrato (m ²)	Volume acqua (m ³)
Strada (via per Ariol)	1200	-	44
3	160	510	12
4₁₋₂₋₃	530	1040	32
5	96	654	13
TOTALE			101

Per il dimensionamento della condotta generale, da posizionare nella strada di lottizzazione, e che dovrà convogliare i **113.4 l/sec** (strada 85.2 l/sec

+ scarico di tutte le vasche di laminazione 28.2 l/sec) nella sottostante Roggia da Pont, utilizzando la formula di Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler e nell'ipotesi cautelativa di una pendenza costante della condotta del 5% e di tubazioni in cemento, risulta di gran lunga sufficiente una tubazione con diametro \varnothing 300 mm.

Calcolo trincea disperdente: La capacità d'infiltrazione oraria Q_f di una trincea disperdente, calcolata con la formula sviluppata dall'Association of the Rainwater Storage and Infiltration Technology (ARSIT):

$$Q_f = C \times K_s \times L \times (a \times H + b)$$
$$a = 3.093 \quad b = 1.34 \times W + 0.677$$

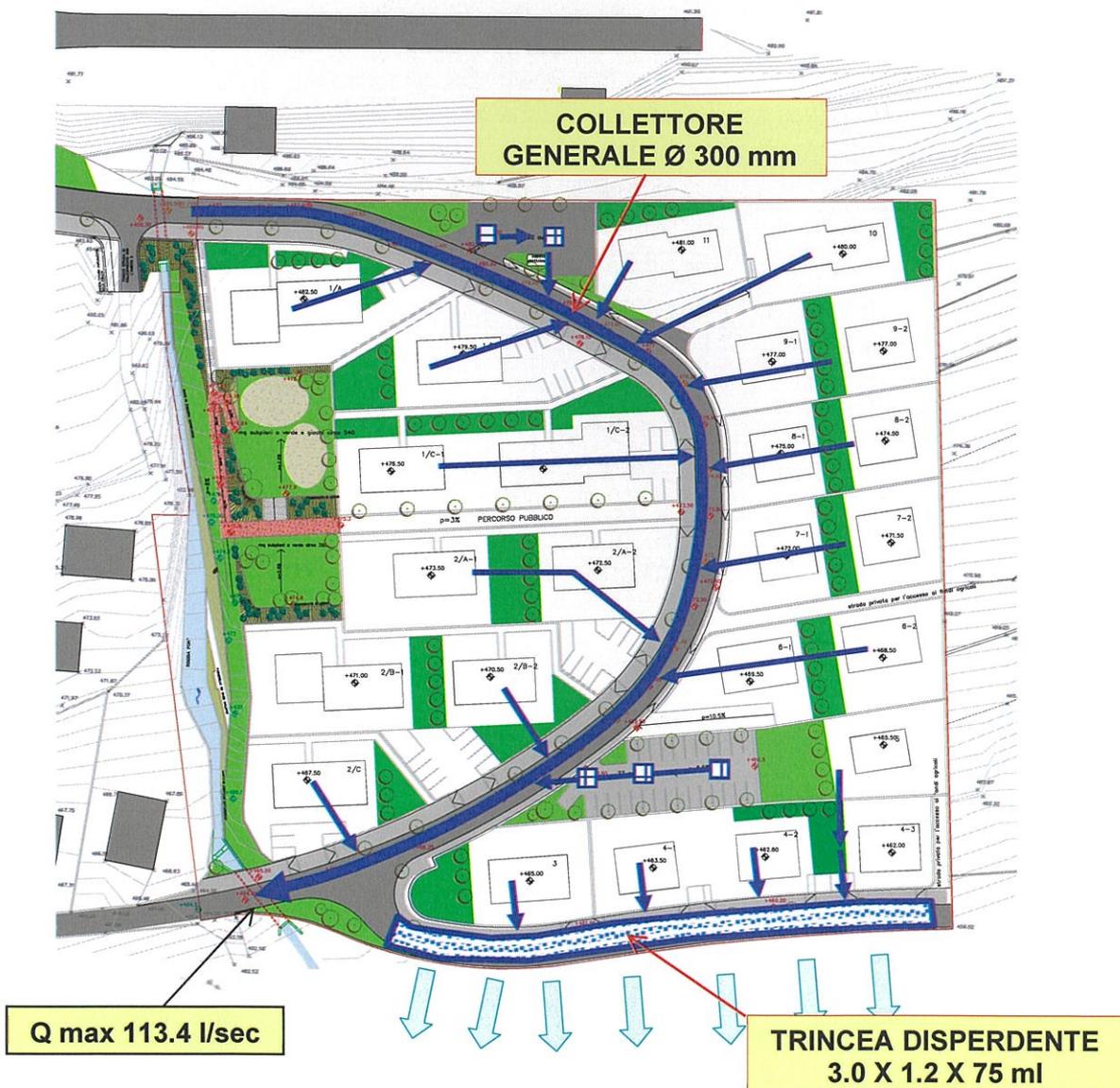
$C = 0.9$; L = lunghezza trincea; H = altezza trincea
 a, b = coefficienti empirici; W = larghezza trincea

Dalla verifica, considerando un'apewrmeabilità de sedime cautelativamente ridotta in 5×10^{-5} m/sec, emerge la necessità di una trincea larga almeno **30 metri, alta almeno 1.2 e lunga complessivamente 75 metri.**

calcolo trincea disperdente con A.R.S.I.T Association of the Raiwater Storage and Infiltration Tecnology		
Volume da smaltire		101 mc
Permeabilità	K =	5,00E-05 m/sec
Larghezza		3 m
Profondità efficace		1,2 m
Lunghezza		75 m
Volume disperso		101,4 mc

Sul fondo dello scavo per la trincea, profondo circa 2.0 metri, saranno posti tubi forati in cemento del diametro di almeno a 0.5 metri per aumentare il volume d'accumulo stazionante.

Per il riempimento circostante si utilizzerà materiale granulare drenante, separato dal terreno naturale, da un idoneo geotessile anti intasamento ad elevata permeabilità.



3.6 Conclusioni geotecniche

Redatto in conformità ai DD.MM. 11/3/1988 n°127 e 17/1/2018 (N.T.C.),

lo studio del settore di territorio interessato dall'Ambito 3 della Lottizzazione prevista in loc. Ariol di Vigolo Baselga, ha evidenziato un assetto geologico (generalmente inteso) assolutamente favorevole all'urbanizzazione prevista (rotatoria - viabilità - parcheggi - verde attrezzato), in virtù della conclamata stabilità dei suoli emersa dall'assenza di processi morfogenetici in atto o anche solo potenziali o quiescenti.

In tutta l'area sono presenti livelli di copertura detritica nell'ordine dei 1.5÷3.0 metri e pertanto le strutture fondazionali interesseranno ampiamente la bancata rocciosa.

Nella realizzazione degli scavi è possibile sagomare i fronti di sbancamento, secondo un angolo di 50°÷55°, per l'intervallo temporale ristretto alla rapida esecuzione dei muri e alla posa in opera del drenaggio perimetrale.

Relativamente allo smaltimento del materiale scavato, con riferimento alla D.L. n° 161 del 8/10/2012 (*Linee guida e indicazioni operative per l'utilizzo di terre e rocce da scavo*) si dichiara che i terreni (sciolti e roccia), presenti nell'area sono **di sicura origine naturale (tipo T1)**. Il materiale presenta

ottime caratteristiche geotecniche, che permetterebbero il suo utilizzo per riporti riempimenti e/o in sostituzione del materiale da cava.

Attualmente non sono definite le modalità di gestione del materiale scavato; nell'eventualità di *conferimento in discarica* sono da considerare "rifiuti speciali" (codice CER 17.05.04) la cui gestione deve avvenire ai sensi della normativa in materia di gestione rifiuti (Parte IV del D.Lgs. 152/06 s.m.i.).

Relativamente allo smaltimento delle acque meteoriche intercettate dalla viabilità interna nonché dai vari lotti (edifici, piazzali ecc.), si prevede la realizzazione di un collettore generale in asse con la strada di lottizzazione stessa; dalle verifiche delle portate in gioco si reputa ottimale una tubazione con diametro non inferiore a 300 mm che scaricherà nella Roggia da Pont. Nel collettore sono fatte convergere anche tutte le acque intercettate dai vari lotti ed opportune "lamine" in specifiche vasche dotate di rilascio calibrato (tabella pag. 37). Dalle verifiche emerge nettamente come la roggia sia perfettamente in grado di accettare il limitato (in proporzione) aumento di portata (113,4 l/sec).

Per il settore più depresso (edifici 3, 4/1/2/3, 5) si prevede lo scarico diretto nel sottosuolo attraverso una specifica trincea disperdente (dimensioni posizionata sotto la sede stradale).

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17

gennaio 2018 “nuove norme tecniche per le costruzioni” fa riferimento alla relazione geologica del progetto definitivo e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare le opere di urbanizzazione e della gestione generale delle acque meteoriche. La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno riguarda la fase del progetto definitivo e dovrà essere eventualmente integrata, in fase esecutiva, con tutte le previste verifiche di sicurezza e delle prestazioni di cui al cap. 6.2.3. delle NTC.

Relativamente ai singoli edifici, ogni approfondimento geotecnico (parametrazione di dettaglio dei terreni, stabilità di fronti di scavo e rilevati), e ambientale (disciplina delle terre e rocce da scavo) dovrà essere di necessità rimandato alla progettazione esecutiva dei vari lotti ed alla singola richiesta di autorizzazione ad edificare.

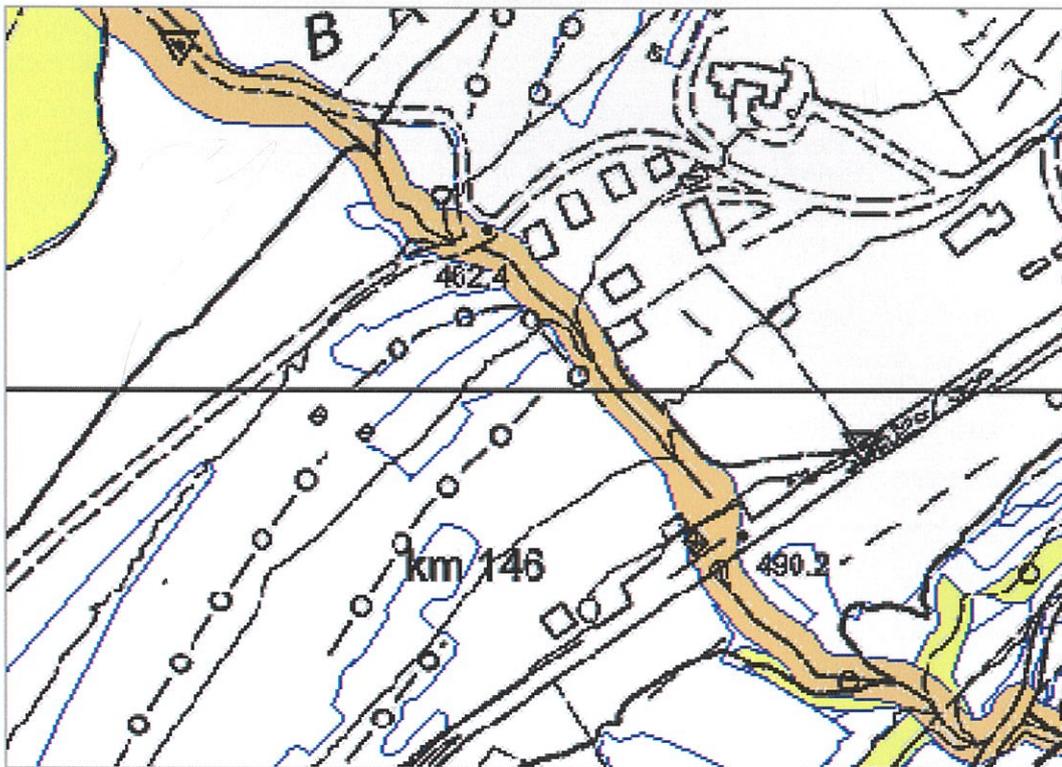
Trento, gennaio 2020



4. CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITÀ (APP)

4.1 Verifica Roggia da Pont

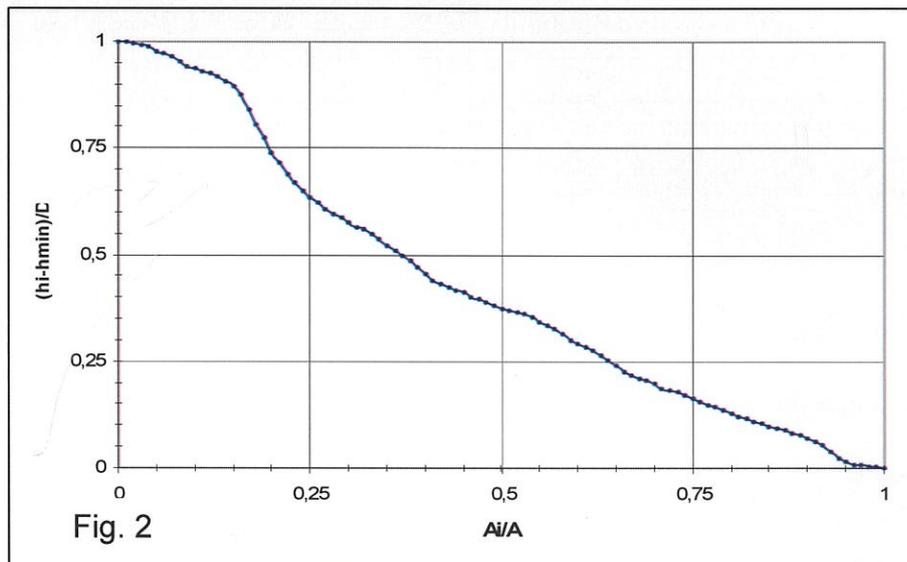
Secondo la Carta di Sintesi della Pericolosità, confine con l'AMBITO 3 è presente l'incisione della *Roggia da Pont* la cui fascia d'alvei è classificata APP (Art. 18)



L'alveo è artificiale nel terzo superiore dell'Ambito stesso, dallo sbocco a valle della S.S. fino all'isoipsa 480 metri s.l.m. Il rio nasce nell'intorno di quota 750 metri s.l.m. in corrispondenza di un allineamento di sorgenti a monte di Baselga del Bondone; l'alveo attivo ha lunghezza di 1,86 Km.

Le caratteristiche del bacino alla sezione di chiusura coincidente con la S.S. sono sintetizzate nel seguito e nella curva ipsometrica di Fig. 2.

Area del bacino sotteso	$A = 1,74 \text{ km}^2$
Quota minima	$Q_{\min} = 492 \text{ metri s.l.m.}$
Quota massima	$Q_{\max} = 1490 \text{ metri s.l.m.}$
Quota media	$Q_m = 860 \text{ metri s.l.m.}$
Pendenza media	$i = 36\%$
Lunghezza del collettore allo spartiacque	$L = 4,19 \text{ km}$



Il bacino è quasi interamente ricavato in roccia sub affiorante (successioni carbonatiche e calcareo marnose del Mesozoico e del Terziario), con l'eccezione di un lembo del dosso di località "Pinara" (paleofrana di crollo) e del tratto compreso tra Baselga del Bondone e la S.S.

La stima della massima portata in alveo con il metodo del Soil Conservation System (S.C.S.):

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

dove:

- V** = volume di deflusso superficiale (mm)
- P_n** = pioggia netta (mm)
- S** = contenuto idrico massimo del suolo (mm)
- W** = contenuto idrico del suolo (mm)

La pioggia netta P_n si distribuisce completamente tra volume di deflusso (V) e contenuto idrico del suolo (W), e si ottiene detraendo dalla pioggia totale P (altezza di pioggia) le perdite iniziali I_a del sistema idrologico:

$$P_n = P - I_a = W + V$$

Il parametro P rappresenta l'altezza massima di pioggia determinata da analisi probabilistica per tempo di ritorno di 200 anni dall'Azienda Speciale di sistemazione Montana della P.A.T. (1976):

$$P = 49,5 \times t^{0,32}$$

dove il tempo t (in ore) è stato assunto pari al tempo di corrivazione T_c del bacino (Giandotti):

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1,5 \times L}{0,8 \times \sqrt{(Q_m - Q_{\min})}} = 0,46 \text{ ore}$$

con A (area bacino) in Km², L (lunghezza del corso d'acqua esteso allo spartiacque) in Km.

Le perdite iniziali (I_a), in base a riscontri sperimentali, sono correlate con

il contenuto idrico massimo S del suolo mediante la relazione:

$$I_a = 0.2 \times S^{[1]}$$

Combinando le varie relazioni si ottiene:

$$V = \frac{(P - 0.2 \times S)^2}{P + 0.8 \times S}$$

Per il calcolo del parametro S è stato introdotto un nuovo parametro **CN** (*Curve Number*) che rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso ed è calcolato sulla base di parametri geo - pedologici e vegetazionali:

$$CN = \frac{25400}{254 + S}$$

da cui:

$$S = 25.4 \times \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

I valori di CN (*Curve Number*) sono tabulati in funzione della categoria di suolo (spessore e natura della copertura detritica, condizioni di drenaggio) e dell'uso del suolo (presenza e tipo di vegetazione); nel caso in esame, il bacino ricade interamente nella Categoria C (*Tabella 5*), in condizioni idrologiche "discrete", e la copertura è esclusivamente rappresentata da bosco (*Tabella 6*). Il valore di CN corrispondente è pari a 73.

¹ Questa relazione è risultata non sempre adeguata ai nostri bacini montani ed è stato verificato essere più corretto adottare valori per le perdite iniziali rientranti nell'intervallo 5 ÷ 10 mm.

Tabella 5 - Classificazione "idrogeologica" dei suoli in base alle caratteristiche stratigrafiche e tessiturali dei depositi.

GRUPPO A

Bassa capacità di deflusso. Suoli con elevata infiltrabilità anche quando saturi; sabbie e ghiaie profonde ben drenate. Notevole conducibilità idrica.

GRUPPO B

Suoli con moderata infiltrabilità se saturi. Discretamente drenati e profondi, tessitura medio grossa e conducibilità idrica non molto elevata.

GRUPPO C

Suoli con bassa infiltrabilità se saturi. Hanno per lo più uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso, oppure hanno tessitura medio fine e bassa infiltrabilità e conducibilità idrica

GRUPPO D

Capacità di deflusso elevata. Suoli con infiltrabilità ridottissima se saturi. Sono suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, suoli con strati di argilla presso la superficie, suoli poco profondi su substrati impermeabili. Conducibilità idrica estremamente bassa.

I valori di CN di *Tabella 6* fanno riferimento ad uno stato di saturazione del suolo antecedente all'evento meteorico generatore della massima piena corrispondente al valore di AMC II (Antecedent Moisture Content) di *Tabella 7*; nel caso in esame, è opportuno considerare condizioni di saturazione ancora più gravose, quali quelle espresse dal valore AMC III.

Il corrispondente valore di CN^(III) è pari a **87**.

Tipo di copertura			Classe del suolo			
Uso del suolo	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggesi	a solchi dritti	-	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi dritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi dritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
Grani piccoli	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
	a solchi dritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi dritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
	a solchi dritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi dritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
Pascoli	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
	a reggipoggio	cattiva	68	79	86	89
	a reggipoggio	discreta	49	69	79	84
Prati	a reggipoggio	buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
Boschi	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
		buona	30	58	71	78
		cattiva	45	66	77	83
Aziende agricole		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
		-	59	74	82	86
Strade sterrate		-	72	82	87	89
Str. pavimentate		-	74	84	90	92

Tabella 6: Valori dei coefficiente di deflusso (C) e del Curve Number (CN) in base alla destinazione d'uso dei suoli.

AMC II	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
Valori di CN*																				
AMC I	100	87	78	70	63	57	51	45	40	35	31	26	22	18	15	12	9	6	4	2
AMC III	100	98	96	94	91	88	85	82	78	74	70	65	60	55	50	43	37	30	22	13

AMC	Precipitazione P caduta nei 5 giorni precedenti l'evento in esame	
	Periodo vegetativo	Riposo vegetativo
I	$P < 35 \text{ mm}$	$P < 13 \text{ mm}$
II	$35 \text{ mm} < P < 53 \text{ mm}$	$13 \text{ mm} < P < 28 \text{ mm}$
III	$P > 53 \text{ mm}$	$P > 28 \text{ mm}$

Tabella 7: Grado di saturazione all'inizio dell'evento piovoso.

4.1.1 Portata massima temibile

Per quanto riguarda il calcolo della *portata massima temibile* Q_p , statisticamente è stato trovato che nel corso del tempo di accumulo T_a (picco dell'idrogramma di deflusso) defluisce mediamente il 37,5% del volume totale di acqua rappresentato nell'idrogramma, da cui risulta $T_a = 0,375 \times T_b$ ($T_b =$ tempo di base $= T_a + T_e$). Poiché, semplificando, un idrogramma può essere ricondotto alla forma triangolare, il volume dei deflussi superficiali risulta:

$$V = \frac{Q_p}{2} \times (T_a + T_e)$$

dove:

Q_p = valore al colmo

T_a = tempo di accumulo o di concentrazione

T_e = tempo di esaurimento

Combinando le diverse relazioni si ottiene: $V = \frac{Q_p}{2} \times 2,67 \times T_a$

Esprimendo V in mm, T_a in ore, Q_p in m^3/sec e l'area del bacino in Km^2

si ottiene: $Q_p = 0,21 \times \frac{V \times A}{T_a}$

Per determinare il valore di T_a viene introdotto un nuovo parametro, il *tempo di ritardo* T_L , corrispondente all'intervallo tra il baricentro del pluviogramma delle piogge efficaci ed il colmo dell'idrogramma di piena ossia allo sfasamento temporale tra l'apporto meteorico efficace e l'ondata di piena;

una relazione empirica lega direttamente il tempo di ritardo al tempo di
corrivazione del bacino:

$$T_L = 0.6 \times T_c$$

Nell'ipotesi semplificativa di una precipitazione di intensità costante il
pluviogramma è rettangolare ed il baricentro coincide col centro geometrico;

la relazione diviene pertanto:

$$T_a = T_L + \frac{1}{2} T_p$$

Considerata la piccola estensione del bacino in esame, è più corretto
porre $T_p = T_c$ per evitare che la durata della precipitazione sia maggiore del
tempo di accumulo.

In definitiva:

CN(III)	87
S (mm)	37,95
I _a (mm)	7,59
T _L (ore)	0,28
T _p = T _c (ore)	0,46
T _a (ore)	0,51
P (mm)	40
V (mm)	15
Q_p (m³/s)	3

Nel bacino imbrifero non sono censiti o noti né dissesti né fenomeni
erosivi sul fondo o laterali in alveo tali da alimentare significativi fenomeni di
trasporto solido in alveo; il "peso" del trasporto solido è stimato dell'ordine del
30% della portata liquida, per cui la portata totale in alveo è dell'ordine di **4**
m³/s.

4.1.2 Verifica della sezione d'alveo

Nel tratto artificiale a valle della S.S. l'alveo della roggia è rettangolare, con sponde in cemento di 1,8 metri di altezza media h e larghezza b di 1,5 metri; sponde e fondo sono pulite, la pendenza media si aggira sul 5%. È questo iniziale il tratto più costretto, poiché a valle dell'isoipsa 179 metri s.l.m. l'alveo si approfondisce in roccia.

Si utilizza la formula di GAUKLER – STRICKLER (deflusso in regime stazionario):

$$Q = A \times k_s \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$$

in cui:

A = superficie della sezione
 k_s = coefficiente di scabrezza
 R_h = raggio idraulico
 i = pendenza d'alveo

Il coefficiente di scabrezza K_s è desunto da tabelle pari a 20.

Considerati noti i seguenti dati del problema:

Q = portata di massima piena = 1,5 m³/s
 β = angolo di inclinazione delle ripe = 90°
 i = pendenza media = 5%
 b = larghezza fondo alveo = 1,5 metri

e considerato che l'area liquida A e il perimetro bagnato P possono essere espressi come:

$$A = (b + H \times \cot \alpha) \times H$$

$$P = b + \frac{2 \times H}{\sin \beta}$$

è possibile esplicitare la formula di Gaukler - Strickler in funzione dell'altezza H della sezione fluida in occasione della portata di massima piena:

$$(b + H \times \cot \alpha) \times H = \frac{Q}{K_s \times \sqrt{i}} \times \left[\frac{(b + H \times \cot \alpha) \times H}{b + \frac{2 \times H}{\sin \beta}} \right]^{-2/3}$$

Poiché l'incognita H compare in entrambi i termini dell'equazione, la soluzione si ottiene per iterazioni a partire da un valore arbitrariamente assunto (= 1 metro) fino alla convergenza; questa è raggiunta per un valore di H pari a circa **1 metro**, nettamente inferiore all'altezza delle sponde sia artificiali sia naturali.

L'attuale alveo della roggia si trova abbondantemente incassato e inciso nella bancata rocciosa e con tali presupposti in grado di accettare la portata globale massima temibile di circa 3000 l/sec e quindi è del tutto evidente come sia perfettamente in grado di sopportare il limitato aumento di portata delle acque meteoriche intercettate da tutti gli edifici e dalla viabilità di 113,4 l/sec.

Trento, gennaio 2020

