



Comune di



Commune de

Valtournenche

Realizzazione di un edificio da adibirsi ad hangar per il sostegno alle attività di elisoccorso e di soccorso e più in generale per le attività aeree in loc. Cervinia zona bob

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE (ai sensi del D.M. 14/01/2008)

e

STUDIO SULLA COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO CON LO STATO DI DISSESTO ESISTENTE E SULL'ADEGUATEZZA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IN ATTO E DI QUELLE CONSEGUIBILI CON LE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO NECESSARIE (D.G.R. 2939 del 10 - 10 - 2008 e s.m.i.)

| | | | |
|---|---------------------------------------|---|--|
| <u>Data</u> Ottobre 2017 | <u>Elaborato</u> RGT + SC Rev.1 | BALTEA - Studio Geologico Associato Châtillon (AO), Via Menabrea 43 Tel./Fax: (+39) 0166.62.205 Cell. (+39) 3282830298 C.F./P.IVA: 01129450076 | |
| <u>Committente:</u> Amministrazione Comunale di Valtournenche | | | |
| <u>Il tecnico incaricato</u> Dott. Geol Alex Théodule | | | |

Sommario

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Introduzione..... | 3 |
| 2 | Inquadramento geografico e descrizione dell'intervento | 5 |
| 3 | Inquadramento geologico e geomorfologico..... | 7 |
| 4 | Normativa urbanistica e vincoli..... | 12 |
| 4.1 | Disciplina d'uso | 12 |
| 5 | Valutazione della compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente (ai sensi della D.G.R. n. 2939 del 10.10.2008)..... | 15 |
| 5.1 | Individuazione della classificazione urbanistico-edilizia dell'intervento proposto..... | 15 |
| 5.2 | Individuazione ed illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo..... | 15 |
| 5.3 | Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità | 16 |
| 5.4 | Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata..... | 16 |
| 5.5 | Definizione degli interventi di protezione | 16 |
| 6 | Indagini eseguite..... | 17 |
| 7 | Sismicità | 17 |
| 7.1 | Indagine sismica attiva (MASW)..... | 20 |
| 7.2 | Risultato dell'indagine | 24 |
| 8 | Caratterizzazione geotecnica dei materiali | 28 |
| 8.1 | Premessa | 28 |
| 8.2 | Determinazione dei parametri meccanici caratteristici dei materiali..... | 28 |
| 9 | Gestione delle terre e rocce da scavo..... | 30 |
| 10 | Conclusioni..... | 32 |

1 Introduzione

Su incarico e per conto dell'Amministrazione Comunale di Valtournenche (CIG Z45204D64E), lo scrivente Dott. Geol. Théodule Alex, con Studio Tecnico in Châtillon (AO), via Menabrea n. 43, iscritto all'Ordine dei Geologi della Valle d'Aosta con progressivo n. 58 (c.f. THD LXA 75E20 A326S), ha redatto il presente studio geologico e geotecnico a corredo del progetto di costruzione di un edificio ad uso hangar per il sostegno alle attività di elisoccorso e di soccorso e più in generale per le attività aeree in loc. Breuil-Cervinia, nei pressi della ormai dismessa pista di bob. È stata altresì verificata la compatibilità degli interventi in programma con lo stato di dissesto esistente al fine di acquisire i pareri e i nulla osta previsti ai sensi della L.R. 11/98 con particolare riferimento alla D.G.R. n. 2939 del 10/10/2008, in quanto le opere in progetto ricadono all'interno della perimetrazione delle cartografie degli ambiti inedificabili del Comune di Valtournenche.

Il presente studio è finalizzato ad evidenziare le condizioni geologiche *l.s.* dell'area di intervento per verificarne la fattibilità anche in relazione ai fenomeni di dissesto che insistono sul settore di intervento.

L'indagine è stata effettuata in ottemperanza a quanto previsto dalle normative vigenti ed in particolare ai dettami di:

- ✓ **L.R. 06 aprile 1998 n° 11 e s.m.i.** (Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta);
- ✓ **D.G.R. n. 2939 del 10 ottobre 2008** (approvazione delle nuove disposizioni attuative della legge regionale 6 aprile 1998 n. 11 previste agli artt. 35, 36 e 37 in sostituzione dei capitoli I, II e III dell'allegato a alla deliberazione della giunta regionale 15 febbraio 1999, n. 422 e revoca della deliberazione della giunta regionale n. 1968/2008) e s.m.i.;
- ✓ **D.M. LL.PP. 14 gennaio 2008** (Norme Tecniche per le Costruzioni);
- ✓ **D.M. LL.PP. 11 marzo 1988** (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione);
- ✓ **D. Lgs. 152 del 03 aprile 2006** (Norme in materia ambientale);
- ✓ **D.P.R. n. 120 del 13 giugno 2017** (disciplina semplificata per la gestione delle terre e rocce da scavo);
- ✓ **L.R. 3 dicembre 2007, n. 31** (nuove disposizioni in materia di gestione dei rifiuti);
- ✓ **O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003** (Primi elementi in materia di criteri generali per la

classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica);

- ✓ **L.R. 31 luglio 2012, n. 23** (Disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche);
- ✓ **D.G.R. n. 1603 del 04 ottobre 2013** (approvazione delle prime disposizioni attuative di cui all'art. 3 comma 3, della legge regionale 31 luglio 2012, n. 23 "disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche").

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni in questa prima fase di progettazione, vista la superficialità delle strutture di fondazione e la semplicità dell'opera in progetto, nonché l'incertezza sulla soluzione progettuale finale, non sono state effettuate delle specifiche indagini geognostiche, in ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 14.01.2008 (capitolo 6.2.2). Sono stati tuttavia valutati i dati ricavati dal rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio, oltre che dalle principali correlazioni con le indagini geofisiche eseguite in sito, verificandone la coerenza con i dati bibliografici e con i lavori pregressi eseguiti nelle circostanze del sito di intervento. Nelle successive fasi progettuali sarà necessaria l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche in sito al fine di determinare i corretti parametri geotecnici del terreno.

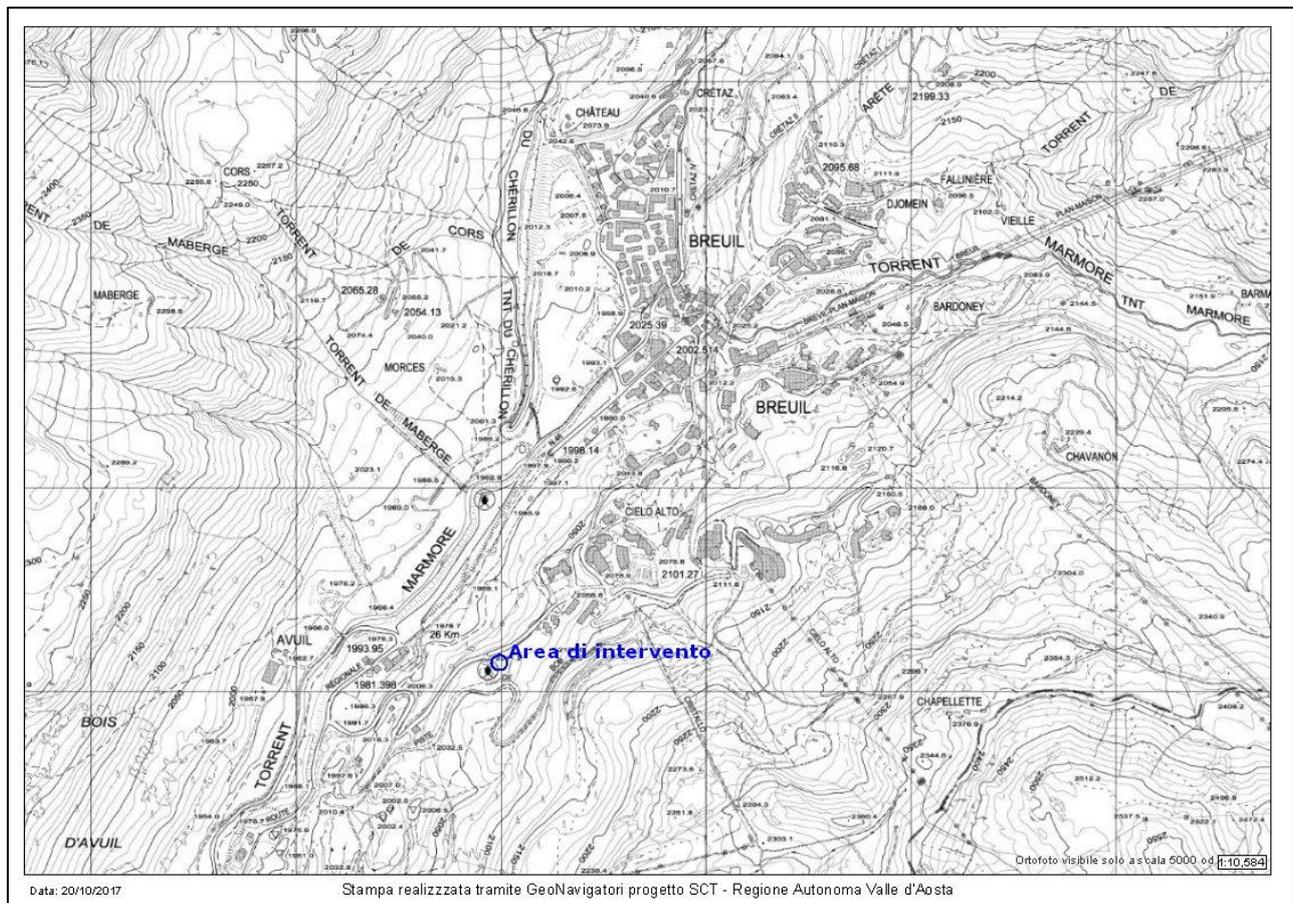


Figura 1. Corografia generale (estratto da <http://geonavsct.partout.it/>)

2 Inquadramento geografico e descrizione dell'intervento

Il sito di intervento è situato sulla sinistra orografica del Torrente Marmore, nel territorio comunale di Valtournenche, in località Breuil-Cervinia, a circa 2040 m s.l.m., nei pressi della ormai dismessa pista di bob. Il terreno su cui l'Amministrazione Committente ha intenzione di realizzare il fabbricato ad uso hangar è censito a catasto terreni del Comune di Valtournenche al Foglio n. 10 mappale n. 1161.

Il progetto, a firma del geom. Stefano Gorret, con studio tecnico in Valtournenche (AO), P.zza Cav. Vittorio Veneto 104, propone 3 differenti soluzioni progettuali che saranno valutate dall'Amministrazione appaltante al fine di convergere verso la soluzione definitiva, sulla base anche della disponibilità economico-finanziaria, eventualmente procedendo alla realizzazione del progetto per lotti successivi. Le tre soluzioni individuate dal Progettista sono di seguito sintetizzate:

1. **Soluzione 1.** Realizzazione di due edifici distinti e adiacenti: il primo, più piccolo e che alloggerà 2 locali ufficio, uno a servizio diretto al volo aereo, l'altro destinato a ospitare una sala dedicata al Centro Operativo Comunale (C.O.C.), mentre il secondo edificio sarà il vero e proprio hangar per il ricovero di un elicottero di medio/piccole dimensioni (182 m²).

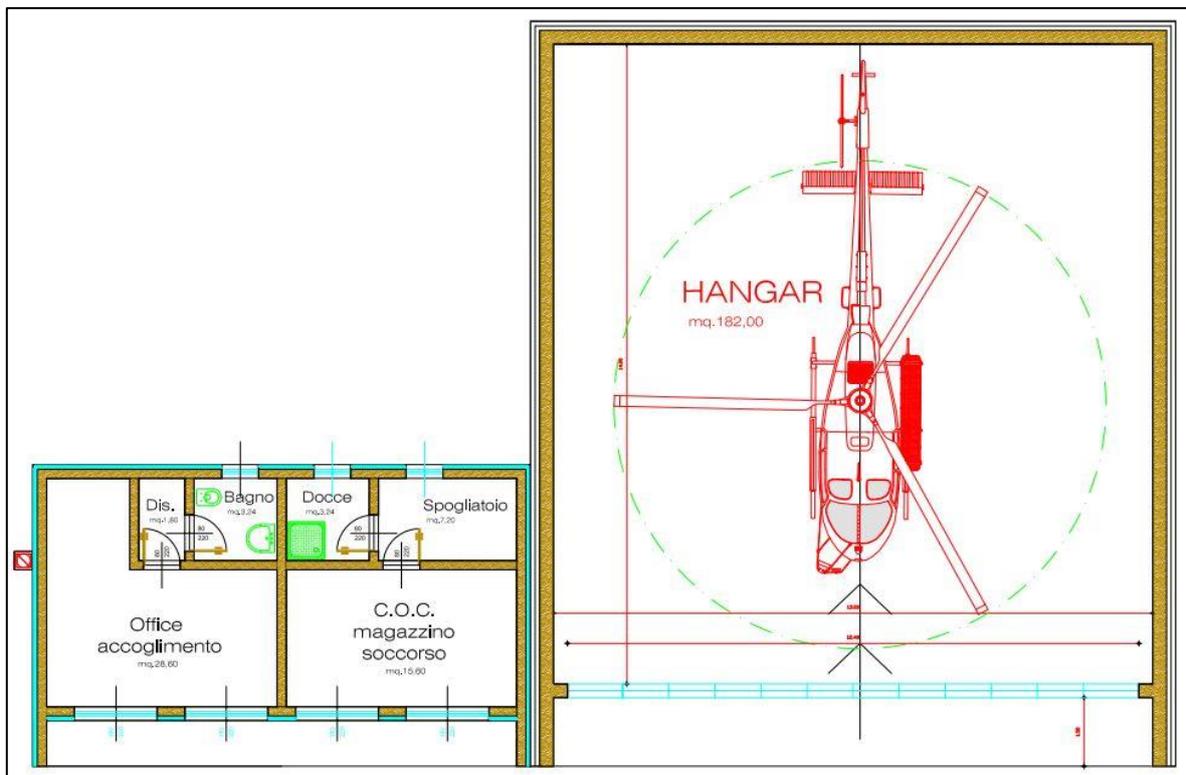


Figura 2. Soluzione 1

2. **Soluzione 2.** Realizzazione di un unico edificio ospitante sia l'ufficio ad uso C.O.C., con relativi locali di servizio, sia l'hangar di 157 m² circa.

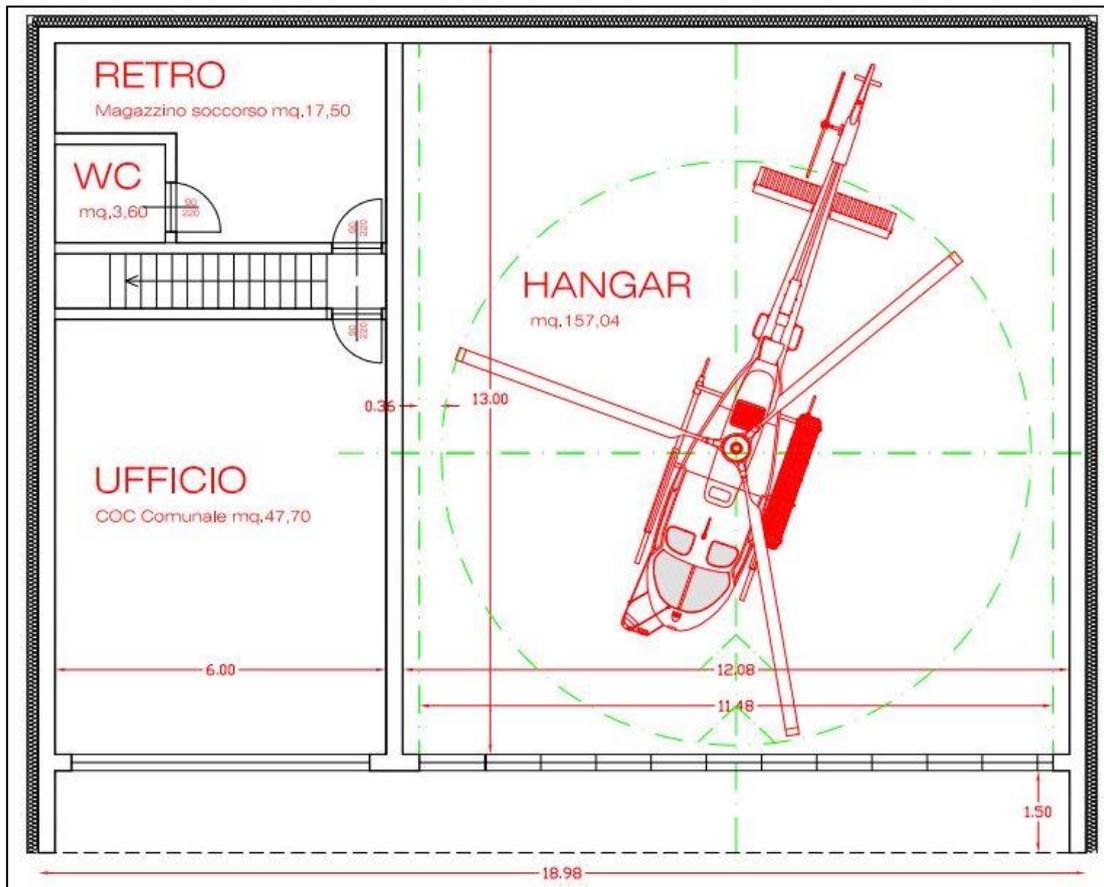


Figura 3. Soluzione 2

3. **Soluzione 3.** Realizzazione di due edifici distinti, analogamente alla soluzione 1, con la differenza che l'hangar sarà di dimensioni notevolmente maggiori (272 m²) al fine di ospitare un elicottero di medie/grandi dimensioni.

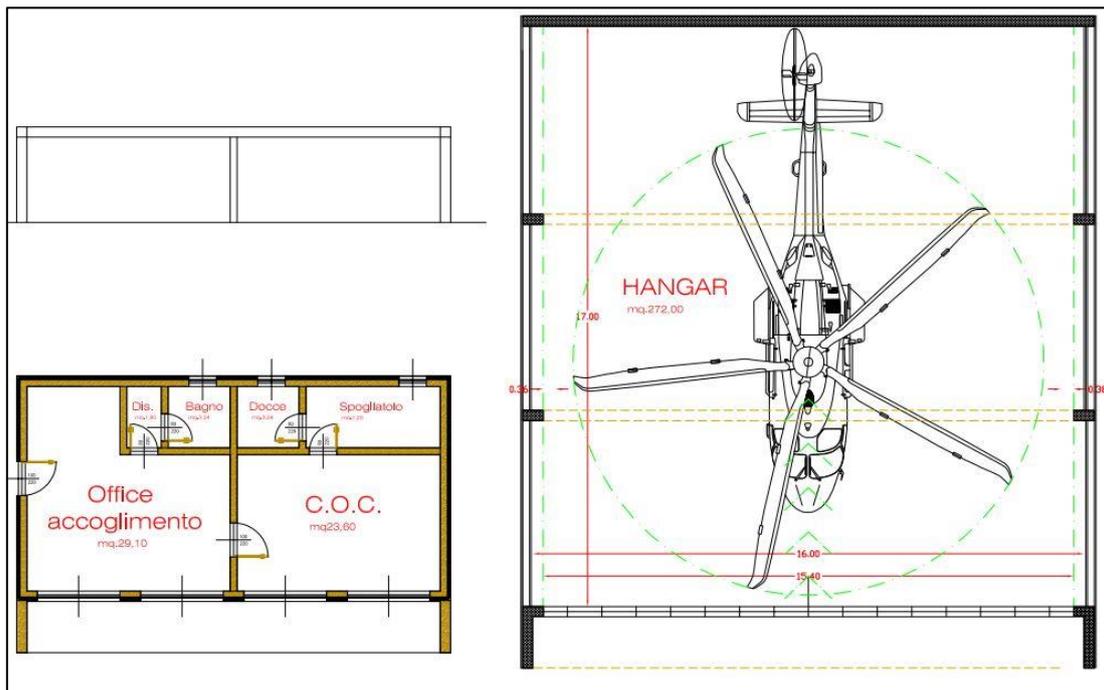


Figura 4. Soluzione 3

La presente relazione ha come obiettivo primario quello di determinare la fattibilità dell'intervento edilizio e il punto più idoneo per la sua realizzazione a partire dalle soluzioni progettuali di cui sopra, in funzione delle condizioni di pericolosità del sito e dei fenomeni di dissesto che su di esso insistono.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni, ovvero la programmazione delle indagini geognostiche in sito, e la conseguente scelta e della tipologia di fondazione più idonea alla realizzazione degli edifici, sarà demandata ad un successivo studio di dettaglio, alla luce della soluzione progettuale che l'Amministrazione deciderà di adottare.

3 Inquadramento geologico e geomorfologico

Da un punto di vista geomorfologico, il settore di intervento è interessato da un fenomeno conosciuto storicamente come *paleofrana di Cervinia* o del *Bec Pio Merlo-Motta di Pleté*, rappresentato da un complesso accumulo gravitativo che si estende per circa 7 Km² con spessori dell'ordine delle centinaia di metri sul versante orografico sinistro della conca del Breuil, tra il settore di Bardoney – Cielo Alto (a nord) e la zona di Perrères (a sud).

Il fenomeno gravitativo prende origine in corrispondenza dello spartiacque della Motta di Pleté (2870 m s.l.m.), che si presenta con il caratteristico sdoppiamento di cresta a formare il Bec Pio Merlo (2670 m), e scende fino al fondovalle tra Perrères e Breuil-Cervinia. Possiamo suddividere il fenomeno gravitativo complesso in 3 settori principali:

1. un settore altimetricamente più elevato, caratterizzato superficialmente dalla presenza di affioramenti di roccia rilasciata, con chiari indizi di dislocazione della massa, quali lo sdoppiamento di cresta e la presenza di grandi fratture parallele al versante (“trench”);
2. una parte mediana caratterizzata da un forte scompaginamento del substrato roccioso, la cui fratturazione ha provocato l'insorgere di pregressi fenomeni di crollo;
3. una parte inferiore costituita dalla sovrapposizione di diversi accumuli di frana.

Analizzando più nel dettaglio il settore di accumulo in località Cielo Alto, il corpo franoso sembrerebbe mostrare evidenze e forme tipicamente di ambiente periglaciale legate al permafrost: la superficie dell'accumulo presenta lineamenti molto simili ai cordoni e alle creste caratteristiche dei *rock glaciers*, ovvero corpi geologici costituiti da ghiaccio e detrito sciolto cementati assieme, il cui fronte presenta, come nel presente caso, un'elevata acclività e la tipica forma lobata, simile a quella dei ghiacciai. I *rock glaciers*, a seconda del loro stato di attività, possono in genere contenere al loro interno ghiaccio massivo (*rock glaciers a nucleo di ghiaccio*) o ghiaccio interstiziale, generato quest'ultimo dal congelamento di acqua circolante in condizioni di *permafrost*. Questa

ipotesi sembrerebbe avere riscontro da alcuni sondaggi profondi eseguiti nel settore di Cielo Alto, dove si è rinvenuto del ghiaccio lenticolare nelle carote.

A priori non è possibile stabilire lo stato di attività del rock glacier e neppure il legame tra le sue dinamiche e il fenomeno ben più ampio di deformazione gravitativa profonda di versante (D.G.P.V.) che lo ricomprende. Ciò che è possibile osservare sono i movimenti relativi dei terreni coinvolti dai fenomeni sopra descritti attraverso l'analisi dei dati interferometrici satellitari messi a disposizione dalla R.A.V.A.: il fenomeno di deformazione gravitativa profonda presenta evidenti indizi di attività, quantificabili da pochi mm/anno ad alcuni cm/anno, a seconda del settore. Il movimento, vista l'estensione del fenomeno anche nei settori più a valle, è verosimilmente imputabile a dinamiche puramente gravitative, anche se non si può escludere che l'eventuale presenza di permafrost in profondità possa in qualche modo favorire il lento scivolamento del versante verso valle.

Le risultanze dello studio commissionato dalla R.A.V.A. in merito all'analisi dei dati interferometrici satellitari della piattaforma ERS1 e ERS2 (periodo 1992-2000) mediante tecnica PSInSAR sul territorio regionale valdostano, in parte riproposto negli atti del Progetto Strategico Interreg IVA Risknat (*Schede monografiche di frane in Valle d'Aosta analizzate con tecnica PS - M. Broccolato & M. Paganone, 2012*), evidenziano infatti quanto segue:

- ✓ l'inventario I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani) censisce una DGPV (A) ed una serie di accumuli frana (B, C) nel settore meridionale (cfr. immagine seguente); la deformazione si presenta articolata da importanti strutture orientate circa Nord-Sud; queste strutture separano settori a diverso grado di evoluzione e a diversa velocità PS.
- ✓ Sulla base della serie storica 1992-2000, nel settore di Chapelette – Cielo Alto vi sono PS di entrambe le geometrie (i discendenti sono in genere in allontanamento, mentre gli ascendenti in avvicinamento al satellite); si osserva un movimento massimo (discendente) nel settore di nicchia, con velocità dell'ordine delle decine di mm/anno che decrescono verso il basso (in corrispondenza dei condomini di Cielo Alto) a poco meno di 10 mm/anno; qui si osservano anche piccoli movimenti (alcuni mm/anno) in avvicinamento del dataset ascendente.
- ✓ La presenza di entrambe le geometrie di acquisizione dei dati radar satellitari consente la scomposizione del moto secondo due componenti, verticale e orizzontale, nel settore di Cielo Alto, dove si osserva un evidente spostamento verso W di tutto il piede del versante con velocità massime dell'ordine della decina di mm/anno.
- ✓ In corrispondenza della telecabina per Plan Maison, al margine del fenomeno gravitativo censito, le velocità PS sembrano diminuire drasticamente con spostamenti nulli o

dell'ordine 1-2 mm/anno, analogamente al settore meridionale, a monte di Perrères.

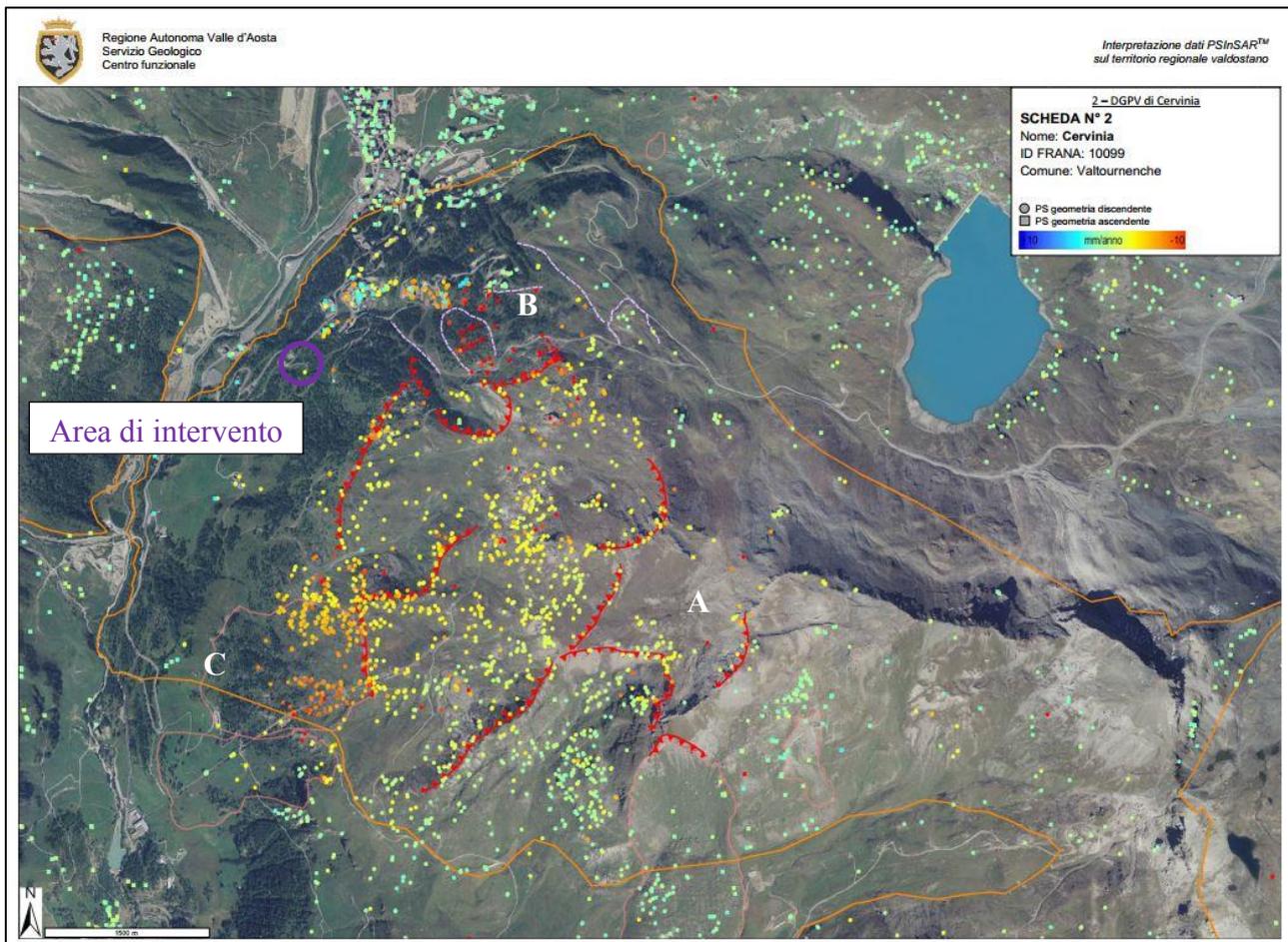


Figura 5. Evidenze delle misure PSInSARTM nel periodo 1992-2000 nel settore di Breuil-Cervinia (M. Broccolato e M. Paganone, 2012)

In corrispondenza dell'area di intervento sono presenti solamente pochi punti PS di misura pertanto risulta difficile una quantificazione delle componenti di movimento. Quel che è certo è che anche **in questo settore la deformazione gravitativa di versante è decisamente attiva** e le evidenze superficiali sono osservabili lungo la stessa pista da bob, dove i paramenti in cemento armato che delimitano la pista, soprattutto nella parte terminale della stessa, ovvero in corrispondenza dell'attuale piazzola superiore di atterraggio degli elicotteri, risultano totalmente disarticolati e ribaltati dalle forze spingenti del versante.

Questo settore è stato individuato come uno dei possibili siti per la realizzazione dei nuovi edifici in progetto. **Data tuttavia la grande difficoltà e la sconvenienza economica a intervenire al fine di consolidare il versante, si ritiene necessario scartare questa ipotesi.** Un sito alternativo e sicuramente meno influenzato dalla deformazione gravitativa profonda di versante, data anche la minore acclività, risulta essere quello prossimo alla "vecchia" piazzola di atterraggio degli elicotteri (posta in basso), attualmente occupata da una serie di container. Contestualmente alla realizzazione degli edifici è previsto altresì lo sbancamento dei terreni retrostanti al fine di

riprofilare il terreno e rendere l'area pianeggiante.



Figura 6. Immagine del muro di contenimento della pista da bob fortemente danneggiato da forze spingenti del versante



Figura 7. Settore di possibile localizzazione del nuovo hangar

Per quanto riguarda il quaternario, i terreni di copertura sono rappresentati da depositi glaciali rimaneggiati dall'azione degli agenti esogeni, costituiti da elementi lapidei (in maggior misura calcescisti) di piccola pezzatura immersi in una matrice variabile da sabbioso-limosa a limoso-sabbiosa. L'accumulo di frana è costituito dal materiale glaciale sopra descritto che lega blocchi spigolosi di grandi dimensioni. Le risultanze di tre sondaggi a carotaggio continuo S1, S2 e S3, spinti rispettivamente alle profondità di 40 m i primi due e 25 m il terzo, eseguiti nel maggio 1997 in località Cielo Alto (Fonte: Servizio Geologico - Banca dati geotecnica), e commissionati dalla Soc. Lo Mayens s.a.s, hanno restituito carote costituite da "frammenti e blocchi di calcescisti prevalenti, fortemente alterati e di aspetto arcoscico, immersi in sabbia limosa passante in profondità a limo sabbioso consistente".

Strutturalmente il sito di studio si inserisce in prossimità del contatto tra le Unità inferiori eclogitiche di Zermatt-Saas, costituite da calcescisti prevalenti, e le Unità superiori non eclogitiche di Pancherot-Cime Bianche- Bettaforca, rappresentate da dolomie, marmi dolomitici e anfiboliti. Per quanto riguarda la situazione idrogeologica il sopralluogo non sono state riscontrate evidenze di circuiti idrici sub-superficiali, anche se durante i periodi di fusione nivale e/o piogge prolungate non si escludono venute d'acqua anche di notevole portata.

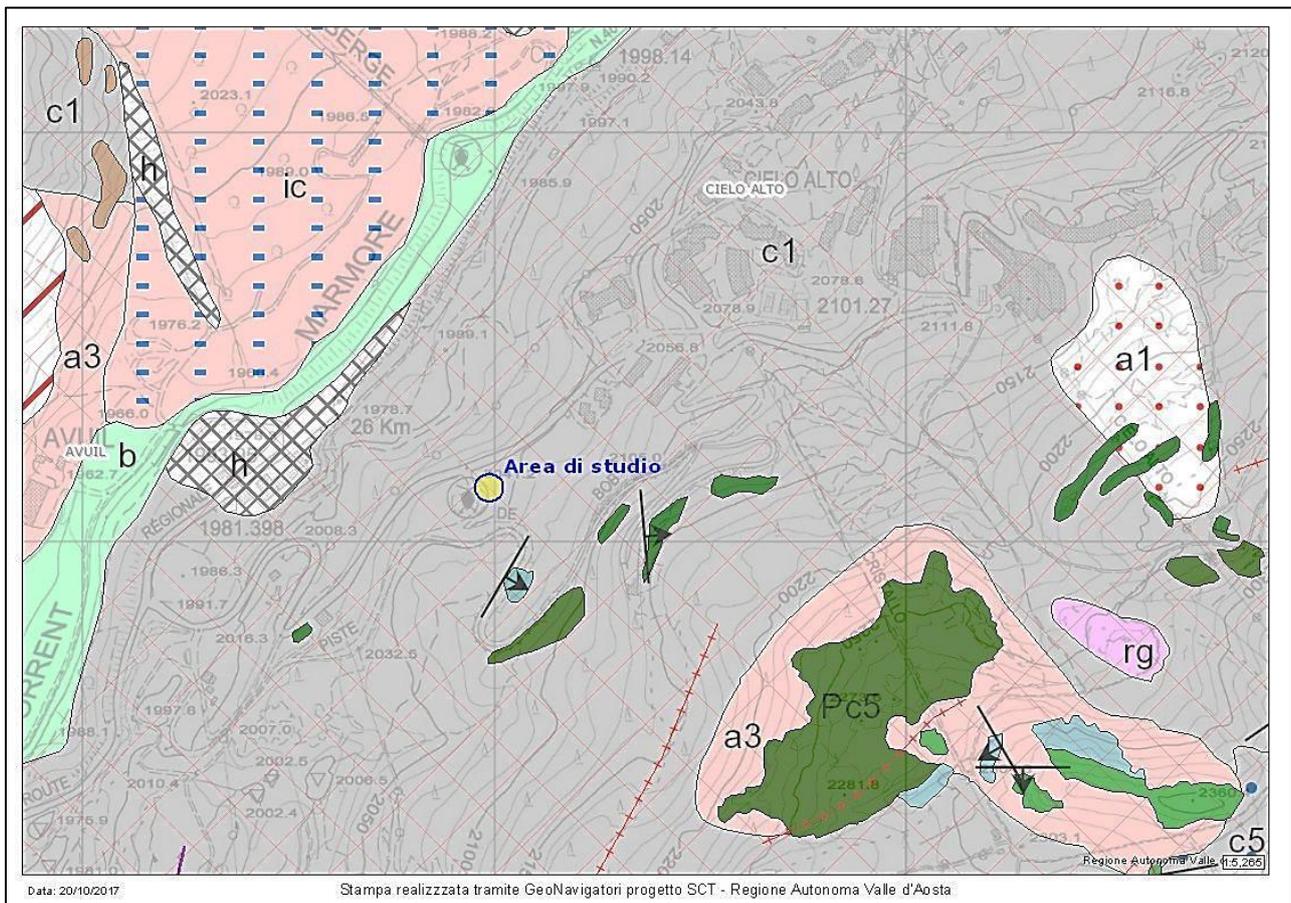


Figura 8. Estratto della carta geologica (sopra) e relativa legenda (sotto) (da <http://geologiavda.partout.it/>)

| Unità geologiche cartografabili (poligonali) | |
|---|--|
| Depositi quaternari | |
| DEPOSITI QUATERNARI | |
|  | h - Discarica / riporti antropici Discarica e riporti antropici. |
|  | c1 - Till indifferenziato Till indifferenziato. Ghiaie sabbioso-limose con blocchi, massive, con clasti da subangolosi a subarrotondati. |
|  | b - Deposito alluvionale e fluvio-glaciale Deposito alluvionale e fluvio-glaciale. Ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, con ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana. |
| Substrato pre-quaternario | |
| ZONA PIEMONTESE | |
| Unità superiori, non eclogitiche (Zona del Combin s.l.) | |
| Unità Pancherot-Cime Bianche-Bettaforca | |
|  | Pc5 - Dolomie e marmi dolomitici Dolomie e marmi dolomitici. Dolomie e marmi dolomitici con intercalazioni di breccie sedimentarie, Vallone delle Cime Bianche, Le Balme-Pra Sotto, Colle della Bettaforca, TRIASSICO MEDIO-SUP. |
| Unità del Combin | |
|  | Co7 - Anfiboliti albitiche Anfiboliti albitiche. Anfiboliti di colore verde scuro, tabulari, ad albite, orneblenda-actinolite ± epidoto. |
| Unità inferiori eclogitiche: Unità di Zermatt Saas e della Grivola-Urtier | |
| Zermatt-Saas | |
|  | Zs1 - Calcescisti s.l. indifferenziati. Calcescisti s.l. indifferenziati. Calcescisti pelitico-carbonatici e micascisti quarzosi a calcite e/o ankerite, granato ± Mg-cloritoide e/o glaucofane, con intercalazioni di marmi, scisti filladici, quarziti micacee ed ofioliti in corpi non rappresentabili |

4 Normativa urbanistica e vincoli

Il sito di intervento è soggetto ai seguenti vincoli:

| Vincolo | | Fascia |
|---|--|--------------------------------|
| Art. 33 (L.R. 11/98 - aree boscate) | <input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Vincolato |
| Art. 35, comma 1 (L.R. 11/98 - terreni sedi di frane) | <input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | F3 – Bassa pericolosità |
| Art. 36 (L.R. 11/98 - terreni a rischio di inondazione) | <input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no | |
| Art.35, comma 2 (L.R. 11/98 - terreni sedi di fenomeni di trasporto di massa) | <input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no | |
| Art. 37 (L.R. 11/98 - terreni soggetti al rischio di valanghe o slavine) | <input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no | |
| Art. 41 (L.R. 11/98 – Fasce di rispetto dei corsi d'acqua e vasche di carico) | <input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no | |
| R.D.L. 3267 del 30/12/01923 (Vincoli idrogeologico) | <input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Vincolato |
| Legge Forestale n. 3917 del 20 giugno 1877 (“Legge castagno”) | <input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no | |
| R.D.L. 523 del 27/071904 (aree demaniali) | <input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no | |

4.1 Disciplina d’uso

Ai sensi della D.G.R. n. 2939 del 2008 « *Nelle aree a bassa pericolosità di cui all’art. 35, comma 1 – F3, è consentito ogni genere di intervento, edilizio ed infrastrutturale; nel caso di interventi di nuova costruzione, i relativi progetti devono essere corredati da uno specifico studio sulla compatibilità dell’intervento con i fenomeni idraulici, geologici e idrogeologici che possono determinarsi nell’area, e di verifica dell’adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie*».

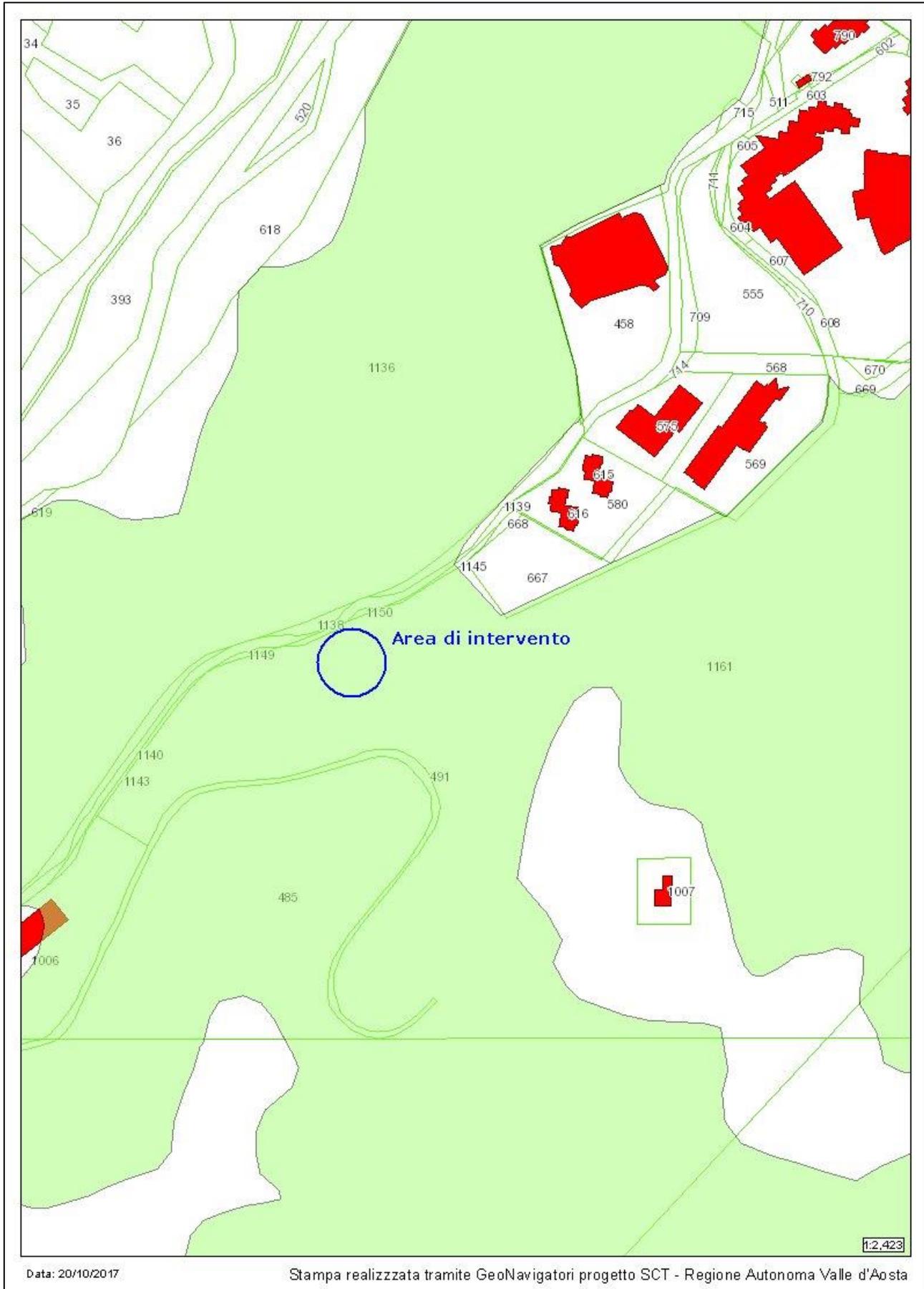


Figura 9. Art. 33 L.R. 11/98 – Aree Boscate (da <http://geonavsct.partout.it/>)

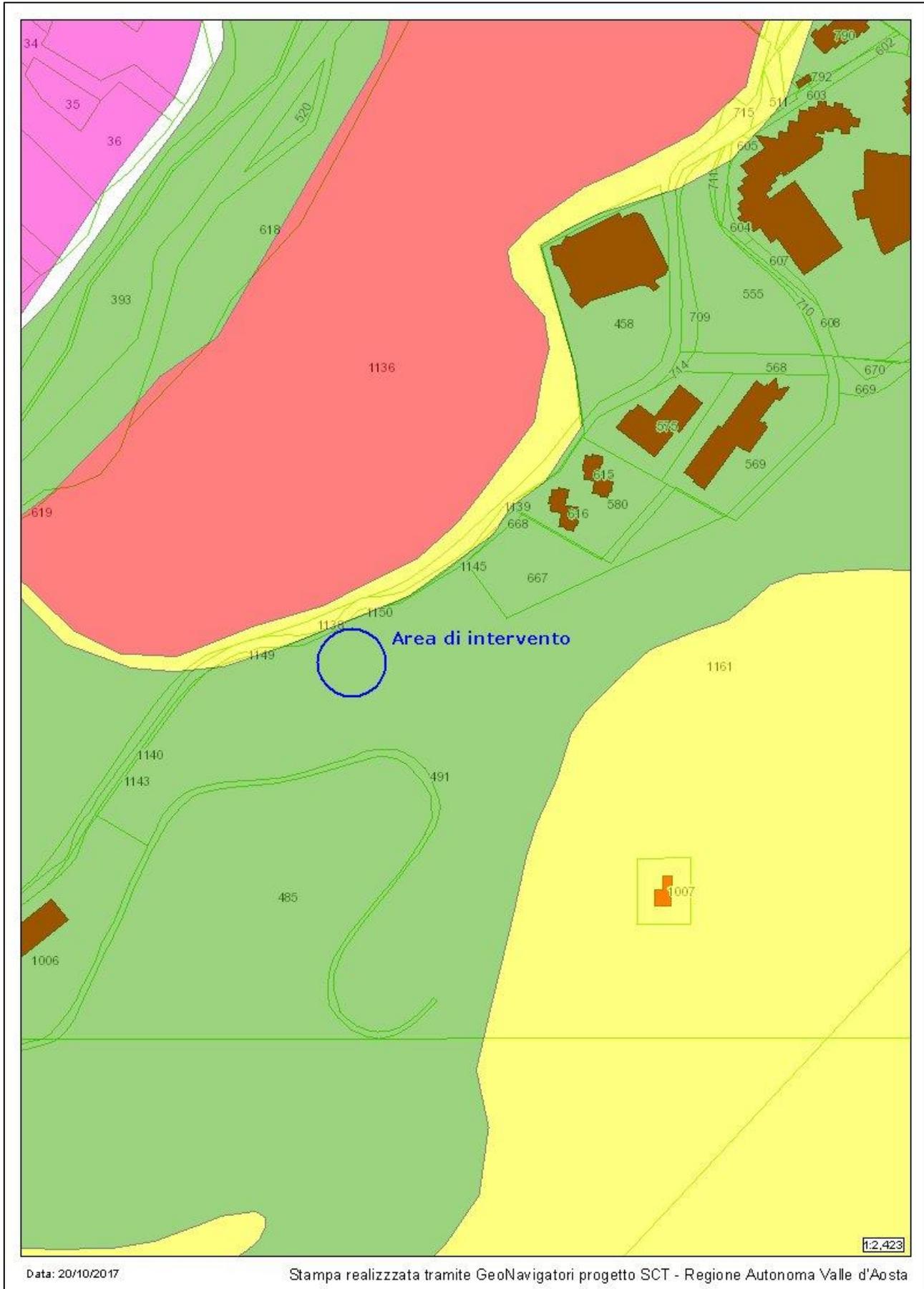


Figura 10. Art. 35 L.R. 11/98 - Terreni sedi di frane (da <http://geonavsct.partout.it/>)

“D.G.P.V. di Cervinia” (ID IFFI 10099) che interessa l’intero versante a partire dallo spartiacque della Motta di Pleté fino al fondovalle compreso tra il Breuil-Cervinia e l’abitato di Perrères. Si rimanda ai precedenti paragrafi per un’analisi più di dettaglio dei fenomeni.

5.3 Valutazione della compatibilità dell’intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità

Sulla base di quanto sopra evidenziato, preso atto della natura dell’intervento in progetto la cui realizzazione non modifica le condizioni di pericolosità del sito (legate principalmente a dinamiche gravitative complesse con estensione dell’intero versante), considerata anche la bassa attività del fenomeno di dissesto in questo settore di versante, **l’intervento in progetto è da ritenersi compatibile con le condizioni di pericolosità geologica indicate nella cartografia degli ambiti inedificabili per terreni sedi di frane redatta ai sensi dell’art. 35 della L.R. n. 11/1998 e s.m.i.**

5.4 Valutazione della vulnerabilità dell’opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata

In tutte le soluzioni progettuali ipotizzate e sopra riportate è prevista la realizzazione, oltre che del locale hangar per il ricovero dell’elicottero, di per se scarsamente vulnerabili in termini di interazione con il fenomeno di dissesto in atto, anche di un locale ufficio da destinare a sede del **Centro Operativo Comunale (C.O.C.)**. Quest’ultimo è ritenuto un’**opera strategica e di rilevanza ai fini di protezione civile**, pertanto dovrà essere garantita la sua totale efficienza soprattutto in caso di calamità. In questi termini l’edificio che ospiterà questo ufficio, proprio per il ruolo di fondamentale importanza che lo investe, rientra per definizione tra quelli ad **elevata vulnerabilità**.

Il fenomeno di dissesto analizzato non preclude di fatto la possibilità che il COC possa essere individuato all’interno dell’edificio in progetto, ma la struttura e le sue reti di collegamento ai servizi di urbanizzazione primaria, (fogne, acquedotto, elettricità, ecc.) dovranno essere realizzate tenendo conto di possibili cedimenti differenziale dei terreni, dovuti al fenomeno gravitativo profondo. La progettazione delle strutture dovrà inoltre tenere conto del ruolo strategico dell’edificio, con particolare attenzione alle azioni sismiche, oltre che agli aspetti legati al fenomeno di dissesto in atto.

5.5 Definizione degli interventi di protezione

Analizzati i fenomeni di dissesto in atto o potenziali, riferibili fondamentalmente a dinamiche di dissesto a scala di versante (D.G.P.V.), non è auspicabile intervenire direttamente sul fenomeno

franso che per altro, viste le sue dinamiche, non comporta un rischio incipiente e/o per l'incolumità delle persone.

Data tuttavia l'importanza dell'edificio da un punto di vista strategico, le soluzioni progettuali individuate dovranno adottare tutti gli accorgimenti tecnici necessari a garantire l'efficienza e la piena agibilità dell'edificio in relazione anche a possibili movimenti indotti dal fenomeno gravitativo in atto. In fase di progettazione delle strutture sarà pertanto necessario procedere ad una dettagliata caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, attraverso specifiche indagini in sito da definire di concerto con i progettisti, e che permetteranno un corretto dimensionamento delle strutture. In tale fase si dovrà inoltre tenere necessariamente in conto i possibili effetti del fenomeno gravitativo in atto che dovranno anch'essi esser ponderati nella progettazione delle strutture.

6 Indagini eseguite

Al fine di ottenere una caratterizzazione quanto più possibile esaustiva in merito alle caratteristiche stratigrafiche dei terreni interessati dal progetto, si è proceduto alla raccolta di tutte le informazioni disponibili presso l'amministrazione comunale e regionale, oltre a quelle bibliografiche. Nella raccolta della documentazione esistente sono state effettuate le seguenti fasi:

- ✓ sopralluoghi congiunti con i progettisti sul sito di interesse;
- ✓ esame della cartografia geologica e della relativa documentazione redatta ai sensi della L.R. 11/98;
- ✓ esame di lavori pregressi svolti in aree limitrofe a quella di intervento;
- ✓ prima valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione a partire da fronti di scavo aperti in aree limitrofe al settore di intervento, confrontati con i dati bibliografici e attraverso le correlazioni empiriche con le caratteristiche simiche di sito;
- ✓ valutazione delle azioni sismiche attraverso l'esecuzione di un'indagine sismica attiva tipo MASW.

7 Sismicità

La Regione Autonoma Valle d'Aosta con D.G.R. n. 1603 del 04 ottobre 2013 recante "approvazione delle prime disposizioni attuative di cui all'art. 3 comma 3, della legge regionale 31 luglio 2012, n. 23 - disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche" ha riclassificato l'intero territorio regionale in zona sismica 3.

La valutazione della pericolosità sismica locale utilizzando la procedura indicata nelle NTC/2008 e nella successiva Circolare n° 617/2009, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell’azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nell’Allegato B delle NTC/2008. Più precisamente la pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in tale sito si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato. Il suddetto lasso di tempo è denominato “periodo di riferimento” (V_R), mentre la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” (P_{VR}). Il periodo di riferimento V_R è dato per ciascun tipo di costruzione dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N * C_U$$

dove:

V_N = vita nominale della costruzione

C_U = coefficiente d’uso dipendente dalla classe d’uso dell’opera

In particolare la vita nominale di una costruzione V_N è intesa come il numero di anni per i quali la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata. Il coefficiente d’uso C_u esprime la Classe d’uso nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

Sulla base di quanto indicato dalla vigente normativa, per le opere in progetto, essendo queste classificate con e **strategiche**, si assume $V_N \geq 100$ anni (**Opere di importanza strategica**) e una **Classe d’uso IV (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità)** a cui corrisponde un valore di $C_U = 2$. Applicando l’equazione sopra riportata si ottiene il seguente periodo di riferimento:

$$V_R = 200 \text{ anni}$$

Per quanto riguarda le probabilità (P_{VR}) di superamento nel periodo di riferimento (V_R) esse variano al variare dello stato limite considerato. In particolare i valori cui riferirsi per individuare l’azione sismica sono riportati nella tabella sottostante.

Nel caso in esame le verifiche dovranno essere eseguite agli stati limite di esercizio con probabilità di superamento del 81% (SLO), ovvero per tempi di ritorno (T_r) di 120 anni.

| Stati Limite | | P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R |
|---------------------------|-----|---|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81% |
| | SLD | 63% |
| Stati limite ultimi | SLV | 10% |
| | SLC | 5% |

La pericolosità sismica è definita dalle NTC in funzione delle accelerazioni (a_g) e dello Spettro di Risposta $S_e(T)$ su riferimento rigido, in base ai seguenti tre parametri:

- ✓ a_g - accelerazione orizzontale massima al 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.

Questi tre parametri sono tabulati per i 9 diversi Periodi di Ritorno (T_R) e definiti su un Reticolo di Riferimento con maglia di 10 km.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 delle NTC. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Cfr. Tabella).

| Categoria | Descrizione |
|-----------|--|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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. |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina). |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s). |

Alla tabella precedente si sommano ulteriori 2 categorie identificate con le sigle S1 e S2 per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche,

particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| S1 | Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche. |
| S2 | Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti. |

Le configurazioni topografiche superficiali sono altresì considerate per la valutazione dell'azione sismica e, nel caso di semplici morfologie, si possono adottare le seguenti categorie:

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

Nel caso specifico, vista la bassa acclività del settore, si potrà assumere la **categoria topografia T1**.

7.1 Indagine sismica attiva (MASW)

Il 19 ottobre 2017 è stata eseguita, nel sito di intervento, una campagna di indagini geofisiche finalizzate alla definizione della sismicità locale: in particolare sono state analizzate le velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 metri di profondità mediante metodi geofisici attivi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). L'indagine geofisica in sito ha la finalità di acquisire i dati relativamente alla conformazione sismostratigrafica dei terreni e alla determinazione delle velocità delle onde sismiche nei primi 30 m di profondità (dal piano di imposta delle fondazioni), utili a definire la categoria di sottosuolo secondo le NTC '08.

L'elaborazione finale dei dati ottenuti dalla prospezione sismica consente, oltre alla individuazione della categoria sismica del sito come definito dalle NTC del 2008, anche l'acquisizione di utili informazioni sulle caratteristiche geotecniche del semispazio di terreno interessato dalle sollecitazioni trasmesse dalla struttura.

La strumentazione utilizzata per l'indagine geofisica è costituita da un sismografo GEA24 P.A.S.I. a 24bit, collegato ad un PC portatile. Lo stendimento sismico realizzato con 1 cavo sismico collegato a 12 geofoni verticali 4.5 Hz, è stato energizzato attraverso una mazza battente di 10 Kg collegata al sismografo mediante uno starter piezoelettrico.

La configurazione degli stendimenti sismici è riassunta nella tabella seguente:

| Metodo indagine | N° e frequenza geofoni | Interasse geofoni | Tipo Energizzazione | Distanza sorgente | Frequenza di campionamento | Tempo di acquisizione |
|-----------------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|
| MASW | 12 x 4.5 Hz | 3 m | mazza battente 10 kg | -5.0 m | 1 ms / 1000 Hz | 2500 ms |



Figura 11. Localizzazione dell'indagine sismica

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perché fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri dal piano campagna. Infatti si ottiene una curva di dispersione per un range di frequenze normalmente compreso tra 5 e 70 Hz, la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo, in funzione soprattutto delle sue caratteristiche elastiche. Utilizzando il metodo passivo si può ottenere invece una maggiore investigazione in termini di profondità, ma una minore risoluzione nelle velocità degli strati, soprattutto per quelli più superficiali.

L'analisi dei dati raccolti nella campagna di indagine in sito prevede sinteticamente le seguenti fasi:

1. Generazione dell'immagine di dispersione di tutte le velocità di fase contenute nei segnali e filtraggio.
2. Analisi delle curve di dispersione e picking.
3. Verifica dei modi.

4. Modellazione e/o inversione delle curve di picking con algoritmo di calcolo genetico e metodi diretti.
5. Calcolo del parametro Vs30 dal profilo delle velocità di taglio Vs ottenuto.



Figura 12. Esecuzione dell'indagine sismica in sito

Il modello di suolo e il relativo profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati utilizzando una procedura manuale o automatica, oppure una combinazione delle due. Nella procedura manuale l'utente assegna, per tentativi, diversi valori delle velocità di taglio e degli spessori degli strati di modello, cercando di far corrispondere le curve di dispersione numeriche (teoriche) associate con i massimi dell'immagine di dispersione sperimentale.

Nella procedura automatica si utilizza invece, per la ricerca del profilo di velocità ottimale, un algoritmo globale o locale che minimizza i residui tra le curve sperimentali del picking effettuato dall'utente e quelle numeriche associate ad un grande numero di modelli, entro uno spazio di ricerca definito sempre dall'utente. La riduzione progressiva della percentuale di errore durante il calcolo garantisce la validità della soluzione finale proposta e di conseguenza una corretta assegnazione della categoria di suolo sismico secondo la normativa.

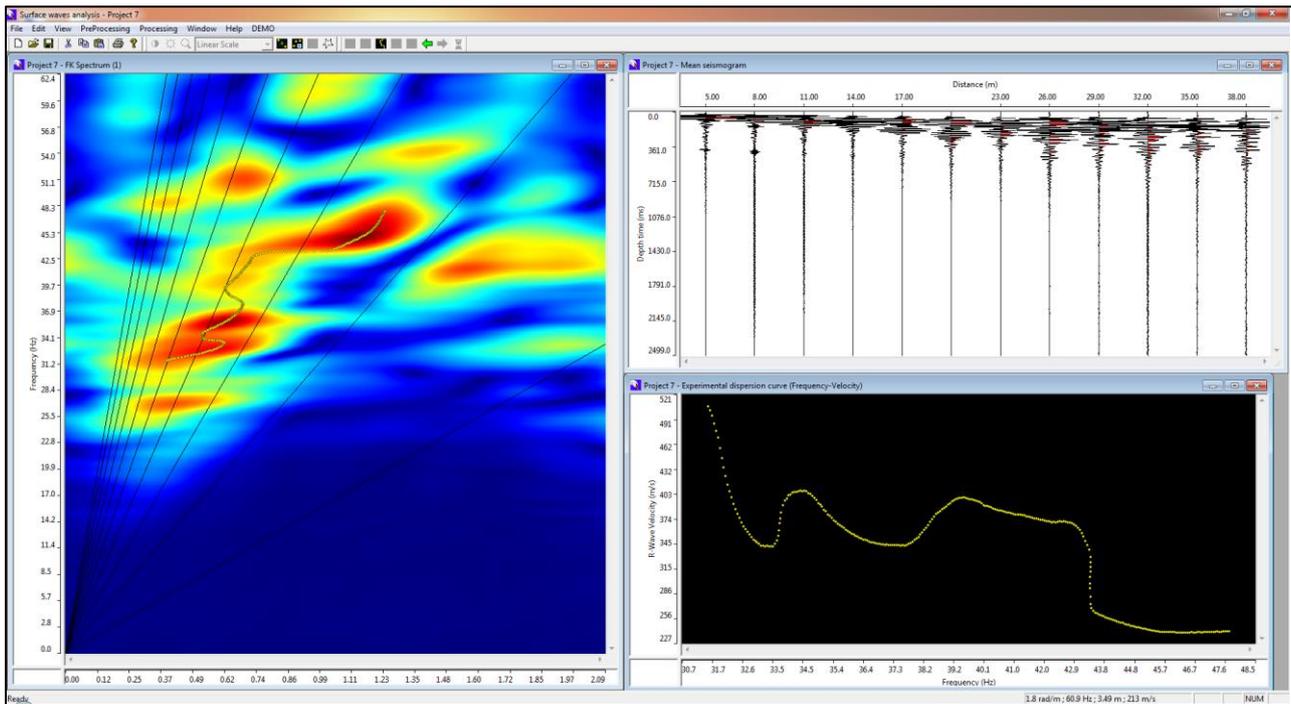


Figura 13. Immagine della curva di dispersione sperimentale di una delle prove MASW (software SWAN)

Il modello sintetico della stratigrafia del terreno associabile alla curva di dispersione teorica, ovvero quella curva che meglio approssima la curva sperimentale, si ottiene mediante il così detto processo di inversione. Il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati utilizzando una procedura manuale o automatica, oppure una combinazione delle due. Nella procedura manuale l'utente assegna, per tentativi, diversi valori delle velocità di taglio e degli spessori degli strati di modello, cercando di far corrispondere le curve di dispersione numeriche (teoriche) associate con i massimi dell'immagine di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica si utilizza invece, per la ricerca del profilo di velocità ottimale, un algoritmo globale o locale che minimizza i residui tra le curve sperimentali del picking effettuato dall'utente e quelle numeriche associate ad un grande numero di modelli, entro uno spazio di ricerca definito sempre dall'utente. La riduzione progressiva della percentuale di errore (*misfit*) durante il calcolo garantisce la validità della soluzione finale proposta e di conseguenza una corretta assegnazione della categoria di suolo sismico secondo la normativa.

E' sempre bene tenere in considerazione che differenti modelli di velocità delle onde di taglio possono portare al medesimo risultato del parametro V_{S30} ; ciò significa che senza un'adeguata disponibilità di dati stratigrafici attendibili il parametro di legge calcolato risulta comunque significativo, mentre l'esatta distribuzione delle velocità in funzione della profondità è da considerare in qualche modo indicativa.

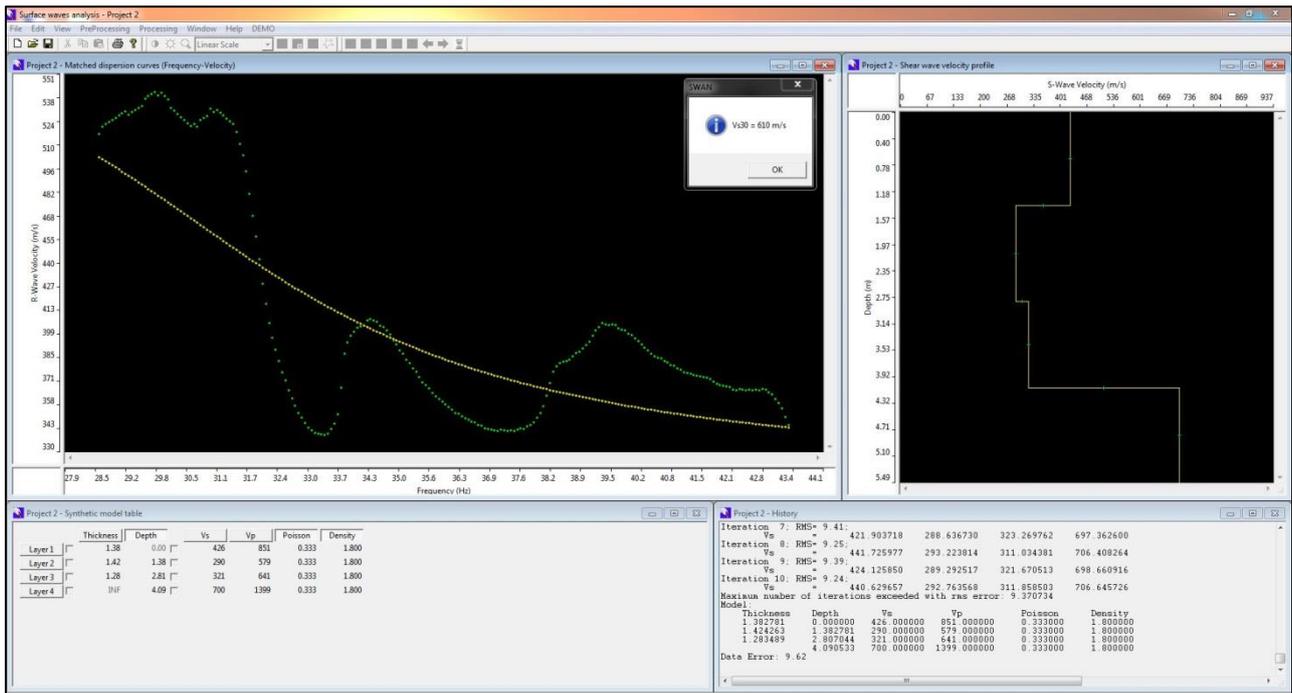


Figura 14. Rappresentazione del misfit tra la curva sperimentale (verde) e la curva teorica (giallo) derivate dall'applicazione dei modelli di calcolo. Dal successivo processo di inversione si ottiene il profilo sismogenetico delle velocità nei primi 30 metri di profondità (V_{s30})

7.2 Risultato dell'indagine

Il valore medio delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano di fondazione si ottiene attraverso la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

Dove h_i e V_i sono rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo.

L'analisi delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità V_s e, di conseguenza, del parametro V_{s30} del sito di misura, che risulta di 610 m/s (considerando come riferimento il piano campagna). Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008) il sito in esame rientra quindi nella **categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).**

A partire dai dati di input di cui sopra si è proceduto alla determinazione degli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali e verticali delle azioni sismiche, riferita al sito in

oggetto, mediante l'utilizzo del foglio di calcolo SPETTRI-NTC ver. 1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

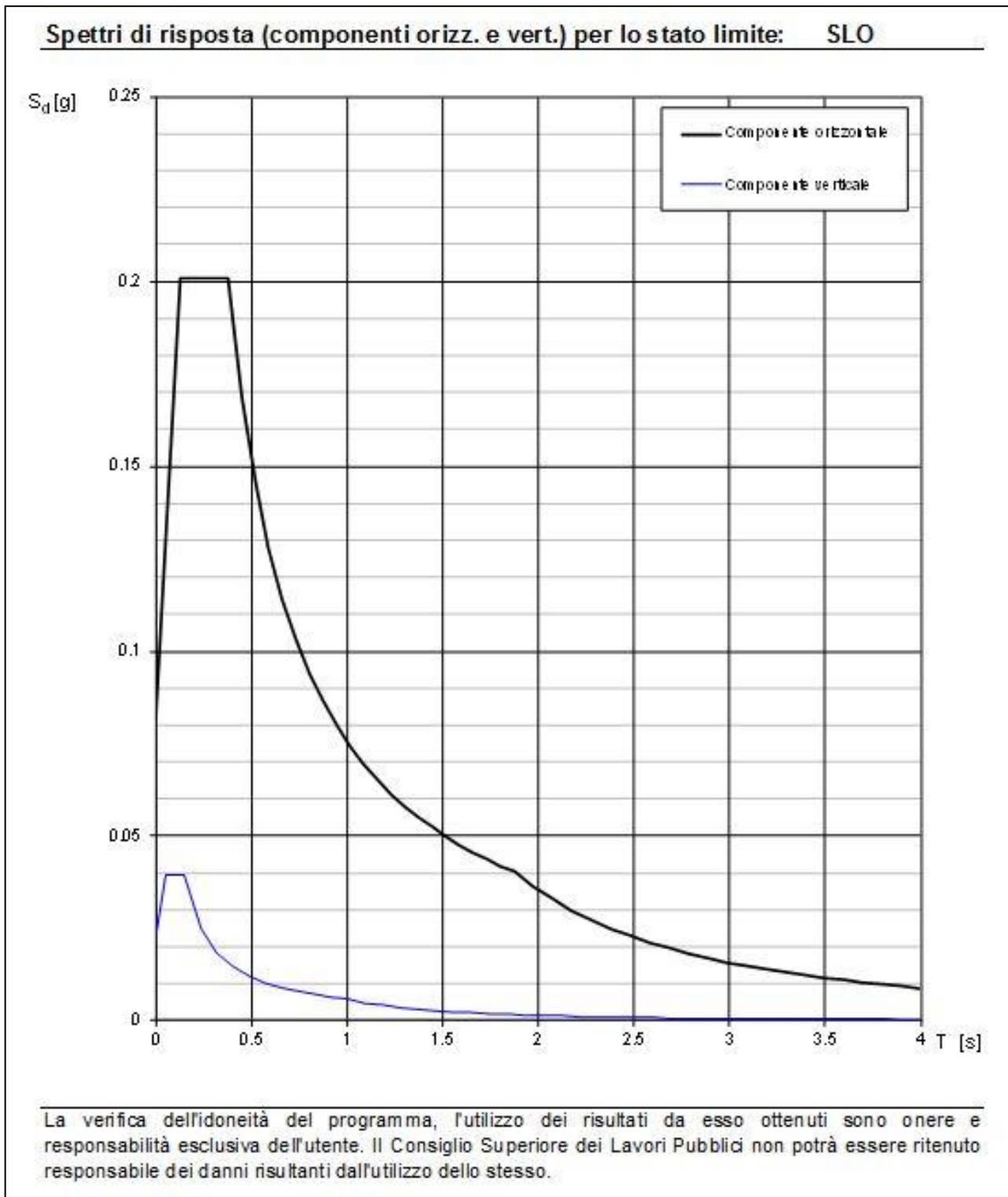


Figura 15. SPETTRI-NTC ver. 1.0.3. Grafico dello spettro di risposta

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione - su 3 nodi
- Interpolazione - corretta

Interpolazione:

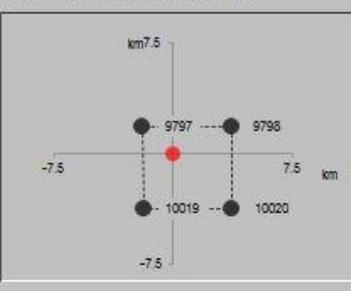
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 16. SPETTRI-NTC ver. 1.0.3. Fase 1: Individuazione del sito di indagine

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| Stati limite di esercizio - SLE | $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \end{array} \right.$ | <input type="text" value="120"/> <input type="text" value="201"/> |
| Stati limite ultimi - SLU | $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$ | <input type="text" value="1898"/> <input type="text" value="2475"/> |

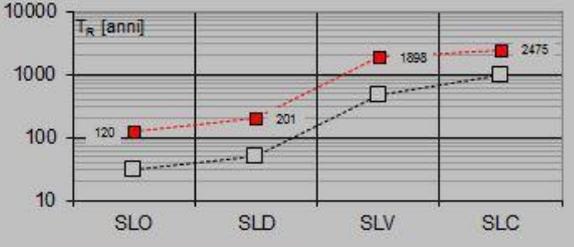
Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

- Strategie per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 17. SPETTRI-NTC ver. 1.0.3. Fase 2: Definizione dei parametri V_N e C_U

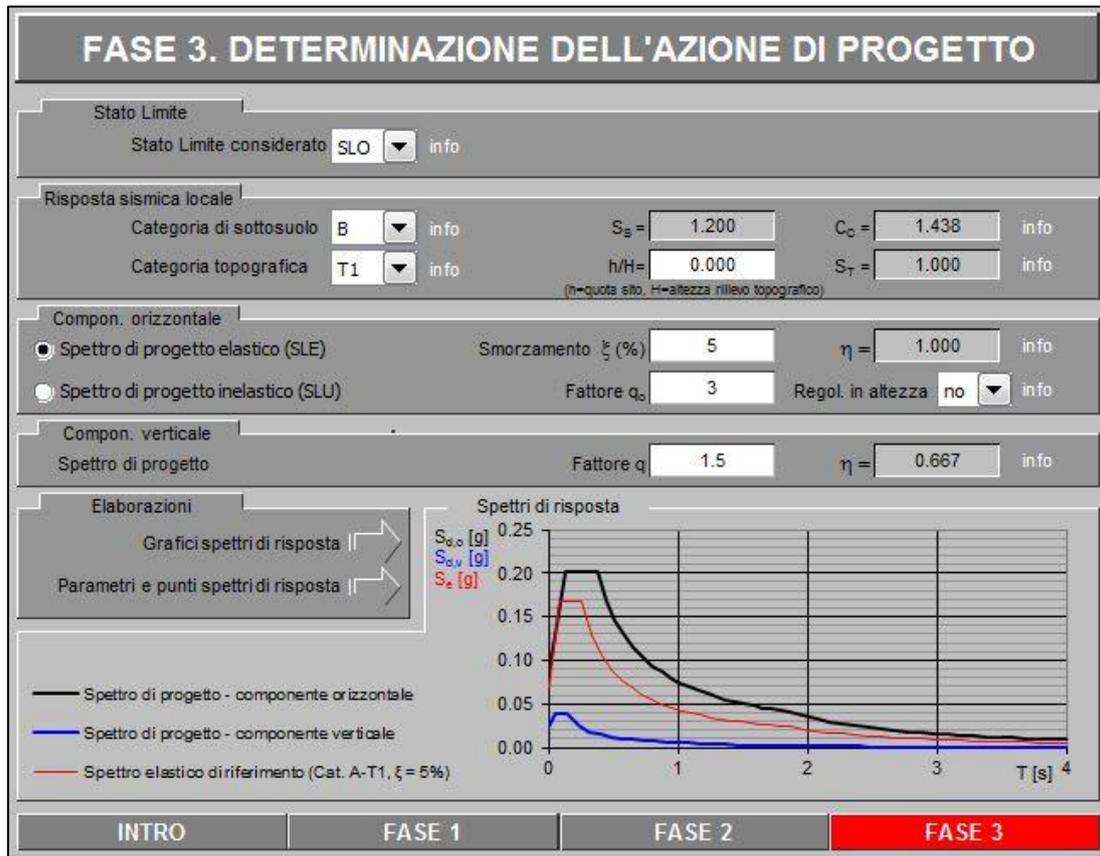


Figura 18. SPETTRI-NTC ver. 1.0.3. Fase 3: azioni di progetto

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

| Parametri indipendenti | |
|------------------------|---------|
| STATO LIMITE | SLO |
| a_g | 0.088 g |
| F_0 | 2.459 |
| T_C | 0.262 s |
| S_B | 1.200 |
| C_C | 1.438 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

| Parametri dipendenti | |
|----------------------|---------|
| S | 1.200 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.125 s |
| T_C | 0.376 s |
| T_D | 1.872 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_B \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{0.7(5+\xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

$T_C = C_C \cdot T_C$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4 \cdot 0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B$ $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$

$T_B \leq T < T_C$ $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$

$T_C \leq T < T_D$ $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_D \leq T$ $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

Lo spettro di progetto $S_s(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 §. 3.2.3.5)

| Punti dello spettro di risposta | |
|---------------------------------|-----------|
| T [s] | S_e [g] |
| 0.000 | 0.082 |
| 0.125 | 0.201 |
| 0.376 | 0.201 |
| 0.447 | 0.169 |
| 0.519 | 0.146 |
| 0.590 | 0.128 |
| 0.661 | 0.114 |
| 0.732 | 0.103 |
| 0.804 | 0.094 |
| 0.875 | 0.086 |
| 0.946 | 0.080 |
| 1.017 | 0.074 |
| 1.089 | 0.069 |
| 1.160 | 0.065 |
| 1.231 | 0.061 |
| 1.302 | 0.058 |
| 1.373 | 0.055 |
| 1.445 | 0.052 |
| 1.516 | 0.050 |
| 1.587 | 0.048 |
| 1.658 | 0.046 |
| 1.730 | 0.044 |
| 1.801 | 0.042 |
| 1.872 | 0.040 |
| 1.973 | 0.039 |
| 2.075 | 0.033 |
| 2.176 | 0.030 |
| 2.277 | 0.027 |
| 2.379 | 0.025 |
| 2.480 | 0.023 |
| 2.581 | 0.021 |
| 2.683 | 0.020 |
| 2.784 | 0.018 |
| 2.885 | 0.017 |
| 2.987 | 0.016 |
| 3.088 | 0.015 |
| 3.189 | 0.014 |
| 3.291 | 0.013 |
| 3.392 | 0.012 |
| 3.493 | 0.012 |
| 3.595 | 0.011 |
| 3.696 | 0.010 |
| 3.797 | 0.010 |
| 3.899 | 0.009 |
| 4.000 | 0.009 |

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

| Parametri indipendenti | |
|------------------------|---------|
| STATO LIMITE | SLO |
| a_{gv} | 0.024 g |
| S_B | 1.000 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.500 |
| T_B | 0.050 s |
| T_C | 0.150 s |
| T_D | 1.000 s |

| Parametri dipendenti | |
|----------------------|-------|
| F_v | 0.866 |
| S | 1.000 |
| η | 0.667 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_B \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)

$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$0 \leq T < T_B$ $S_s(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$

$T_B \leq T < T_C$ $S_s(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$

$T_C \leq T < T_D$ $S_s(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_D \leq T$ $S_s(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

| Punti dello spettro di risposta | |
|---------------------------------|-----------|
| T [s] | S_e [g] |
| 0.000 | 0.024 |
| 0.050 | 0.039 |
| 0.150 | 0.039 |
| 0.235 | 0.025 |
| 0.320 | 0.018 |
| 0.405 | 0.015 |
| 0.490 | 0.012 |
| 0.575 | 0.010 |
| 0.660 | 0.009 |
| 0.745 | 0.008 |
| 0.830 | 0.007 |
| 0.915 | 0.006 |
| 1.000 | 0.006 |
| 1.094 | 0.005 |
| 1.188 | 0.004 |
| 1.281 | 0.004 |
| 1.375 | 0.003 |
| 1.469 | 0.003 |
| 1.563 | 0.002 |
| 1.656 | 0.002 |
| 1.750 | 0.002 |
| 1.844 | 0.002 |
| 1.938 | 0.002 |
| 2.031 | 0.001 |
| 2.125 | 0.001 |
| 2.219 | 0.001 |
| 2.313 | 0.001 |
| 2.406 | 0.001 |
| 2.500 | 0.001 |
| 2.594 | 0.001 |
| 2.688 | 0.001 |
| 2.781 | 0.001 |
| 2.875 | 0.001 |
| 2.969 | 0.001 |
| 3.063 | 0.001 |
| 3.156 | 0.001 |
| 3.250 | 0.001 |
| 3.344 | 0.001 |
| 3.438 | 0.000 |
| 3.531 | 0.000 |
| 3.625 | 0.000 |
| 3.719 | 0.000 |
| 3.813 | 0.000 |
| 3.906 | 0.000 |
| 4.000 | 0.000 |

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

8 Caratterizzazione geotecnica dei materiali

8.1 Premessa

La presente caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata eseguita attraverso le principali correlazioni empiriche presenti in bibliografia a partire dalle risultanze dell'indagine sismica, ovvero dalle velocità delle onde sismiche nei primi metri di profondità. Tali correlazioni sono state poi vagliate attraverso le osservazioni geologiche l.s. raccolte in campo, che attribuiscono ai risultati un significato verosimile, ma non esaustivo. Tale analisi ha infatti lo scopo di fornire un'indicazione di massima circa le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione in questa fase progettuale preliminare. Data l'importanza strategica della struttura in progetto sarà tassativamente necessario approfondire le conoscenze attraverso specifiche indagini geognostiche da eseguirsi in sito, di concerto con i progettisti architettonici e strutturali.

8.2 Determinazione dei parametri meccanici caratteristici dei materiali

Una prima valutazione, sia pure speditiva, delle caratteristiche granulometriche può essere eseguita definendo il tipo di suolo (o fattore F) tramite una delle correlazioni proposta da Ohta e Goto (1978)¹, ed in particolare quella in funzione della velocità delle onde di taglio (V_s), ricavate dall'indagine geofisica, e della profondità (z), attraverso la seguente relazione:

$$F = V_s / (78.98 \times z^{0.312})$$

Nei primi 5 metri di profondità si registrano velocità medie delle onde di taglio dell'ordine di 300 m/s. Applicando l'equazione precedente si ottiene un valore pari a 2.2 riferibile, secondo la tabella seguente, al dominio delle ghiaie, coerentemente con i materiali identificati nell'analisi geologica del sito.

| F | Tipo di Suolo |
|-------|-----------------|
| 1.000 | Argilla |
| 1.260 | Sabbia fine |
| 1.282 | Sabbia media |
| 1.422 | Sabbia grossa |
| 1.641 | Sabbia e ghiaia |
| 2.255 | Ghiaia |

Tabella 1. Valore di F per tipo di suolo (Ohta e Goto, 1978)

Per una valutazione granulometrica si può fare riferimento anche all'indice del tipo di

¹ Ohta Y. e Goto N. (1978), *Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes*. Earthquake Eng. Structural Dynamics, 6, 167-187

comportamento del terreno I_c (*Soil behavior type index*) di Robertson e Wride (1997)² attraverso la seguente relazione:

$$I_c = -0.7174 * \ln \left[\frac{V_s^2}{(9.81 * z)} \right] + 6.3211$$

Dove per valori di $I_c < 2.6$ vengono identificati i tipi di terreno a comportamento granulare, mentre per valori di $I_c > 2.6$ i tipi di terreno a comportamento coesivo.

Nel caso specifico, scegliendo di analizzare una porzione di sottosuolo di spessore di 5 m dal piano campagna e V_s media di 300 m/s l'indice I_c risulta pari è pari a 0.9, ovvero i terreni rientrano tra quelli a comportamento granulare.

Attraverso l'indice I_c è possibile procedere ad una preliminare classificazione granulometrica e alla stima del contenuto di fine ($F_C = \%$ passante al setaccio 0,074 mm) secondo la correlazione di Robertson e Fear (1995)³:

$$F_C(\%) = 42.4179 * I_c - 54.8574$$

Il valore negativo ottenuto dall'applicazione dell'equazione sopra riportata non permette di identificare la granulometria secondo la tabella seguente.

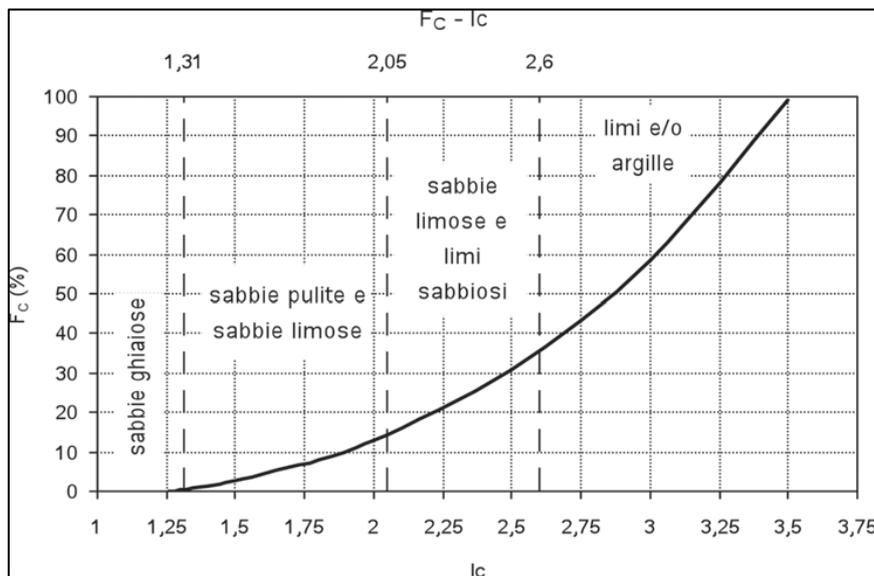


Figura 19. Andamento del contenuto di fine in funzione dell'indice I_c

Dal rilievo di terreno, coerentemente con quanto risulta dall'applicazione delle correlazioni empiriche sopra riportate, sono stati identificati infatti depositi caratterizzati da blocchi di grandi

² Robertson P.K. e Wride C.E. (1997), *Cyclic liquefaction and its evaluation based on the SPT and CPT*. Proc. NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Salt Lake City (Utah).

³ Robertson P.K. e Fear C.E. (1995), *Application of CPT to evaluate liquefaction potential*. CPT '95, Linkoping, Swedish Geotechnical Society, 3, 57-79.

dimensioni in matrice sabbiosa limosa. Tali materiali si riferiscono a depositi di genesi mista (gravitativa/glaciale) la cui forte eterogeneità non permette una precisa caratterizzazione geotecnica dei materiali attraverso questi metodi indiretti. Risulta pertanto necessaria la programmazione di indagini mirate in sito che permettano l'identificazione dei parametri caratteristici della matrice fine dei depositi, costituita prevalentemente da sabbie limose e limi sabbiosi, ovvero materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Una prima, seppur non esaustiva, stima delle caratteristiche meccaniche di tali materiali, viene riportata nella tabella seguente:

| | Terreno organico superficiale | Sabbie e ghiaie limose / limi sabbiosi |
|----------------------------|-------------------------------|--|
| Angolo di attrito interno | 26°-28° | 28°-30° |
| Coesione drenata | 0 Kg/m ² | 0 Kg/m ² |
| Peso specifico del terreno | 1600-1700 Kg/m ³ | 1700-1800 Kg/m ³ |
| Grado di addensamento | Basso | Medio |

9 Gestione delle terre e rocce da scavo

Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto, anche nel sito di produzione, viene disciplinato ai sensi dell'art. 4 del D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, in vigore dal 22 agosto 2017.

In caso si intenda riutilizzare le terre da scavo per destinazione a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi su suolo, è necessario dimostrare che non sono superati i valori delle **concentrazioni soglia di contaminazione (CSC)** di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione. Se la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A, il sottoprodotto può essere utilizzato in qualsiasi sito a prescindere dalla sua destinazione (ovvero è idoneo a siti con destinazione anche residenziale, verde pubblico o privato), se invece la concentrazione di inquinanti è compresa fra i limiti di cui alle colonne A e B, le terre da scavo possono essere usate solamente in siti a destinazione produttiva (commerciale e industriale).

Poiché la dimostrazione del non superamento della CSC è possibile solo avendo a disposizione i valori di concentrazione dei potenziali contaminanti nel terreno da scavare, l'analisi chimica su specifici campioni di terreno risulta essere il solo modo per ottenere i valori di tali concentrazioni, ovvero **l'analisi deve essere sempre fatta**. Il numero, la tipologia e la profondità dei campionamenti sono in funzione dell'estensione del cantiere e del volume del materiale prodotto, come meglio specificato nell'allegato 4 del D.P.R., e dovrà essere concordata con lo scrivente a seguito di una più dettagliata definizione delle lavorazioni e alla luce dei volumi di scavo previsti.

A condizione che la matrice ambientale non superi i valori delle CSC, questa può contenere altresì anche i seguenti materiali: il calcestruzzo, la bentonite, il polivinilcloruro (PVC), la vetroresina, le miscele cementizie e gli additivi per scavo meccanizzato.

Le terre e rocce da scavo possono contenere anche del materiale di riporto in quantità massima del 20% in peso. La matrice materiale di riporto dovrà in ogni caso essere sottoposta a test di cessione per accertare il rispetto delle CSC (o dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo).

La nuova norma prevede, nel caso di cantieri di piccole dimensioni (< 6000 m³) o di grandi dimensioni ma non sottoposti a procedura VIA/AIA, che il proponente o il produttore attesti il rispetto dei requisiti di cui all'articolo 4 del D.P.R., ovvero quelli che consentono di considerare i materiali da scavo come sottoprodotti e non rifiuti, mediante una **Dichiarazione di Utilizzo** (autodichiarazione che assolve la funzione del piano di utilizzo) da presentare all'Arpa territorialmente competente e al Comune del luogo di produzione, utilizzando il modello di cui all'Allegato 6 del D.P.R.

Per quanto riguarda il trasporto in altro sito il produttore dovrà compilare, per ogni automezzo che trasporta terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto, il **Documento di Trasporto**, mentre a conclusione dell'utilizzo delle terre da scavo, il produttore dovrà trasmettere la **Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo**.

I tempi previsti per l'utilizzo **non possono superare un anno dalla data di produzione** delle terre e rocce da scavo, salvo il caso in cui l'opera nella quale le terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti sono destinate ad essere utilizzate, preveda un termine di esecuzione superiore.

Il **Piano di Utilizzo** (ai sensi dell'art. 9 del DPR 120/2017) è predisposto dal proponente per l'utilizzo come sottoprodotti di terre e rocce da scavo prodotte solo ed esclusivamente in **cantieri di grandi dimensioni superiori a 6.000 mc e contemporaneamente soggetti a VIA/AIA**.

Le attività di scavo, così come quelle di riutilizzo, devono essere autorizzate dagli enti competenti in quanto attività edilizie.

10 Conclusioni

L'ampiezza delle indagini è stata valutata in funzione delle proporzioni e dell'importanza dell'opera in progetto, della complessità del sottosuolo e dello stato delle conoscenze sulla zona in esame.

Come risulta da quanto sopra esposto, in base agli elementi osservabili nel corso del sopralluogo effettuato e dagli studi eseguiti, si ritiene che l'intervento in progetto sia **compatibile con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e di pericolosità del sito studiato**, a condizione che vengano rispettati i suggerimenti riportati.

Nelle successive fasi progettuali, vista l'importanza strategica dell'opera in progetto, sarà necessario approfondire le conoscenze da un punto di vista geotecnico attraverso una campagna di indagini geognostiche in sito, da definirsi di concerto con i progettisti, al fine di un corretto dimensionamento delle strutture.

Ottobre 2017

Il Tecnico
Dott. Geol. Alex Théodule