



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DEL V.C.O.



COMUNE DI BOGNANCO

UTILIZZAZIONE A SCOPO IDROELETTRICO DEL RIO ACQUAMORTA
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI CENTRALE IDROELETTRICA

D.Lgs. n° 387 del 29/12/2003 e s.m.i.

L.R. n° 40 del 14 dicembre 1998 s.m.i. - art. 12 - Fase di V.I.A.

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Committente:

Soc.
EDIFICA S.r.l.
Via Marconi, 14
28845 Domodossola (VB)

Data:

Giugno 2016



STUDIO GEOLOGICO MARANGON

Via Bonomelli N°16
28845 Domodossola (VB)
tel. +39 0324 249100 fax. +39 0324 249100
e-mail: marageo@libero.it

Il tecnico
Dott. Geol. Paolo Marangon

INDICE

INDICE	1
1. PREMESSA.....	2
1.1 Vincoli e rapporti rispetto al quadro programmatico di settore	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	2
3. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO.....	3
3.1 Movimentazione di materiale.....	3
4. CENNI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	3
4.1 Geologia locale	4
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE	4
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	5
6.1 Individuazione della pericolosità del sito	5
6.2 Scelta della strategia di progettazione	6
6.3 Determinazione dell'azione di progetto	7
6.3.1 Categoria di sottosuolo	8
6.3.2 Amplificazione stratigrafica	8
6.3.3 Amplificazione topografica	9
6.4 Accelerazione massima di progetto.....	9
7. IDROLOGIA.....	9
7.1 Idrologia superficiale.....	9
7.2 Idrologia sotterranea.....	10
8. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI TERRENI.....	10
9. CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO.....	11
10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	11
11. CONSIDERAZIONI SULL'INTERAZIONE TRA LA DERIVAZIONE IN PROGETTO E L'EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO DEL RIO ACQUAMORTA	13
12. ANALISI DELLE POSSIBILI INTERFERENZE TRA LE OPERE IN PROGETTO E LA DINAMICA DEL CORSO D'ACQUA.....	14
13. STABILITA' DELLE AREE ATTRAVERSATE	14
13.1 Analisi geostrutturale	15
13.2 Verifiche di stabilità in roccia	16
14. PREVISIONI SUL TERRENO D'IMPOSTA.....	18
15. CALCOLO DEL CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE	18
16. CRITERI TECNICO-ESECUTIVI.....	19
17. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	20

1. PREMESSA

La presente indagine geologico-tecnica è stata redatta in riferimento al *D.M.14 gennaio 2008* ed ai sensi della *L.R. 9 agosto 1989 n°45 (aree sottoposte a vincolo idrogeologico)*, a supporto del progetto di realizzazione di una centrale idroelettrica ad acqua fluente con derivazione d'acqua dal Rio Acquamorta, nel territorio del Comune di Bognanco (VB), proposto dalla Ditta EDIFICA S.r.l., così come riportato dagli elaborati Tecnici a firma dell'Ing. S. Alberti Giani e Arch. F. Dalla Pozza.

L'indagine effettuata si è posta l'obiettivo di evidenziare le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area lungo la quale è prevista la realizzazione dell'opera, nonché stabilire i parametri geotecnici, nonché valutare le condizioni di equilibrio dei terreni di imposta.

A tale scopo ci si è procurati una serie di dati bibliografici e la cartografia della zona e, dopo averne preso visione, è stata eseguita una dettagliata analisi, la quale ha permesso di evincere i caratteri geologici generali.

A questa fase ha fatto seguito una fase di rilievo, al fine di osservare le caratteristiche geomorfologiche dello stesso, nonché ricavare i dati tecnici essenziali per stabilire la fattibilità dell'opera.

I risultati ottenuti hanno permesso di valutare la compatibilità dell'opera con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico del territorio interessato secondo quanto previsto dalla legislazione vigente, ponendo particolare attenzione alla stabilità del terreno di imposta e valutando, inoltre, l'incidenza della scelta progettuale nei confronti di un ottimale inserimento nel contesto ambientale ed idrogeologico.

1.1 Vincoli e rapporti rispetto al quadro programmatico di settore

Il territorio interessato dalla realizzazione dell'impianto in progetto è sottoposto ai vincoli della L.R. 45/89 s.m.i. e del D.Lgs. 42/04.

L'analisi del Progetto IFFI ha consentito di rilevare come lo sviluppo della soluzione progettuale proposta non interferisce con aree di dissesto censite.

Dalla consultazione della cartografia tematica del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) si rileva che l'impianto non interferisce con aree di dissesto censite.

Il Comune di Bognanco è regolamentato dal P.R.G.C. redatto ai sensi della L.R. n° 56/77 e s.m.i.

La consultazione dell'elaborato tematico "*Carta della propensione al dissesto*" classifica l'area di intervento in settore a "degradabilità scarsa (in condizioni normali)" mentre il settore di valle dove verrà realizzato l'edificio centrale in area a "degradabilità sensibile".

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Topograficamente l'intervento è localizzato sulla tavoletta I.G.M. in scala 1:25000 "Bognanco" III N.E. del foglio 15 della Carta d'Italia, e sulla C.T.R. in scala 1:10000 - sezione 051070 "Bognanco".

L'area in oggetto è ubicata nella Valle Bognanco, ed è individuabile nella porzione di versante a monte di Bognanco Fonti, lungo la sponda idrografica destra del rio Acquamorta.

Le quote topografiche interessate dall'intervento risultano comprese tra i 665 metri s.l.m. e 698 metri s.l.m. circa.

3. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

Le opere che costituiscono la centrale idroelettrica in progetto sono ubicate sul lato idrografico destro del Rio Acquamorta, tributario di sinistra del T. Bogna.

L'impianto prevede la derivazione sul Rio Acquamorta, con opera di presa e apparato sghiaiatore/vasca di carico in sponda destra, condotta forzata Ø 400 mm, edificio centrale e canale di scarico nel rio Acquamorta.

La lunghezza della condotta, dalla vasca di carico alla centrale di produzione, sarà di circa 126 metri con percorso interrato, da qui attraverso un canale di scarico interrato restituirà le acque nel rio Acquamorta poco prima dell'immissione nel T. Bogna.

Le caratteristiche peculiari di progetto sono state dettagliatamente descritte nella relazione tecnica e negli elaborati cartografici, redatti dai Tecnici Ing. Simone Alberti Giani e Arch. Fabio Dalla Pozza.

3.1 Movimentazione di materiale

Dall'elaborato "Modificazione del suolo" di progetto si evince come il volume relativo ai lavori di *sbancamento* complessivi necessari alla realizzazione delle opere in progetto, risulti essere approssimativamente pari a circa 439,33 m³.

TABELLA VALORI INDICATIVI DEI VOLUMI MOVIMENTATI
RIEPILOGO AREE SOGGETTE A MODIFICAZIONE E/O TRASFORMAZIONE

	SUPERFICI	SCAVI	RIPORTI
A - OPERA DI PRESA	47,87	149,57	0,00
B - CONDOTTA FORZATA	69,51	200,00	0,00
C - EDIFICIO CENTRALE e PIAZZALE	26,00	67,60	0,00
D - CANALE DI SCARICO	20,00	21,20	0,00
E - CONDUTTURA ENEL BT	0,80	0,96	0,50
TOTALE	164,18	439,33	0,50

La superficie modificata/trasformata dall'intervento risulta pari a circa 164,18 m².

4. CENNI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Ai fini di tale inquadramento è stato preso, quale riferimento, il foglio N.15 "Domodossola" della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Per meglio comprendere l'ubicazione del territorio in oggetto dal punto di vista geologico, è opportuno fare riferimento ad una visione generale delle Alpi.

La valle in oggetto risulta essere modellata entro le formazioni metamorfiche delle Pennidi; queste costituiscono un complesso di terreni molto antichi e molto tormentati, piegati durante l'orogenesi Alpina (terziario) e localizzate alla base dell'intero sistema di falde che caratterizzano l'area alpina.

Siamo proprio nel territorio in cui studi hanno fatto trionfare le teorie faldistiche; infatti, per mezzo del traforo del Sempione si è appurato che questo tratto di Alpi è costituito da un complesso di grandi pieghe coricate verso Nord-Ovest ed accavallate le une sulle altre sul basamento cristallino indeformato. Si distinguono almeno sei falde "pennidiche":

- 1) Antigorio;
- 2) Lebendum;
- 3) Monte Leone e calcescisti di Devero;
- 4) Gran San Bernardo;
- 5) Monte Rosa;
- 6) Sesia Lanzo e Dent Blanche.

Considerando una teorica disposizione verticale delle Falde Pennidiche, si nota, alla base, la "zona infrapennidica" composta dalla Cupola di Verampio, sopra di cui vi sono i Ricoprimenti Pennidici Inferiori formati dalle Falde Pennidiche Antigorio, Lebendum e Monte Leone; ancora più sopra, vi sono i ricoprimenti "pennidici medi", composti dalle falde del Gran San Bernardo oppure dall'unità Moncucco-Orselina, a secondo delle zone considerate, seguiti dall'unità del Camughera; appena sopra si trovano le "Ofioliti di Antrona", seguite dai "ricoprimenti pennidici superiori", rappresentati dalla "Falda del Monte Rosa".

Si conclude il teorico schema verticale con le "Unità Ofiolitiche piemontesi", seguite dalle "Falde del Dent Blanche" e "del Sesia Lanzo", considerate già facenti parte del sistema Austro-Alpino.

In particolare l'area indagata risente della collisione tra la Val d'Ossola e la Val d'Aosta, che si manifesta con una serie di deformazioni tra le quali fanno spicco l'antiforme di Vanzone, la sinforme di Antrona-Bognanco e l'antiforme-piega retroflessa del Weissmies-Mischabel.

Tale strutture tettoniche ripiegano una preesistente pila di falde e la loro età è posteriore all'accavallamento della crosta continentale paleoafricana su quella europea ed alla sutura dell'interposto bacino ofiolitico piemontese.

Nel territorio in oggetto si assiste ad una successione di falde che hanno come elemento centrale una sequenza di metaofioliti costituenti l'unità di Antrona o sinclinale di Antrona, interposta tra la sovrastante falda pennidica superiore del Monte Rosa e le sottostanti unità di Camughera o Moncucco.

La successione ha subito una profonda sovraimpressione alpina in facies anfibolitico di medio grado che va via via crescendo verso Est, in perfetto accordo con la datazione dell'evento Lepontino.

4.1 Geologia locale

Nell'ambito della zona di indagine, con particolare riferimento all'opera di presa in progetto, il substrato roccioso è rappresentato dalle unità della Falda del Monte Leone costituite da ortogneiss granitici a grana fine, spesso a bande, raramente occhiadini e con scarsi orizzonti di paragneiss e micascisti.

Poco a valle (Sud) del sito dell'opera di presa si rilevano le formazioni della Zona Moncucco-Orselina-Isorno, costituite da prevalenti paragneiss e micascisti biotitico-muscovitici, con minori orizzonti di anfiboliti.

Il substrato roccioso affiora lungo tutto il tratto dell'alveo del rio Acquamorta sotteso tra presa e restituzione in progetto, sia sul fondo che lungo le porzioni spondali.

La copertura superficiale rilevabile nel ristretto intorno della traccia di sviluppo delle opere, consta di una coltre di tipo eluvio-colluviale o di versante, avente spessori variabili da esigui a pluri-dm/m.

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

Dal punto di vista geomorfologico il versante indagato è stato condizionato principalmente dagli eventi glaciali che, dal Quaternario in poi, hanno eroso e modellato il substrato roccioso, depositando in un secondo momento sullo stesso una coltre di copertura morenica, la quale costituisce in buona parte i terreni interessati dalla presente indagine.

L'importante lineamento tettonico, denominato "Linea del Sempione", ha influito sull'assetto morfologico della Valle Bognanco, ed in particolare sul suo versante

settentrionale; tale linea strutturale ha contribuito alla genesi delle valli laterali, fortemente incise e con ampi bacini imbriferi, isolate da dorsali morfologiche caratterizzate da depositi di copertura di origine glaciale.

Dall'analisi delle principali linee di impluvio impostate sul versante meridionale della Val Bognanco, che presentano cambi improvvisi di direzione e tipiche forme ad "S", si evince come l'assetto tettonico locale abbia influenzato notevolmente la caratterizzazione morfologica del territorio.

In generale si può notare come l'elevato grado di disturbo strutturale della zona, principalmente dovuto al passaggio di un importante lineamento strutturale, quale la Linea del Sempione, ha generato numerose orientazioni preferenziali di scorrimento della rete idrografica superficiale, in corrispondenza delle quali, appunto, si sono instaurate le linee principali di drenaggio. Successivamente, la dinamica evolutiva della rete idrografica superficiale ha notevolmente contribuito alla caratterizzazione morfologica del territorio esaminato, incidendo la copertura detritica superficiale e modellando il substrato roccioso.

I principali fattori morfologici che si rilevano in un intorno dell'area in analisi, sono da riferirsi ad un versante, esposto circa a S.S.E., caratterizzato da acclività media piuttosto elevata.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 distinte fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte del progettista; le tre fasi vengono di seguito esplicate.

6.1 Individuazione della pericolosità del sito

La pericolosità sismica di base del sito di intervento è definita in termini sia di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido di categoria di sottosuolo A con superficie topografica orizzontale, sia in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nella vita di riferimento dell'opera V_R .

In particolare, le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori di alcuni parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione massima sul sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono forniti per i 10751 nodi del reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio italiano e per 9 valori del periodo di ritorno T_R . Per i punti non ricadenti in corrispondenza dei nodi del reticolo, il valore dei parametri sopra indicati viene ricavato per interpolazione, utilizzando il valore ottenuto dalla media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

Il primo passo dell'analisi è stato quindi quello di calcolare le coordinate geografiche del sito di intervento in modo da acquisire successivamente le azioni sismiche locali (proprie del sito specifico) sulla base di un reticolo di riferimento.

I parametri sismici del sito sono stati ricavati dalla media ponderata dei i valori noti nei 4 punti di riferimento all'intorno del sito stesso. L'analisi viene svolta con l'utilizzo del software "Spettri NTC", messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. Ad ogni stato limite considerato corrispondono valori differenti di tali parametri.

Per gli stati limite di tipo geotecnico (GEO) sotto l'effetto di azioni sismiche, le verifiche di sicurezza da affrontare per le costruzioni con classe d'uso IV come quella in esame sono:

- stato limite ultimo SLV con verifica della resistenza del sistema fondazione-terreno, della stabilità dei rilevati, dei muri di sostegno e dei fronti di scavo.
- stati limite di esercizio SLD con verifica del contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno (cedimenti);

Le elaborazioni effettuate con apposito software in riferimento alle coordinate del sito di intervento, per lo stato limite ultimo SLV forniscono i seguenti dati:

Edificio centrale

a_g	0,122
F_o	2,471
T_{c^*}	0,301
T_R	949

*Le coordinate utilizzate, corrispondenti ai terreni in oggetto, sono di tipo ED50 ed inserite nel software "Spettri-NTC" versione 1.0.3, latitudine 46,123792 - longitudine 8,209925.

Opera di Presa

a_g	0,121
F_o	2,472
T_{c^*}	0,301
T_R	949

*Le coordinate utilizzate, corrispondenti ai terreni in oggetto, sono di tipo ED50 ed inserite nel software "Spettri-NTC" versione 1.0.3, latitudine 46,125095 - longitudine 8,209501.

6.2 Scelta della strategia di progettazione

In questa fase vengono definiti i parametri fondamentali di seguito indicati, sulla scorta dei coefficienti che definiscono la tipologia e la classe d'uso dell'opera in progetto.

☛ Vita nominale della costruzione

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella seguente tabella:

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

UTILIZZAZIONE AI FINI ENERGETICI DEL RIO ACQUAMORTA
 PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI CENTRALE IDROELETTRICA
 - RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA -

☛ Coefficiente d'uso della costruzione

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

☛ Periodo di riferimento per la costruzione

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

In riferimento alla costruzione in progetto, si sono attribuiti i seguenti parametri:

V_N	Vita nominale	≥ 50 anni
	Classe d'uso	IV
C_U	Coefficiente d'uso	2,0
P_{VR}	63% per SLD	
P_{VR}	10% per SLV	

6.3

Determinazione dell'azione di progetto

In questa fase di analisi viene definito il valore di progetto dell'azione sismica massima orizzontale preventivabile sul sito in esame con prefissati T_R e P_{VR} .

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y e da una verticale Z, da considerare tra loro indipendenti.

Generalmente, come nel caso in esame, per le opere ed i sistemi geotecnici la componente verticale risulta trascurabile. Le componenti possono essere descritte mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Le due componenti orizzontali, ortogonali tra loro, sono caratterizzate dal medesimo spettro di risposta.

Tale spettro in accelerazione è utilizzato per strutture con periodo fondamentale $\leq 4,0$ s ed è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) moltiplicata per il valore della accelerazione massima orizzontale a_g , ottenuto in precedenza su sito di riferimento rigido orizzontale: sia la forma spettrale che il valore di a_g si differenziano al variare della probabilità di superamento (PVR) nel periodo di riferimento TR.

• Risposta sismica locale

La risposta sismica in ambito strettamente locale viene valutata sulla base dei seguenti parametri:

- ♦ categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E, S1, S2);
- ♦ amplificazione stratigrafica S_s ;
- ♦ amplificazione topografica S_T .

6.3.1 Categoria di sottosuolo

Il territorio del Comune di Bognanco (VB) risulta attualmente ascritto alla Zona 3 (Classificazione sismica in vigore a seguito approvazione della D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011).

Secondo i criteri elencati al punto 3.1 dell'Allegato 2 dell'O.P.C.M. n° 3274 dell'17/11/2003 e nel D.M. 14/01/2008, si ritiene idoneo identificare i terreni di fondazione (edificio centrale) in una categoria di suolo assoggettabile alla categoria "E" definita come "Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)"; per l'imposta dell'opera di presa, invece la presenza di roccia affiorante determina una categoria di suolo tipo "A" definita come "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".

6.3.2 Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1.

Categoria sottosuolo	SS	CC
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di a_g , F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni tabulate sotto e nelle quali "g" rappresenta l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

6.3.3 Amplificazione topografica

Per superfici topografiche semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità fino alla base dove S_t assume valore pari a 1.

6.4 Accelerazione massima di progetto

Avendo acquisito i parametri essenziali all'analisi della risposta sismica locale, è ora possibile definire l'accelerazione massima di progetto attesa al suolo A_{max} , valore che verrà adottato per i successivi calcoli di verifica analitica, mediante la seguente relazione:

Edificio centrale - $A_{max} = a_g * S_s * S_t = [0,121 \text{ g} * 1,6 * 1,00] = \mathbf{0,194 \text{ g}}$
Opera di Presa - $A_{max} = a_g * S_s * S_t = [0,122 \text{ g} * 1,0 * 1,03] = \mathbf{0,126 \text{ g}}$

7. IDROLOGIA

7.1 Idrologia superficiale

Il reticolato idrografico superficiale della Valle Bognanco, che ha subito l'influenza del lineamento tettonico del Sempione, si presenta con una scarsa gerarchizzazione dei collettori di deflusso, con bacini di forma allungata e confluenza ad angolo retto nel corso d'acqua principale dell'intera valle, il Torrente Bogna.

Tale assetto idrografico è legato ai lineamenti tettonici con direzione NW-SE che controllano le aste principali e a quelli con direzione ENE-WSW che rigettano i precedenti dando modo ai corsi d'acqua di scavare vistose forre ad angolo retto.

Il Torrente Bogna è caratterizzato da un alveo sviluppato in parte nel substrato roccioso e prevalentemente sui depositi alluvionali e detritici. Nell'area in esame, il suddetto corso d'acqua presenta un andamento subrettilineo ed i suoi affluenti, caratterizzati da una scarsa gerarchizzazione, si presentano notevolmente incisi, acclivi ed interessati da un ingente trasporto solido.

Il collettore di drenaggio delle acque superficiali più rilevante in un intorno significativo dell'area analizzata, ed oggetto della derivazione in progetto, prende origine sul versante settentrionale della Valle Bognanco, alla quota di circa 2000 metri s.l.m., e scorre in direzione circa sud sino a confluire nel Torrente Bogna, in corrispondenza della località Bognanco Fonti.

La linea di impluvio sopra descritta viene denominata Rio Acquamorta, ed ha inciso fortemente depositi detritici di copertura e substrato sottostante, e risulta

abbondantemente alimentato anche da tributari a sviluppo anarchico impostati lungo il versante in sponda idrografica destra del citato rio.

L'idrografia di superficie si completa, infine, con i fenomeni di ruscellamento diffuso, nonché concentrazioni locali e deflussi di acque incanalate in corrispondenza di canali morfologici e/o depressioni naturali del terreno, convogliate di conseguenza nelle linee di drenaggio secondarie e nel collettore principale (T. Bogna).

7.2 Idrologia sotterranea

L'analisi su ampia scala, consente di ritenere piuttosto scarsa e discontinua la circolazione idrica sotterranea, in quanto condizionata dalla medio-scarso permeabilità del detrito di copertura prevalente e dall'assetto morfologico dei luoghi, generalmente con pendenza di ordine medio e medio-elevato.

In funzione delle caratteristiche sopra descritte, viene inibita la formazione di un acquifero sotterraneo vero e proprio; la circolazione idrica sotterranea risulta pertanto possibile solo a seguito di eventi meteorici di una certa intensità e per lo più lungo la superficie di contatto roccia-detrito, mentre l'esaurimento della stessa avviene in periodi immediatamente successivi al termine delle precipitazioni.

Ovviamente non è da escludere una circolazione profonda delle acque, che può avvenire per porosità secondaria, ovvero lungo fratturazioni e/o fessure della roccia; tale fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche della roccia stessa quali scistosità, grado di fratturazione, etc.

Analogamente per la zona ristretta in esame, in funzione della prevalente coltre eluvio-colluviale/versante a medio-bassa permeabilità e dell'acclività del versante non è ipotizzabile la formazione di un acquifero sotterraneo ad orizzonte unico, pertanto le modalità di circolazione sono essenzialmente limitate lungo la superficie di interfaccia tra roccia e detrito di copertura.

In tale situazione le acque percolano nel deposito di copertura, laddove presente, e nella porzione di roccia alterata e fessurata, giungendo sino al livello della roccia sana e con tendenza allo scorrimento su di essa verso valle.

8. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI TERRENI

I terreni di imposta su cui verranno realizzate le opere in progetto, sono caratterizzati dalle seguenti tipologie litologiche:

Depositi eluvio-colluviali/versante: caratterizzati da sabbie-terrose con ghiaie, clasti eterometrici ed eterogenei (talora lastre tabulari), generalmente a pezzatura da minuta a media. Tale tipologia di copertura è riscontrabile nel settore a valle della vasca di carico in progetto, con spessori variabili da pellicolari (tratto ripido finale) a pluridm/metrici.

Substrato roccioso: le unità rocciose rilevabili nell'intorno delle opere in progetto sono in parte rappresentate dalle unità della Falda del Monte Leone costituite da ortogneiss granitici a grana fine, spesso a bande, raramente occhiadini e con scarsi orizzonti di paragneiss e micascisti (zona di monte: presa/vasca), ed in parte dalle formazioni della Zona Moncucco-Orselina-Isorno, costituite da prevalenti paragneiss e micascisti biotitico-muscovitici, con minori orizzonti di anfiboliti (zona a valle della vasca di carico).

9. CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

In relazione all'osservazione diretta dei terreni detritici su cui andranno ad impostarsi, in parte, le opere in progetto, e sulla scorta di analisi correlative svolte in merito, il terreno può essere classificato secondo lo United Soil Classification System, comunemente adottato dal Corps of Engineers e dal Bureau of Reclamation System; si attribuisce quindi il materiale indagato al gruppo **GM**, definibile come ghiaie limose, ghiaia mista a sabbia e limo.

Tale classificazione permette entrare nella tabella che definisce i "Valori orientativi dei parametri che caratterizzano la curva sforzi-deformazioni di forma iperbolica - Primo Carico", in particolare si ricava il valore dell'angolo di attrito interno del materiale in oggetto, il quale, nel caso specifico, è compreso tra 31 e 42 gradi.

In funzione della classificazione ottenuta, si possono inoltre definire le seguenti caratteristiche:

- possibile azione del gelo:	da lieve a media
- compressibilità e rigonfiamento:	molto lieve
- permeabilità:	$10^{-3} \div 10^{-6}$ cm/s
- densità secca AASHO:	1.90 - 2.15 T/m ³
- caratteristiche di compattazione:	buone con accurato controllo, ruote gommate, rullo a piede di pecora e lisci
- valori tipici di progetto:	
C.B.R.	40 - 60
moduli di sottofondo	5.5 - 8.3 Kg/cm ²

10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

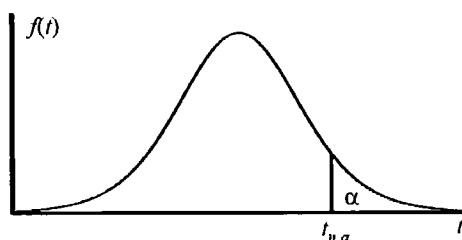
Per la trattazione statistica dei parametri geotecnici dei depositi sciolti, non avendo in tale fase di progetto effettuato prove di laboratorio e/o dirette sui terreni di indagine, si propone di valutare l'angolo d'attrito caratteristico attraverso l'elaborazione statistica di alcuni valori tipici acquisiti da bibliografia, nonché da rilievi diretti condotti su materiali analoghi, per la tipologia di terreno direttamente interessata dagli interventi.

In particolare, sulla scorta di dati pregressi acquisiti su terreni analoghi, si è attribuita alla litologia considerata la classificazione del suolo secondo la U.S.C.S. (Unified Soil Classification System).

L'Eurocodice 7 introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU o di SLE.

Se si utilizzano metodi statistici (peraltro non obbligatori), la derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5%.

Si tratta pertanto di un margine conservativo del 5% (che può coincidere con un 5° percentile od un 95° percentile della distribuzione statistica in considerazione), il quale ci garantisce probabilisticamente di avere un 95% dei casi per i quali il valore caratteristico ci cautele. Il valore del 95% è anche quello indicato come probabilità 'u', o integrale della funzione, nelle tavole statistiche relative ai percentili della legge di Student come illustrato in figura:



In geotecnica è circostanza decisamente non infrequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati.

Il trattamento statistico dei dati può essere eseguito anche con pochi dati a disposizione, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza regionale e locale.

Quando ci si trova, infatti, in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota. L'equazione assume pertanto la seguente forma:

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

dove:

- x_k è il valore caratteristico desiderato
- $\bar{x}$ con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione
- z è la distribuzione normale standardizzata
- σ è la deviazione standard della popolazione
- n è la numerosità del campione

Il valore di σ nell'equazione precedente andrebbe determinato con l'ausilio di database locali specifici; quando questi mancano, si possono utilizzare i valori reperibili in letteratura. A tale proposito è utile esprimere la variabilità in termini di coefficiente di variazione COV espressa anche in termini percentuali:

$$COV = \frac{\sigma}{\mu}$$

dove:

σ = deviazione standard della popolazione

μ = media della popolazione

VALUTAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (5° PERCENTILE DISTRIBUZIONE DELLA MEDIA)

- Depositi eluvio-colluviali/versante

Per tale tipologia di detrito si propone una classificazione U.S.C.S tipo GM con variabilità dell'angolo d'attrito di picco compresa tra 31° e 42°. Dalla trattazione statistica si ottiene:

UTILIZZAZIONE AI FINI ENERGETICI DEL RIO ACQUAMORTA
 PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI CENTRALE IDROELETTRICA
 - RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA -

dati	media dati	Xk	
31	36,50	32,3	Valore caratteristico
42	COV Φ %	Xd	
	10	26,8	Valore di progetto
	n° dati		
	2		

$$X_k = \bar{X} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$Z_{0.05} \quad -1,6449$

depositi eluvio-colluviali/versante			
coesione	c	0,1-1,0	[T/m ²]
angolo d'attrito	φ	32	[°]
peso di volume	γ	1,80	[T/m ³]
permeabilità	k	media/scarsa	

I parametri geotecnici sopra indicati, con specifico riferimento all'angolo d'attrito ed al peso di volume del terreno in esame, sono stati assunti in termini di valori caratteristici, ove con il termine caratteristico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite considerato.

11. CONSIDERAZIONI SULL'INTERAZIONE TRA LA DERIVAZIONE IN PROGETTO E L'EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO DEL RIO ACQUAMORTA

La scelta progettuale prevede la realizzazione di un'opera di presa del tipo "a trappola", costituita da una griglia per la captazione delle acque di deflusso intestata a fondo alveo e disposta ortogonalmente rispetto alla direzione di deflusso.

La tipologia costruttiva adottata consente di non creare ostacolo alcuno al naturale deflusso delle acque, e quindi all'assetto idromorfologico del rio Acquamorta, in quanto non si hanno sbarramenti artificiali d'alveo.

Dalle analisi condotte in sito, si evince che la pendenza del tratto significativo del rio Acquamorta, a monte dell'opera di presa, si mantiene su valori di ordine medio-alto.

In tale contesto, pertanto, non si configurano particolari condizioni che possano generare variazioni significative del profilo della corrente né dell'idrodinamica torrentizia, in quanto ciò avviene esclusivamente per correnti molto lente in arrivo da monte; in altri termini si ritiene che le opere di derivazione previste non influiscano in modo significativo sulle condizioni di moto della corrente.

Ovviamente si potrà riscontrare un sensibile incremento della velocità della corrente nel tratto immediatamente a monte dell'opera stessa, per effetto della chiamata della griglia di cattura.

In considerazione delle caratteristiche geomorfologiche dei corsi d'acqua, del modesto aumento della velocità ipotizzato nonché della larghezza della griglia di captazione, è possibile escludere fenomeni di erosione al fondo e di trasporto solido causati da tale ipotetico incremento della velocità della corrente idrica, anche in

considerazione del fondo e delle porzioni spondali completamente rocciose del tratto d'alveo di interesse.

Altro fattore da considerare è l'interruzione della continuità dei corsi d'acqua operata dalla realizzazione delle opere di presa; in relazione, comunque, alla tipologia di opera prevista (tipo radente), si ritiene irrilevante il parametro interruzione.

Per quanto concerne il tratto d'alveo a valle dell'opera di presa, è possibile ipotizzare alcune modeste modificazioni del regime idraulico e geomorfologico del tratto sotteso.

In particolare si assisterà ad una diminuzione della portata naturale in arrivo ed al conseguente abbassamento del tirante idrico della corrente, alla diminuzione della velocità del flusso idrico e quindi della portata solida.

L'aumento della forza erosiva può divenire significativo nel tratto immediatamente a valle dell'opera di presa, e dipende essenzialmente dalla conformazione morfostrutturale dell'alveo sotteso.

Nel caso specifico, l'alveo del rio Acquamorta, nel tratto a valle dell'opera di presa, risulta stabile e caratterizzato completamente da alveo roccioso, sul fondo e lungo le porzioni spondali.

Nella zona di restituzione delle acque, inoltre, data la tipologia dell'impianto (ad acqua fluente) e data la trascurabilità delle oscillazioni all'interno del bacino di carico e dell'effetto invaso all'interno della condotta, si otterranno caratteristiche di deflusso del tutto simili a quanto avviene a monte delle opere di presa.

In conclusione, quindi, si ritiene che l'equilibrio geomorfologico del rio Acquamorta non subisca particolari variazioni in seguito alla realizzazione degli interventi previsti.

12. ANALISI DELLE POSSIBILI INTERFERENZE TRA LE OPERE IN PROGETTO E LA DINAMICA DEL CORSO D'ACQUA

In riferimento alla possibile interazione tra le opere in progetto e la dinamica del Rio Acquamorta interessato dalla derivazione e dalla realizzazione delle opere connesse all'impianto nei settori marginali all'alveo, occorre valutare il regime di portata liquida, incrementato dalla stima di quella solida, del collettore di deflusso in relazione alle opere previste da progetto.

Per le sopracitate analisi idrauliche, si faccia espressamente riferimento alle verifiche riportate nell'apposita Relazione redatta dai tecnici progettisti incaricati.

13. STABILITA' DELLE AREE ATTRAVERSATE

In riferimento alle operazioni di scavo necessarie alla creazione del setto entro cui verrà alloggiata la condotta, si fa osservare come l'incidenza degli stessi sul terreno risulta talmente modesta da non interferire con l'assetto geostatico delle coltri di copertura superficiali (h_{max} scavo trincea posa condotta 1,1 metri), pertanto non sono state eseguite verifiche di stabilità inerenti la movimentazione di materiale, anche in riferimento alla modesta quantità di detrito movimentato per metro lineare.

Essendo, quindi, la quantità di materiale in eccedenza per metro lineare piuttosto limitata, questo verrà disposto sul territorio secondo la morfologia del terreno, modellando e livellando le asperità presenti in sito. In particolare le condizioni di equilibrio dei terreni di imposta, potranno essere mantenute tali adottando gli opportuni accorgimenti tecnici e rispettando le modalità esecutive descritte successivamente.

Per quanto riguarda la parte alta dell'impianto, con riferimento all'imposta della presa, canale di adduzione, dissabbiatore e vasca di carico, saranno previste incisioni

nel substrato roccioso per il parziale incasso della struttura lungo la sponda destra; come già descritto al precedente paragrafo 4.1 l'ammasso interessato presenta buone caratteristiche geotecniche e meccaniche, nonché assetto stabile come di seguito valutato.

13.1 Analisi geostrutturale

Le analisi di stabilità successivamente riportate fanno riferimento ai dati strutturali rilevati lungo le porzioni rocciose in affioramento presso la zona compresa tra la struttura sghiaiatore/vasca di carico e l'opera di presa nonché presso le porzioni rocciose affioranti a monte del tratto mediano della condotta in progetto.

In particolare sono state condotte una serie di misure giaciture lungo alcuni settori accessibili, ed in tal modo è stato possibile ottenere un numero di misure sufficienti da cui estrapolare i set rappresentativi delle discontinuità.

Descrizione del metodo adottato

L'analisi strutturale consiste nell'individuazione delle superfici di discontinuità e dei principali piani di debolezza presenti in un affioramento roccioso. Le discontinuità ricorrenti o sistematiche riscontrate possono essere raggruppate in set comprendenti giaciture tra di loro comparabili.

Tali set vengono a loro volta rappresentati mediante un unico piano caratterizzante l'intera famiglia di discontinuità. Ciascun piano può essere rappresentato nello spazio mediante la misurazione di due angoli:

- Direzione di immersione
- Inclinazione

rispettivamente individuati dall'angolo compreso tra le direzioni del Nord e le proiezioni sul piano orizzontale delle linee di massima pendenza e dell'angolo che la retta di massima pendenza del piano forma con un piano orizzontale.

La rappresentazione grafica di tali discontinuità avviene mediante la proiezione stereografica; infatti, tale tecnica permette di visualizzare rapidamente, su di un reticolo stereografico equatoriale, la disposizione spaziale dei vari piani di discontinuità rappresentati per comodità mediante i poli corrispondenti.

Tali poli permettono, in un secondo tempo, l'individuazione dei piani caratterizzanti le singole famiglie di discontinuità presenti nell'affioramento che a loro volta vengono rappresentate mediante la loro direzione e inclinazione.

La direzione è l'angolo tra la traccia del piano e la direzione del Nord, ossia è individuata da uno dei due punti dell'orizzonte verso cui è diretta l'intersezione tra il piano stesso ed un piano orizzontale.

Analisi strutturale

Il rilevamento geostrutturale ha permesso di misurare una serie di discontinuità nell'ammasso roccioso; data l'omogeneità dei risultati ottenuti, è stata considerata un'unica stazione globale di riferimento per le successive analisi di stabilità.

L'analisi si è articolata dapprima nella misura delle caratteristiche giaciture delle singole discontinuità incontrate, ciascuna di esse corredata dalle peculiarità inerenti spaziatrice, riempimenti, aperture, persistenza, condizioni idrauliche.

Il rilievo dei dati ha permesso di distinguere 3 distinte famiglie di discontinuità sistematiche, una delle quali (Ks) rappresenta la scistosità e le altre 2 i sistemi di fratturazione principali. In media, le caratteristiche di ciascun giunto rilevato sono di seguito riassunte:

Ks (scistosità): spaziatura decimetrica, apertura da serrata a millimetrica, scabrezza rugosa, persistenza elevata, condizioni asciutte.

K1: spaziatura decimetrica/metrica, apertura serrata o millimetrica, scabrezza rugosa, persistenza media, condizioni asciutte.

K2: spaziatura metrica, apertura da serrata a millimetrica, scabrezza rugosa, persistenza da media a bassa, condizioni asciutte.

Ciascuna delle famiglie di discontinuità è caratterizzata da un insieme sistematico di piani di fratturazione, i quali una volta raggruppati in sistemi possono essere rappresentati mediante un unico piano:

Ks -> 355 N 7

K1 -> 160 N 76

K2 -> 330 N 40

Dalle risultanze emerse si ravvisa una buona omogeneità dei dati rilevati. Dopo aver individuato le caratteristiche giaciture e strutturali dell'ammasso roccioso, è possibile produrre le relative analisi di stabilità per mezzo del Test di Markland.

13.2 Verifiche di stabilità in roccia

Descrizione del metodo adottato

Le analisi di stabilità effettuate sull'affioramento roccioso presi in esame sono state svolte mediante il test Markland.

Tale test per mezzo delle proiezioni stereografiche consente di stabilire, considerando solo la geometria del pendio e delle discontinuità e l'angolo di attrito di queste, la possibilità che si verifichino scivolamenti a cuneo, a blocco e ribaltamenti in un ammasso roccioso fratturato, cioè permette di identificare le discontinuità che rappresentano potenziali piani di movimento, separandole da quelle che non influiscono direttamente sulla stabilità del pendio.

I piani rappresentanti i set di discontinuità e l'orientazione del pendio sul quale sono state effettuate le misure, vengono rappresentati mediante i grandi cerchi su di un reticolo equatoriale ad ugual-area, mentre l'angolo di attrito (*FRICTION ANGLE*) delle discontinuità con un cerchio rappresentante gli infiniti piani nello spazio indicati un angolo pari allo stesso.

Il fattore di sicurezza dipende dalla inclinazione della linea di intersezione dei piani che isolano il prisma roccioso rispetto all'inclinazione del pendio e dalla resistenza al taglio lungo le superfici di discontinuità. Eventuali scivolamenti a cuneo possono verificarsi qualora vengano soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni:

- a) l'inclinazione della linea di intersezione delle due discontinuità deve essere minore dell'inclinazione del pendio misurata nella direzione della linea di intersezione;
- b) l'inclinazione della linea di intersezione deve essere maggiore dell'angolo di attrito delle discontinuità.

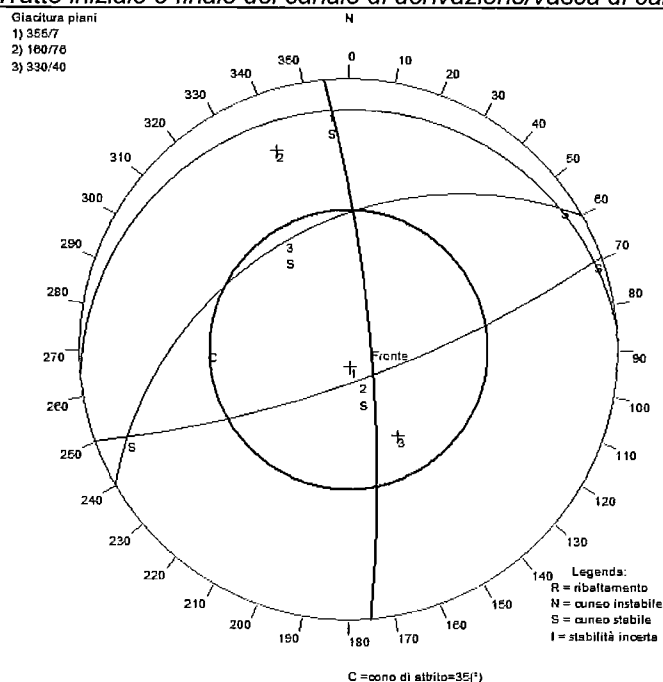
Dopo aver rappresentato sul reticolo stereografico i piani relativi alle famiglie di discontinuità, la geometria del pendio e le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso, si passa alla fase di interpretazione dei dati ottenuti.

UTILIZZAZIONE AI FINI ENERGETICI DEL RIO ACQUAMORTA
 PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI CENTRALE IDROELETTRICA
 - RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA -

Risultati conseguiti

Parete 85 N 80

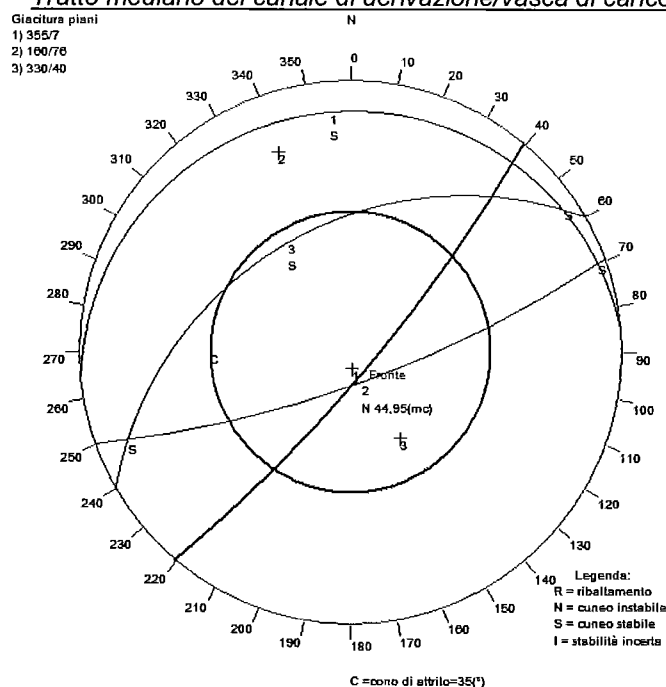
Tratto iniziale e finale del canale di derivazione/vasca di carico



I risultati ottenuti dall'utilizzo del metodo geometrico di Markland non mettono in evidenza particolari fenomeni di cinematismo.

Parete 130N 80

Tratto mediano del canale di derivazione/vasca di carico



I risultati ottenuti dall'utilizzo del metodo geometrico di Markland non mettono in evidenza particolari fenomeni di cinematismo.

14. PREVISIONI SUL TERRENO D'IMPOSTA

Una lettura immediata delle previsioni sul terreno d'imposta, è ottenibile dall'analisi dei litotipi e dei depositi caratterizzanti i terreni interessati, e soprattutto dalla valutazione tecnica ragionata del binomio "opere previste-problematiche presenti".

La realizzazione dell'opera in progetto dovrà tenere in considerazione le condizioni di stabilità delle litologie sopra descritte, valutando l'incidenza dei lavori di scavo, nonché le modalità di posa dei manufatti.

A livello progettuale, possono quindi farsi delle previsioni di massima, dettate dalle condizioni geostatiche del territorio, nonché dalle caratteristiche del terreno d'imposta, in modo da fornire un'ottima base sulla quale impostare il lavoro, la quale potrà poi essere confermata o modificata in funzione dai dati che emergeranno durante l'esecuzione dei lavori.

15. CALCOLO DEL CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Il presente calcolo permette la valutazione della capacità portante dei terreni detritici su cui verranno impostate le opere di fondazione del fabbricato centrale in progetto, secondo il predimensionamento di massima indicato da progetto.

Nei calcoli di progetto deve tenersi conto anche della profondità della falda, questa verrà cautelativamente considerata a quota -0,5 da p.c.

Nel calcolo sono stati contemplati gli effetti inerziali dovuti ad un sisma con accelerazione massima al suolo (A_{max} di progetto) pari a 0,194 g preventivabile per un tempo di ritorno T_R pari a 949 anni e determinato in relazione ai parametri V_R e P_{VR} , dove V_R rappresenta la vita di riferimento della costruzione in progetto (100 anni) e P_{VR} la probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R precedentemente indicato, introducendo dei fattori correttivi Z (Paolucci & Pecker, Shikhiev & Jakovlev) nell'equazione seguente.

Formula di Brich Hansen (1970):

$$Q_{lim} = (c * N_c * s_c * d_c * i_c * b_c * g_c * z_c) + (s_q * \gamma * D * N_q * d_q * i_q * b_q * g_q * z_q) + \\ + (0.5 * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma * b_\gamma * g_\gamma * z_\gamma) \quad (\text{per } \Phi > 0)$$

dove:

c = coesione del terreno

γ = peso di volume del terreno

B = larghezza fondazione (dimensione lato corto)

D = profondità di posa delle fondazioni

N_c, N_q, N_γ = fattori adimensionali di portanza

s_c, s_q, s_γ = fattori di forma della fondazione

i_c, i_q, i_γ = fattori correttivi per carichi inclinati

d_c, d_q, d_γ = fattori correttivi per l'approfondimento

b_c, b_q, b_γ = fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione

g_c, g_q, g_γ = fattori correttivi per fondazioni su pendio

z_c, z_q, z_γ = fattori correttivi in condizioni sismiche

L'attuazione delle verifiche di sicurezza di tipo geotecnico agli stati limite ultimi SLU, ed in particolare allo SLV, richieste per opere di fondazioni superficiali, si è ritenuto adeguato l'utilizzo dell'Approccio 2 ($A1+M1+R3$) che prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Il valore del carico limite emerso dall'applicazione della sopra indicata formula di calcolo dovrà essere "corretto" applicando un coefficiente di riduzione parziale γ_R , che per la capacità portante è pari a 2,3 (R3).

In riferimento, invece, ai coefficienti di riduzione dei parametri del terreno, l'Approccio 2 considera i coefficienti della colonna M1, quindi pari ad 1; in sostanza i parametri caratteristici considerati nel modello geotecnico rimangono tali con l'Approccio 2 e possono essere quindi utilizzati come valori di progetto.

FONDAZIONE A PLATEA

$$Q_{SLV} = 1,59 \text{ kg/cmq (condizioni sismiche)}$$

Pertanto per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

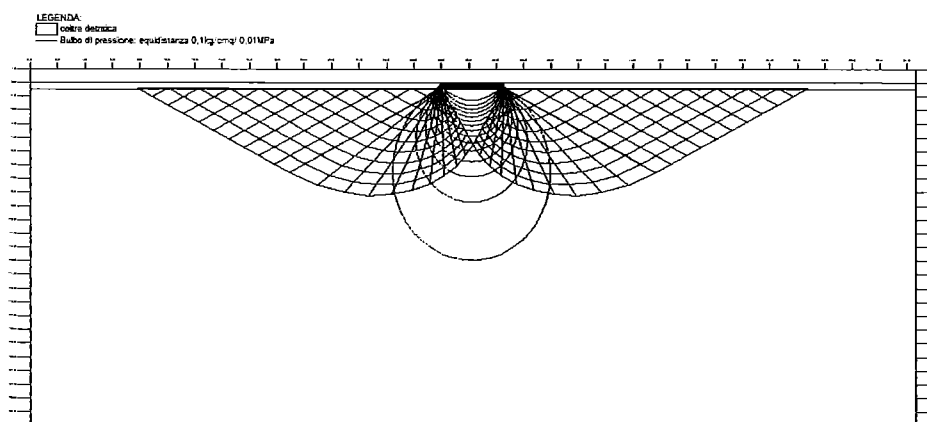
Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

Rd è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

Il tecnico progettista una volta determinate il valore delle azioni di progetto (azione STR e azione GEO) dovrà verificare la disequaglianza sopra citata.

Il valore ottenuto deve essere tale che i cedimenti assoluti non superino i limiti accettabili per la funzionalità della struttura in esame, ovvero sia verificato agli stati limite d'esercizio SLE.

Gli elaborati di calcolo permettono di verificare anche i cedimenti dei livelli di terreno interessati dalle opere di fondazione; la verifica è stata effettuata utilizzando il metodo basato sulla teoria dell'elasticità, da cui emerge un valore complessivo pari a 19,3 mm.



E' inoltre possibile stimare in prima approssimazione il coefficiente di sottofondazione secondo il metodo proposto da Bowles, il cui valore è pari a **24,63 Kg/cm³**.

Per ulteriori dettagli geometrici e dimensionali delle opere di fondazione verificate, si faccia riferimento agli elaborati di calcolo in allegato.

16. CRITERI TECNICO-ESECUTIVI

Nel presente capitolo verranno trattati i criteri tecnici e le modalità esecutive per eseguire i lavori necessari alla realizzazione dell'opera compatibilmente con l'equilibrio idrogeologico del territorio e con l'inserimento dal punto di vista ambientale.

Movimentazione di materiale

- ♦ Il materiale di risulta dagli scavi potrà essere riutilizzato per eseguire i riempimenti, i reinterri ed i riporti necessari, previa selezione e compattazione del materiale stesso al fine di conseguire le caratteristiche geotecniche adeguate, nonché per il rimodellamento dell'area modificata; la cubatura in eccedenza dovrà essere allontanata e gestita ai sensi della normativa vigente.

Realizzazione delle strutture

- ♦ Le pressioni/azioni massime di progetto trasmesse al suolo dalla struttura in progetto dovranno essere compatibili con il valore della resistenza di progetto del terreno di fondazione come emerso dai calcoli effettuati in base alla geometria di fondazione ipotizzata (edificio centrale). Tali dati dovranno essere confermati in fase esecutiva, mediante l'osservazione diretta del suolo. Qualora non venissero confermate le condizioni stratigrafiche ipotizzate, si dovrà provvedere ad una indagine integrativa specifica, adeguatamente riveduta e corretta.
- ♦ Le strutture che saranno ancorate al substrato roccioso (opera di captazione, canale adduzione/vasca di carico/sghiaiatore, selle di sostegno) dovranno essere rese solidali all'ammasso mediante infissione di barre di ancoraggio ad aderenza migliorata e sigillate in foro con malte cementizie antiritiro; il piano di imposta delle strutture e dei sostegni della condotta dovrà essere livellato, eventualmente asportando la porzione superficiale della roccia se alterata o degradata.
- ♦ La realizzazione di un vespaio in ciottoli da fiume opportunamente costipati posto al di sotto della soletta del manufatto in progetto (centrale) e nelle aree perimetrali a diretto contatto con il terreno, consentirà sia un adeguato drenaggio alle acque di infiltrazione, che un piano di appoggio omogeneo alla struttura.

Interventi di riassetto e prevenzione

- ♦ In caso di accidentali sversamenti di sostanze inquinanti nel corso dei lavori, sarà indispensabile procedere immediatamente al risanamento delle porzioni contaminate, al fine di inibire processi di contaminazione del suolo e del sottosuolo.

17. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il rilievo di dettaglio ha permesso di evincere le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni attraversati e di un intorno significativo degli stessi.

Dopo aver eseguito un'analisi geologico-geomorfologica dell'area in oggetto, nonché aver ispezionato i terreni interessati dai manufatti e dalla condotta in progetto, si ritiene che le opere previste non modificano l'assetto geologico, idrogeologico e geostatico del territorio.

Dall'analisi delle risultanze ottenute, pertanto, è emerso che la realizzazione dell'impianto di derivazione previsto, e gli interventi di finitura dello stesso, se eseguita secondo quanto dettato nella presente relazione, non interferisce con la stabilità delle aree attraversate né con l'equilibrio idrogeologico del territorio, e sia pertanto fattibile dal punto di vista geologico-tecnico.

Domodossola, giugno 2016

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Edifica srl

Località: Bognanco (VB)

Data: giugno 2016

Riferimenti: centrale rio Acquamorta

Parametri geotecnici del terreno di fondazione

Strato n.

1

Descrizione litologica:

coltre detritica

Angolo di attrito (°):	32
Densità relativa (%):	55
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1800
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2000
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	300
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Indice di compressione:	
Indice di compressione secondaria:	
Indice di ricomprensione:	
Indice dei vuoti iniziale:	
Coefficiente di consolidazione verticale (cmq/s):	
Numero di colpi Spt medio:	
Resistenza alla punta media (C.P.T.)(kg/cmq):	0
R.Q.D. (%)	
Limite di liquidità (%):	
Contenuto naturale d'acqua (%):	
Fattore di portanza Nq:	22,7
Fattore di portanza Nc:	34,97
Fattore di portanza Ny:	20,2
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Committente: Edifica srl

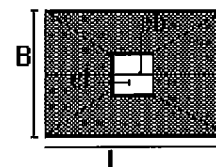
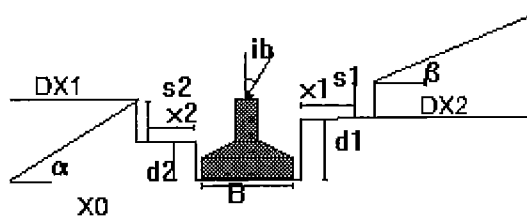
Località: Bognanco (VB)

Data: giugno 2016

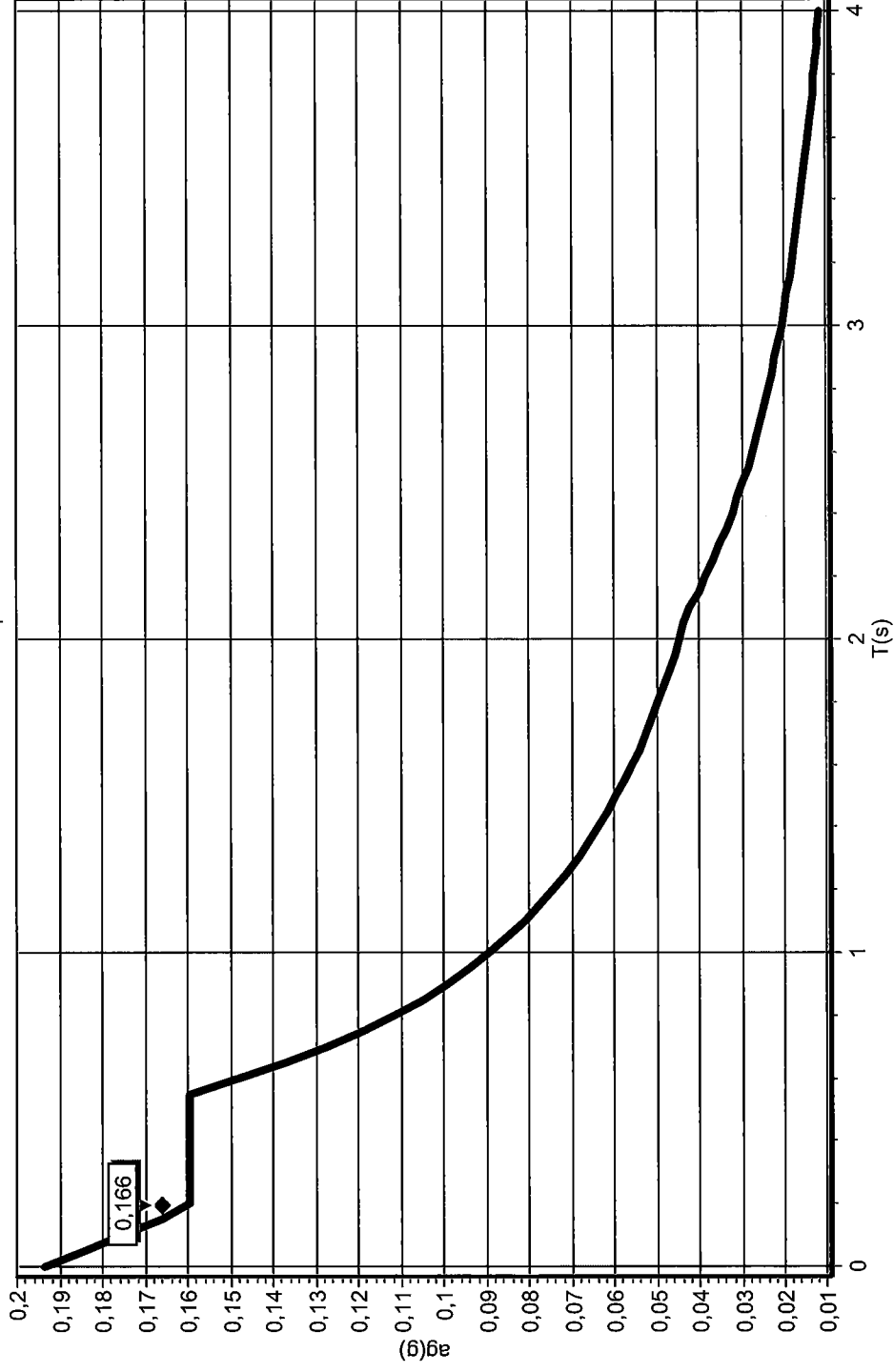
Riferimenti: centrale rio Acquamorta

Geometria della fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza o diametro base B (m):	4,6
Lunghezza della base L (m):	4,4
Profondità di posa lato destro d1(m):	0,4
Profondità di posa lato sinistro d2(m):	0,4
Profondità scavo destro s1(m):	0
Profondità scavo sinistro s2(m):	0
Inclinazione pendio a valle a(°):	0
Inclinazione pendio a monte b(°):	0
Distanza bordo scavo destro x1(m):	0
Distanza bordo scavo sinistro x2(m):	0
Inclinazione base lato B(°):	0
Inclinazione base lato L(°):	0
Inclinazione carico lato B da sisma ib(°):	9,4
Inclinazione carico lato L da sisma (°):	9,4
Eccentricità carico su B in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su B in condizioni sismiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni sismiche(m):	0
Peso di volume del cls (kg/mc):	2500
Peso di volume terrapieno (kg/mc):	1800
Altezza del terrapieno Ht (m):	0
Larghezza sommità terrapieno Ls(m):	0
Tipologia fondazionale:	Platea



SPETTRO DI PROGETTO componente orizzontale



Accel.sismica max terreno(g):0,194 Coef.sismico orizzontale struttura (khi)(g):0,166 Inclinazione del carico dovuta al sisma(°):9,43
Categoria sottosuolo:E Categoria topografica:T1 Fattore di amplificazione spettrale F0:2,47 Periodo inizio velocità costante tc*(s):0,301

Committente: Edifica srl

Località: Bognanco (VB)

Data: giugno 2016

Riferimenti: centrale rio Acquamorta

Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Secondo il D.M. 14.01.2008 App.II Combinazione delle azioni: sismica

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	4,4
Profondità di posa lato destro (m):	0,4
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,4

Metodo di calcolo:	Brinch Hansen stato limite ultimo
--------------------	-----------------------------------

Fattori di forma

Sc:	1,68	Sq:	1,42	Sy:	0,77
-----	------	-----	------	-----	------

Fattori di profondità

Dc:	1,03	Dq:	1,02	Dy:	1
-----	------	-----	------	-----	---

Fattori inclinazione carico da sisma

lc:	0,63	lq:	0,65	ly:	0,54
-----	------	-----	------	-----	------

Fattori inclinazione pendio

Gc:	1	Gq:	1	Gy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori inclinazione base

Bc:	1	Bq:	1	By:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma

Zc:	1	Zq:	1	Zy:	0,97
-----	---	-----	---	-----	------

RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1
Coefficiente di sicurezza globale:.....	2,3
Correzione di Terzaghi:	non applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	1,59
Profondità del cuneo efficace (m):	4,15
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0,194

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Edifica srl

Località: Bognanco (VB)

Data: giugno 2016

Riferimenti: centrale rio Acquamorta

Riassunto verifica allo scorrimento

Secondo il D.M. 14.01.2008 App.II Combinazione delle azioni: sismica

Fondazione gettata in opera n.	1
Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	4,4
Profondità di posa lato destro(m):	0,4
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,4
AZIONI SULLA FONDAZIONE	
Fattore di sicurezza di Legge:	1,1
Coefficiente sismico orizzontale della struttura (k _{hi}):	0,166
Carico assiale S.L.U. (kg):	0
Carico longitudinale S.L.U.(kg):	0
Carico assiale S.L.V./S.L.C.(kg):	0
Carico longitudinale S.L.V./S.L.C.(kg):	0
RISULTATO	
Resistenza allo scorrimento(kg):	0
Fattore di sicurezza allo scorrimento:	3,76

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Edifica srl

Località: Bognanco (VB)

Data: giugno 2016

Riferimenti: centrale rio Acquamorta

Calcolo della pressione efficace e totale del terreno

Quota dal p.c. (m)	Pressione efficace(kg/cmq)	Pressione totale(kg/cmq)
-0,6	0,02	0,04
-0,8	0,04	0,08
-1	0,06	0,12
-1,2	0,08	0,16
-1,4	0,1	0,2
-1,6	0,12	0,24
-1,8	0,14	0,28
-2	0,16	0,32
-2,2	0,18	0,36
-2,4	0,2	0,4
-2,6	0,22	0,44
-2,8	0,24	0,48
-3	0,26	0,52
-3,2	0,28	0,56
-3,4	0,3	0,6
-3,6	0,32	0,64
-3,8	0,34	0,68
-4	0,36	0,72
-4,2	0,38	0,76
-4,4	0,4	0,8
-4,6	0,42	0,84
-4,8	0,44	0,88
-5	0,46	0,92
-5,2	0,48	0,96
-5,4	0,5	1
-5,6	0,52	1,04
-5,8	0,54	1,08
-6	0,56	1,12
-6,2	0,58	1,16
-6,4	0,6	1,2
-6,6	0,62	1,24
-6,8	0,64	1,28
-7	0,66	1,32
-7,2	0,68	1,36
-7,4	0,7	1,4
-7,6	0,72	1,44
-7,8	0,74	1,48
-8	0,76	1,52
-8,2	0,78	1,56
-8,4	0,8	1,6
-8,6	0,82	1,64
-8,8	0,84	1,68
-9	0,86	1,72
-9,2	0,88	1,76
-9,4	0,9	1,8
-9,6	0,92	1,84
-9,8	0,94	1,88
-10	0,96	1,92
-10,2	0,98	1,96
-10,4	1	2
-10,6	1,02	2,04
-10,8	1,04	2,08
-11	1,06	2,12
-11,2	1,08	2,16

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

<i>Quota dal p.c. (m)</i>	<i>Pressione efficace(kg/cmq)</i>	<i>Pressione totale(kg/cmq)</i>
-11,4	1,1	2,2
-11,6	1,12	2,24
-11,8	1,14	2,28
-12	1,16	2,32
-12,2	1,18	2,36
-12,4	1,2	2,4
-12,6	1,22	2,44
-12,8	1,24	2,48
-13	1,26	2,52
-13,2	1,28	2,56
-13,4	1,3	2,6
-13,6	1,32	2,64
-13,8	1,34	2,68
-14	1,36	2,72
-14,2	1,38	2,76
-14,4	1,4	2,8
-14,6	1,42	2,84
-14,8	1,44	2,88
-15	1,46	2,92
-15,2	1,48	2,96
-15,4	1,5	3
-15,6	1,52	3,04
-15,8	1,54	3,08
-16	1,56	3,12
-16,2	1,58	3,16
-16,4	1,6	3,2
-16,6	1,62	3,24
-16,8	1,64	3,28
-17	1,66	3,32
-17,2	1,68	3,36
-17,4	1,7	3,4
-17,6	1,72	3,44
-17,8	1,74	3,48
-18	1,76	3,52
-18,2	1,78	3,56
-18,4	1,8	3,6
-18,6	1,82	3,64
-18,8	1,84	3,68
-19	1,86	3,72
-19,2	1,88	3,76
-19,4	1,9	3,8
-19,6	1,92	3,84
-19,8	1,94	3,88
-20	1,96	3,92
-20,2	1,98	3,96
-20,4	2	4
-20,6	2,02	4,04
-20,8	2,04	4,08
-21	2,06	4,12
-21,2	2,08	4,16
-21,4	2,1	4,2
-21,6	2,12	4,24
-21,8	2,14	4,28
-22	2,16	4,32
-22,2	2,18	4,36
-22,4	2,2	4,4
-22,6	2,22	4,44
-22,8	2,24	4,48
-23	2,26	4,52
-23,2	2,28	4,56
-23,4	2,3	4,6
-23,6	2,32	4,64

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

<i>Quota dal p.c. (m)</i>	<i>Pressione efficace(kg/cm^q)</i>	<i>Pressione totale(kg/cm^q)</i>
-23,8	2,34	4,68
-24	2,36	4,72
-24,2	2,38	4,76
-24,4	2,4	4,8
-24,6	2,42	4,84
-24,8	2,44	4,88

Profondità di calcolo dal p.c.(m): 25 *Coordinata X di calcolo (m):* 32,3

Passo di calcolo (m): 0,2

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Edifica srl

Località: Bognanco (VB)

Data: giugno 2016

Riferimenti: centrale rio Acquamorta

Andamento dell'incremento di pressione indotto nel terreno

Quota dal p.c. (m)	Sollecitazioni indotte(kg/cm ^q)
-0,2	0
-0,4	0
-0,6	0
-0,8	0
-1	0
-1,2	0
-1,4	0
-1,6	0
-1,8	0
-2	0
-2,2	0
-2,4	1E-5
-2,6	1E-5
-2,8	1E-5
-3	1E-5
-3,2	1E-5
-3,4	2E-5
-3,6	2E-5
-3,8	2E-5
-4	3E-5
-4,2	3E-5
-4,4	4E-5
-4,6	4E-5
-4,8	5E-5
-5	5E-5
-5,2	6E-5
-5,4	7E-5
-5,6	7E-5
-5,8	8E-5
-6	9E-5
-6,2	0,0001
-6,4	0,00011
-6,6	0,00012
-6,8	0,00013
-7	0,00014
-7,2	0,00015
-7,4	0,00016
-7,6	0,00017
-7,8	0,00019
-8	0,0002
-8,2	0,00021
-8,4	0,00023
-8,6	0,00024
-8,8	0,00026
-9	0,00027
-9,2	0,00029
-9,4	0,00031
-9,6	0,00032
-9,8	0,00034
-10	0,00036
-10,2	0,00038

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

<i>Quota dal p.c. (m)</i>	<i>Sollecitazioni indotte(kg/cmq)</i>
-10,4	0,0004
-10,6	0,00041
-10,8	0,00043
-11	0,00045
-11,2	0,00048
-11,4	0,0005
-11,6	0,00052
-11,8	0,00054
-12	0,00056
-12,2	0,00058
-12,4	0,00061
-12,6	0,00063
-12,8	0,00065
-13	0,00068
-13,2	0,0007
-13,4	0,00073
-13,6	0,00075
-13,8	0,00077
-14	0,0008
-14,2	0,00082
-14,4	0,00085
-14,6	0,00088
-14,8	0,0009
-15	0,00093
-15,2	0,00095
-15,4	0,00098
-15,6	0,00101
-15,8	0,00103
-16	0,00106
-16,2	0,00108
-16,4	0,00111
-16,6	0,00114
-16,8	0,00116
-17	0,00119
-17,2	0,00122
-17,4	0,00124
-17,6	0,00127
-17,8	0,0013
-18	0,00132
-18,2	0,00135
-18,4	0,00138
-18,6	0,0014
-18,8	0,00143
-19	0,00145
-19,2	0,00148
-19,4	0,00151
-19,6	0,00153
-19,8	0,00156
-20	0,00158
-20,2	0,00161
-20,4	0,00163
-20,6	0,00166
-20,8	0,00168
-21	0,00171
-21,2	0,00173
-21,4	0,00175
-21,6	0,00178

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

<i>Quota dal p.c. (m)</i>	<i>Sollecitazioni indotte(kg/cm^q)</i>
-21,8	0,0018
-22	0,00182
-22,2	0,00185
-22,4	0,00187
-22,6	0,00189
-22,8	0,00192
-23	0,00194
-23,2	0,00196
-23,4	0,00198
-23,6	0,002
-23,8	0,00202
-24	0,00204
-24,2	0,00206
-24,4	0,00208
-24,6	0,0021
-24,8	0,00212

Profondità di calcolo dal p.c.(m): 25 *Coordinata X di calcolo (m):* 0,0

Passo di calcolo (m): 0,2 *Metodo di calcolo:* Boussinesq

Sezione di calcolo: Sezione centrale *Coordinata Y di calcolo (m):* 2,2

Committente: Edifica srl

Località: Bognanco (VB)

Data: giugno 2016

Riferimenti: centrale rio Acquamorta

Riassunto del calcolo dei cedimenti

Fondazione n. 1

Verifica allo Stato Limite d'Esercizio

Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	4,4
Carico applicato sulla fondazione (kg/cm ²):	1,59

Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	30
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	n.c.
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	n.c.

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	0	19,3	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. incoerenti (mm):	0	19,3	0

Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	20

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	0	0	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. coesivi (mm):	0	0	0

Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	0	19,3	0
Max cedim. differenziale(mm):	0		
Massima distorsione (%):	0		

Fondazione rigida o flessibile: Fondazione rigida

Verifica allo Stato Limite di Danno

Cedimento indotto dal sisma (mm):	0
-----------------------------------	---

Studio geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Edifica srl

Località: Bognanco (VB)

Data: giugno 2016

Riferimenti: centrale rio Acquamorta

Modulo di reazione del terreno di fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	4,4

Metodo di Vesic completo

Modulo elastico medio del terreno (kg/cm ²):	301,3
Coef. di Poisson medio del terreno (kg/cm ²):	0,35
Modulo elastico della fondazione(kg/cm ²):	0
Momento d'inerzia della fondazione (cm ⁴):	0

Metodo di Vesic semplificato

Modulo elastico medio del terreno (kg/cm ²):	301,3
Coef. di Poisson medio del terreno (kg/cm ²):	0,35

Metodo di Terzaghi (da SPT)

Nspt medio nel terreno di fondazione :	0
Lato o diametro della piastra di prova (cm):	0

Metodo di Terzaghi (da piastra)

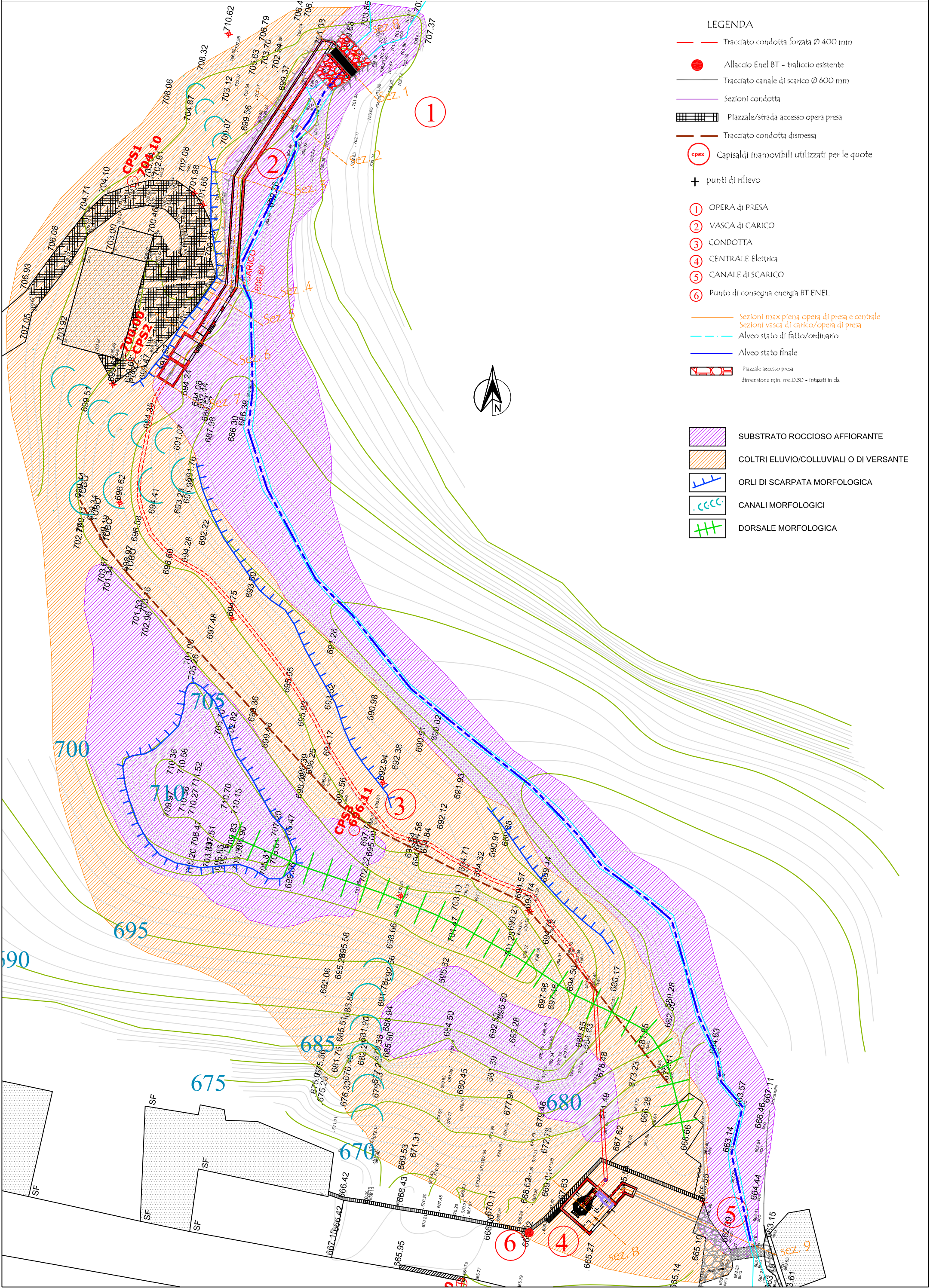
k misurato nella prova di carico (kg/cm ²):	0
Lato o diametro della piastra di prova (cm):	0

Metodo di Bowles

Cedimento del terreno di fondazione (cm):	0,19
Carico applicato sulla fondazione (kg/cm ²):	1,59

RISULTATI

Metodo di calcolo utilizzato:	Metodo di Bowles
Modulo di reazione (kg/cm ²):	24,63



LEGENDA

- Tracciato condotta forzata Ø 400 mm
- Allaccio Enel BT - traliccio esistente
- Tracciato canale di scarico Ø 600 mm
- Sezioni condotta
- Piazzale/strada accesso opera presa
- Tracciato condotta dismessa
- Capsaldi inamovibili utilizzati per le quote
- punti di rilievo

- OPERA di PRESA
- VASCA di CARICO
- CONDOTTA
- CENTRALE Elettrica
- CANALE di SCARICO
- Punto di consegna energia BT ENEL

- Sezioni max piena opera di presa e centrale
- Sezioni vasca di carico/opera di presa
- Alveo stato di fatto/ordinario
- Alveo stato finale

Piazzale accesso presa
dimensione min. m.c.0,30 - intasati in cls.

- SUBSTRATO ROCCIOSO AFFIORANTE
- COLTRI ELUVIO/COLLUVIALI O DI VERSANTE
- ORLI DI SCARPATA MORFOLOGICA
- CANALI MORFOLOGICI
- DORSALE MORFOLOGICA