



architettura & Ingegneria
Via Esperanto, n.1/a
11100 Aosta (AO)
tel./fax 0165 32830
email ing.pallu@libero.it
pec serafino.pallu@ingpec.eu



ing. serafino pallù - arch. luca pallu
coll. : geom. mirco chapel

OGGETTO:

**Piano Urbanistico di Dettaglio Area
di Trasformazione
AT1 Dora- Borgnalle
Zona di trasformazione Ba132**

COMMITTENTE : Vacchiero Pier Louis
De Bona Renato
Rizzotto Maria Luisa
Sartor Mara

SCALA:

TAVOLA: **A11**

DATA: agosto 2015

Relazione di analisi di
compatibilità ambientale, perizia
di fattibilità geologica e
geotecnica e prova MASW

AGGIORNAMENTO:
aprile 2018

UBICAZIONE :

Comune di Aosta
Località Croix Noire
11100 Aosta (AO)

FABRIZIO GREGORI GEOLOGO

STUDIO: LOCALITÀ GRAND CHEMIN, 34 – TEL 0165.35739 – FAX 0165.238258

E-MAIL: gregori.fabrizio@libero.it

11020 SAINT-CHRISTOPHE – AOSTA

**REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA
COMUNE DI AOSTA**

**COMPLESSO RESIDENZIALE ABITATIVO
NELLA SOTTOZONA Ba132
(F° 58 - mappale n° 145)**

Committenti:

Vacchiero Pietro, De Bona Renato, Rizzotto Maria Luisa e Sartor Mara

- 1-Analisi di compatibilità ambientale - L.R. 11/98 e s.m.i.**
- 2-Perizia di fattibilità geologica e geotecnica - D.M. 14.01.08**
- 3- Prova MASW di classificazione sismica del suolo – L.R. 23/2012**



Saint Christophe aprile 2018

INDICE

1 – PREMESSA	pag. 3
1.1 – Inquadramento topografico	pag. 4
1.2 – Descrizione delle opere in progetto	pag. 4
1.3 – Tipologia costruttiva	pag. 5
1.4 – Accessibilità veicolare e pedonale	pag. 5
1.4 – Scavi e demolizioni	pag. 6
1.5 – Coerenza con gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistici	pag. 7
2 - ANALISI DI COMPATIBILITÀ 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 (L.R. 11/98 e s.m.i.).	pag. 8
3 - ANALISI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA	pag.12
3.1 - Inquadramento topografico e morfologico	pag.12
3.2 - Inquadramento geologico e litologico	pag.13
3.3 - Caratterizzazione stratigrafica	pag.13
3.4 - Caratterizzazione strutturale	pag.14
3.5 - Caratterizzazione idrogeologica	pag.14
3.6 - Caratteristiche geotecniche	pag.15
3.7 - Analisi di stabilità del fronte di scavo	pag.15
4 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO	pag.15
5 - OSSERVAZIONI CONCLUSIVE ED INDICAZIONI DI INTERVENTO	pag.16
Allegato: n°4 tavole planimetriche e 1 di sezioni d’alveo	
Allegato: Indagine Sismica Di classificazione del suolo	

1 – PREMESSA

Su incarico dei Progettisti dello Studio di Architettura & Ingegneria (via Esperanto,1/a –Aosta) e per conto dei Committenti: Vacchiero Pietro, De Bona Renato, Rizzotto Maria Luisa e Sartor Mara, tenuto conto delle indicazioni fornite dai Progettisti, si è proceduto all'esecuzione di rilievi, all'analisi delle fotografie aeree, della cartografia tecnica disponibile e della letteratura esistente al fine di acquisire elementi circa le caratteristiche geomorfologiche, statiche e geomeccaniche e di rischio geodinamico in relazione alla realizzazione di un progetto che prevede la costruzione di un "Complesso residenziale" con un piano interrato, oltre a cinque piani fuori terra (v. Tav. 1) all'interno di un piano urbanistico di dettaglio localizzato in un'area della città di Aosta, nella sottozona Ba132 dell'area di trasformazione AT1" Dora – Borgnalle", in una zona compresa tra Via Ernest Page (a Sud) e Via della Croix Noire (ad Ovest), ove, ai sensi del PRG vigente, risulta possibile intervenire mediante piani di recupero per aree di trasformazione (v. Tav. 2).

Detta analisi risulta essere conforme a quanto previsto dalla normativa vigente ed in particolare a:

D.M. 14.01.08 – *"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 sulle terre e delle opere di fondazione"*.

D.M. 14.01.08 – *"Norme tecniche per le costruzioni"*.

CIRCOLARE n. 617 del 02.02.09 – *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.08.*

Legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 e s.m.i. – *Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta.*

Deliberazione della Giunta regionale 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 alla deliberazione della Giunta regionale 15 febbraio 1999, n. 422 e revoca della deliberazione della giunta regionale n. 1968/2008 – e s.m.i..*

Legge regionale 32 luglio 2012, n.23 – *Disciplina delle autorità di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche.*

Deliberazione della Giunta Regionale n° 1603 del 4 ottobre 2013 – *Disposizioni attuative.*

1.1 - Inquadramento topografico

Il Complesso residenziale abitativo in progetto si prevede inserito entro il mappale n° 145 del Foglio 58 della locale planimetria catastale (v.Tav.2) nell'area un tempo occupata dal vecchio fabbricato monopiano fuori terra dell'ex Divina che sarà demolito; l'area in particolare è compresa nella sottozona Ba132 dell'area di trasformazione AT1 "Dora – Borgnalle", al margine orientale del territorio comunale di Aosta ed è collocata in fregio all'innesto tra Via E. Page (a Sud) e Via della Croix Noire (ad Ovest) su un'area di circa 3.400,0 m².

Il sito si sviluppa, circa a quota 556,00 m s.l.m, in un settore pianeggiante ed è compreso entro la fascia spondale sinistra del fiume Dora Baltea, a circa 160 metri dall'argine; attualmente ha un accesso carrabile da via Croix Noire.

1.2 - Descrizione delle opere in progetto

In base a quanto risulta dagli elaborati di progetto, l'intervento prevede la realizzazione di un immobile con un piano interrato, oltre a cinque piani fuori terra con altezza massima, fuori terra, di 17,38 metri per una volumetria complessiva di 9.977,10 m³.

Sono previsti due blocchi di scale con annessi ascensori che collegheranno il livello interrato con i diversi piani fuori terra aventi le destinazioni sotto riportate:

al **piano interrato**: autorimesse, posti-auto e cantine a servizio delle unità immobiliari con altezza utile 2,70 metri;

al **piano terra**: n. due ingressi con n. 6 alloggi con altezza utile 2,62 metri ed esternamente area verde e posti-auto;

al **piano primo, secondo e terzo** : n. 8 alloggi per piano (24) con altezza utile di 2,62 metri;

al **piano quarto** : n. 5 alloggi con altezza utile di 2,62 metri.

Per le **aree verdi** in progetto si prevede una estensione superficiale, contornante il fabbricato, di 862,28 m² a norma con quanto previsto dalle NTA.

Gli **spazi destinati alla sosta**, in progetto sono previsti: al piano terra n° 35 posti auto, al piano interrato n° 39 autorimesse e n° 2 posti auto con accesso alla rampa dell'interrato da via E. Page.

1.3 - Tipologia costruttiva

Da un punto di vista strutturale, il complesso sarà costituito da una **fondazione complessiva a platea**, con murature controterra ed in elevazione in conglomerato cementizio armato normale.

Gli **orizzontamenti saranno in cemento armato in opera** con il sistema dei cavi post-tesi che consente di aumentare le prestazioni degli elementi stessi e conseguentemente per conseguire i molteplici vantaggi diretti ed indiretti.

Le parti impiantistiche, tenuto conto della presenza delle principali reti infrastrutturali a gestione comunale e/o di società erogatrici di servizi, saranno agevolmente allacciate lungo i fronti di Via E. Page e di Via della Croix Noire.

Le finiture e gli elementi di completamento esterni riferiti alla pelle del fabbricato, quale in particolare i rivestimenti, la serramentistica e la tipologia di copertura, nonché in relazione ai pacchetti di orizzontamento, sono evidenziati negli elaborati di progetto e nei particolari costruttivi.

La realizzazione di sistemi che utilizzano **fonti di energia rinnovabili** previsti dalle NTA sono programmati sulla copertura dell'edificio sistemi sia solari termici che produrranno acqua calda sanitaria per coprire l'intero fabbisogno energetico dell'organismo edilizio nel periodo in cui l'impianto di riscaldamento è disattivato e sia fotovoltaici che produrranno energia elettrica pari a: **11,56 kW**.

Una **vasca di accumulo** progettata per contenere **35.000** litri delle acque meteoriche, provenienti dalla copertura sarà ubicata nell'interrato sullo spigolo Sud-Est.

1.4 - Accessibilità veicolare e pedonale

Il comparto all'interno del quale si articola l'intervento è sostanzialmente delimitato da due direttrici stradali, una delle quali di notevole importanza per il flusso veicolare ovest-est per la città di Aosta.

Via E. Page risulta attualmente una delle vie preferenziali per il traffico cittadino alle zone della grande distribuzione commerciale ed artigianale situate ad Est della città e a ridosso del comune di Saint Christophe; con la realizzazione della nuova rotonda sulla testata aeroportuale è stato garantito uno scorrimento più fluido del traffico da e verso Aosta.

Anche la prevista futura rotonda all'incrocio tra via E. Page e via Croix Noire consentirà la distribuzione del traffico con sezioni stradali compatibili con gli attuali flussi veicolari, sulla base degli studi in materia di pianificazione del traffico redatti per conto dell'Amministrazione Comunale.

L'accesso veicolare, così come proposto nello studio della nuova sopra citata rotatoria, sarà consentito, tramite ingresso ed uscita da Via E. Page, un deflusso del traffico sia verso Ovest, ovvero verso la città, sia verso Est per raggiungere la zona commerciale ed artigianale o, in alternativa, svoltare verso Nord, con innesto su via della Croix Noire.

Il traffico pedonale da e per il comparto d'intervento risulta attualmente servito da marciapiedi e collegamenti protetti per i pedoni e non necessita di ulteriori significative modifiche.

1.5 – Scavi e demolizioni

In merito ai materiali di risulta derivati dall'attività di scavo del piano fondale, per il livellamento e la predisposizione del sottofondo delle aree carrabili e di autoparcheggio si evidenzia che questi, come rilevato nel corso degli scavi in aree adiacenti, saranno essenzialmente costituiti da terreni naturali sciolti in gran parte ghiaio-sabbiosi, originariamente interessati da incolti e colture prative.

In fase di splateamento e di scavo fondale si stima che, in relazione alle opere in progetto, si avrà la produzione di non meno 7500,00 m³ di terreni sciolti, di cui una parte 300/350 m³ (selezionati ed accantonati in fase di scavo tra le terre ghiaio-sabbiose naturali) saranno reimpiegati in cantiere nel reinterro delle murature contro terra dell'interrato e, integrati con terra da coltivo, nella sistemazione delle aree verdi, mentre la parte in esubero, pari a m³ sarà portata in una discarica distinguendo: la parte proveniente dalla scarifica dell'area (per non meno di 50 cm), unitamente ai materiali provenienti dalla demolizione e dagli scarti di lavorazione sarà conferita in **discarica per rifiuti speciali**; la parte eccedente, pari a circa, sarà conferita in **discarica autorizzata** tenuto conto che detto materiale, dalla **caratterizzazione litologica dell'immediato substrato**, ai sensi delle linee guida (**Deliberazione G.R. nr. 821/2013**), risulta essere **esclusivamente costituita da un assortimento lapideo naturale** (ghiaio-sabbioso con livelli superficiali sabbio-limosi), di facies alluvionale, **non contaminato**.

1.6 - Coerenza con gli strumenti di pianificazione territoriale e di urbanistica

La progettazione in oggetto risulta essere **coerente con le prescrizioni del PRG** vigente: il complesso edilizio si trova nella zona **Ba132**, dove sono ammesse le destinazioni d'uso abitativo; è altresì coerente con le **indicazioni del PTP** risultando tutta l'area interessata dalle opere in progetto compresa nel "**sistema urbano**" disciplinato dall'art. 15 delle Norme di Attuazione del Piano Territoriale Paesistico della Regione Autonoma Valle d'Aosta.

Facendo riferimento alla **Cartografia degli Ambiti Inedificabili** (l.r. 6 aprile 1998, n.11 e s.m.i.) attualmente adottate, si evidenzia che il sito di previsto intervento risulta essere unicamente ed interamente compreso in terreni a **basso rischio d'inondazione, Fascia C (v.Tav.3)** inglobanti anche il settore di pertinenza della Dora Baltea individuato dall'Autorità di bacino del fiume Po nel Piano stralcio Fasce Fluviali della Dora Baltea a cui si riferiscono le allegate sezioni di verifica idraulica (v. **Tav.4**) tracciate a monte ed a valle della zona d'intervento.

In detta area, ai sensi della normativa vigente (v. art. 36 della Lr.11/98 e s.m.i.), l'intervento di nuova edificazione è **ammesso purchè il relativo progetto sia corredato da una specifica analisi 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.**

Infine, in forza di quanto previsto dalle N.T.C. 2008 (D.M. 14.01.2008) in vigore dal 01.07.2009, il costruendo fabbricato sarà impostato secondo la consueta tipologia e con usuali strutture fondali di tipo superficiale impostate su un unico livello a quota -3,50 metri dal piano campagna attuale e sarà mediamente livellata con riporto in modo da ricavare il piano di calpestio del piano terra a circa + 30/+40 cm dalla attuale quota del piano strada.

Per quanto riguarda la caratterizzazione del terreno per la classificazione sismica del territorio è stata effettuata, ai sensi della normativa sismica vigente, la **prova MASW**, per la determinazione del **parametro V_{s30}** di classificazione sismica dei suoli, ricadendo il Comune di Aosta in **Zona 3** ai sensi della Deliberazione della G.R. n° 163/2013.

Pertanto, ai sensi di quanto disposto dal **D.M. 14 gennaio 2008**, tenuto conto della ispezione fabbricati esistenti nell'area e nelle sue adiacenze, dell'analisi della caratterizzazione geologico-strutturale e geomeccanica del sito e dell'ispezione degli scavi realizzati per l'imbasamento dei corpi di fabbricato esistenti, non essendosi evidenziate strutture od elementi geomorfologici che siano d'impedimento alla realizzazione degli interventi in progetto o che richiedano specifiche opere di

consolidamento o sostegno; pertanto anche in relazione alla tipologia degli interventi previsti, **nulla osta, dal punto di vista geologico, alla realizzazione delle opere indicate in progetto.**

In riferimento alle **Norme di Attuazione del PRGC** vigente, il quadro urbanistico attuativo di riferimento per il presente intervento è costituito dall'articolo 21 *ZONE B – INSEDIAMENTI ESISTENTI IN AREE DI GRANDE TRASFORMAZIONE URBANA* delle NTA del PRG vigente; la finalità di tale articolo è data dalla volontà di riordino su alcune aree di trasformazione del tessuto urbano, che vengono definite quali aree di trasformazione urbana.

La zona all'interno della quale si opera con il presente piano di recupero è quella definita *AT1 "Dora – Borgnalle"* all'interno di quest'area di trasformazione è stata individuata, in particolare, la sottozona territoriali Ba132.

L'Amministrazione Comunale per tale individuazione ha operato ai sensi del comma 4 del citato articolo, riportando al comma 5, la nuova suddivisione delle aree di trasformazione in sottozone urbanistiche.

Gli interventi di cui al presente progetto sono stati inquadrati all'interno delle procedure previste dal comma 7, ovvero mediante strumento urbanistico esecutivo che, nella fattispecie, viene esteso alla sottozona di trasformazione e più precisamente la *Ba13*.

2 - ANALISI DI COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON LO STATO DI DISSESTO ESISTENTE, SULL'ADEGUATEZZA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IN ATTO E DI QUELLE CONSEGUIBILI CON LE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO NECESSARIE (L.R. 11/98 e s.m.i.).

Al fine di definire la compatibilità dell'intervento in progetto, ai sensi della L.R. 11/98 e s.m.i. ed in particolare tenuto conto di quanto disposto dalla Deliberazione della Giunta regionale n° 2939 del 10 ottobre 2008, preso atto di quanto si evince dall'esame della cartografia degli Ambiti Inedificabili e dalle specifiche relazioni tecniche si evidenziano i seguenti elementi:

a) - La **classificazione urbanistico-edilizia** dell'opera in progetto rientra nella tipologia di un intervento di **nuova costruzione**.

b) – Per la **caratterizzazione dei vincoli presenti ai sensi della L.R. 11/98 e s.m.i.**, in relazione ai processi morfogenetici che caratterizzano il settore di fondovalle entro cui si prevede l’inserimento del **corpo di fabbricato** del Complesso residenziale abitativo, si evidenzia che questo, in riferimento alla cartografia degli Ambiti Inedificabili attualmente in vigore, sarà unicamente ed interamente compreso in un ambito territoriale caratterizzato da terreni a **basso rischio d’inondazione**, con vincolo di **Fascia C**, conformemente a quanto emerso dalla perimetrazione, approvata dalla G.R., tenuto conto soprattutto delle possibili fasce d’erosione riferite al conoide del torrente Buthier (v.**Tav.3**) e del loro sviluppo fino a comprendere le fasce spondali di rischio della Dora Baltea, individuate dall’Autorità di bacino del fiume Po, nel Piano stralcio delle Fasce Fluviali (v.**Tav. 4**).

La nuova edificazione in terreni con vincolo **di Fascia C**, in riferimento a quanto previsto dalla L.R. 11/98 (v. DGR 2939/08) nell’art. 36, comma C.3), è consentita per ogni tipo di intervento; tuttavia, in riferimento al conoide del torrente Buthier, devono essere adottati accorgimenti per limitare gli effetti di eventuali flussi di acque, con particolare attenzione nei confronti di quelli provenienti dalla rete viabile come indicato al **comma C3**; mentre in riferimento alla fascia spondale sinistra della Dora Baltea, nel caso di nuova edificazione (v. **comma C.4**), si richiede che il nuovo corpo di fabbricato debba essere realizzato ad una quota superiore a quella raggiunta dalla portata di riferimento con tempo di ritorno di 200 anni; inoltre dovrà essere corredato da uno specifico studio sulla compatibilità dell’intervento con lo stato di pericolosità idraulica determinato dall’evento previsto, contenente, altresì, la verifica dell’adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le necessarie opere di mitigazione del rischio.

c) - Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano i vincoli su indicati ai sensi della L.R. 11/98 e s.m.i.; in riferimento alla caratterizzazione geomorfologica ed idrogeologica dell’area, si evidenzia che l’area di previsto intervento, è compresa entro un ambito territoriale sito al margine del lembo più orientale del conoide del torrente Buthier che, in occasione del più recente evento alluvionale dell’ottobre 2000, è stato invaso da acque fangose canalizzate lungo la locale viabilità; queste hanno in particolare interessato, rispetto al sito in esame, l’adiacente area del Quartiere Dora e, oltre via della Croix Noire, i locali interrati dei fabbricati direzionali e commerciali di località Grand Chemin con basse lame d’acqua, non distruttive, risultate essere ininfluenti sulle strutture ed infrastrutture esistenti.

Questo stato di rischio, proiettato ai margini esterni del conoide alluvionale del torrente Buthier, risulta essere collegato ai possibili episodi di alluvionamento conseguenti ad eventi di tipo eccezionale in occasione dei quali la morfologia, le difese

spondali e la regolarizzazione delle sezioni d'alveo, ora esistenti, ne limitano il rischio di espansione, lungo i margini laterali del conoide, con bassi tiranti della corrente ormai in esaurimento.

In riferimento al rischio d'inondazione da parte del fiume Dora Baltea si evidenzia che la perimetrazione della fascia spondale sinistra, redatta dal Magistrato del Po, con vincolo di **Fascia C**, non interessa direttamente l'area del progetto in esame, il limite si mantiene a valle di via E. Page come evidenziato in **Tav. 4**; tuttavia, risultando essere stata, cautelativamente, accorpata con le aree di vincolo di Fascia C nella Cartografia degli Ambiti Inedificabili, attualmente in vigore, se ne dovranno evidenziare: la compatibilità dell'intervento con lo stato di pericolosità idraulica, determinato dall'evento previsto e riferito alla Dora Baltea, l'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le necessarie opere di mitigazione del rischio, ai sensi dalla L.R. 11/98 (v. DGR 2939/08) nell'art. 36, comma C.4).

In riferimento al rischio d'esondazione del fiume Dora Baltea si fa riferimento a quanto è stato analizzato e prodotto nel Piano stralcio delle Fasce Fluviali della Dora Baltea dall'Autorità di bacino del fiume PO per una piena di riferimento ultracentennale (**Fascia C**); in riferimento alle due sezioni d'alveo che si collocano: una sull'allineamento con il sito in esame (v. **Sez. 105** in Tav. 3 e Tav.5) e l'altra più a monte, sull'ansa del fiume (v. **Sez. 105.1** in Tav.3 e Tav.5); dal confronto della **quota** dell'area d'inserimento del nuovo corpo di fabbricato, pari a **556 m s.l.m.**, risulta che il sito si colloca ad un livello superiore rispetto a quella raggiunta dalla portata di riferimento con tempo di ritorno di 200 anni, rispettivamente a **550,55 m s.l.m.** ed a **553.16 m s.l.m.** ed inoltre in entrambe le sezioni di riferimento è evidente che l'onda di piena risulta sempre essere contenuta entro gli argini della zona anche in riferimento a tempi di ritorno di 500 anni (v. Sezioni di **Tav.5**).

d) – Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità: si evidenzia dai rilievi e dalle ispezioni delle aree adiacenti che la realizzazione dell'intervento in progetto, caratterizzato, risulta essere compatibile con lo stato di rischio stimato e limitato al solo rischio di eccezionali fenomeni di alluvionamento con carico dinamico e/o con spessori tali da non comportare pericolo per l'incolumità delle persone e la stabilità delle opere in progetto e di quelle preesistenti.

In detto settore d'intervento è trascurabile il rischio di inondazioni ad opera del torrente Buthier stimato, eccezionalmente, in pochi centimetri oltre il piano strada che lo separa dall'area su cui si sviluppano, al piano terra, il pilotis e due ingressi ai piani abitativi superiori del nuovo corpo di fabbricato in progetto; inoltre l'accesso carrabile dell'interrato risulta essere disassato rispetto ai principali flussi d'inondazione dell'asta

torrentizia del Buthier che, sempre in occasione di eventi eccezionali, possono essere canalizzati lungo la locale viabilità ed esaurirsi nella parte più depressa comprendente l'Arena della Croix Noire.

Il contributo da parte del Fiume balteo non risulta apprezzabile e pertanto, ai sensi della disciplina d'uso, nelle aree a bassa pericolosità ai sensi dell'art. 36, comma C.3) Fascia C, l'intervento in progetto è consentito prevedendo al più accorgimenti per limitare gli effetti eventuali di acque dilavanti con una bassa muratura perimetrale contornante l'area del Complesso residenziale abitativo.

e) – Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata; in considerazione delle problematiche rilevate e del grado di rischio individuato, l'opera in progetto, a lavori ultimati, presenta una bassa vulnerabilità e risulta compatibile con l'uso al quale è destinata; del resto si evidenzia che, tenuto conto delle caratteristiche geomorfologiche, piano-altimetriche e di urbanizzazione della zona oltre che della tipologia delle opere in progetto, il fabbricato di nuova edificazione risulta essere preservato dai pur limitati ed eccezionali fenomeni di dilavamento che possono essere alimentati dalle acque ruscellanti lungo le strade comunali; questi risultano inoltre trattenuti e deviati dalla muratura perimetrale nè possono rimontare oltre la quota del piano di calpestio, rilevato di oltre 30/40 cm rispetto alla quota di ruscellamento del piano strada.

Pertanto, operando in conformità a quanto previsto negli elaborati di progetto ed adottando le cautele d'intervento più oltre indicate, il fabbricato di nuova edificazione non risulta avere elementi ostativi collegati alla vulnerabilità del sito.

f) – Definizione degli interventi di protezione adottati per ridurre la pericolosità del fenomeno, ove possibile, e/o la vulnerabilità dell'opera e valutazione della loro efficacia ed efficienza rispetto al fenomeno di dissesto ipotizzato: in relazione alla tipologia del fenomeno di rischio, interventi diretti per ridurre la pericolosità in riferimento al fabbricato in progetto, non sono realizzabili; tenuto conto che per la tipologia dell'intervento si evince che il costruendo corpo di fabbricato, compreso in area parzialmente urbanizzata, risulta essere efficacemente preservato rispetto al fenomeno di alluvionamento ipotizzato, sia dalla bassa muratura perimetrale di sostegno della recinzione dell'area di proprietà e sia, dalla, sia pure modesta, sopraelevazione del piano di calpestio dei locali siti al piano terra.

g) – Conclusioni della verifica che dichiarino che l'intervento, così come progettato, risulta compatibile con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti ai sensi della L.R. n. 11/98.

Come sopra evidenziato l'intervento in progetto, risulta essere ininfluenza sullo stato di rischio del sito, non modifica sostanzialmente lo stato dei luoghi, i ricarichi e le nuove murature risultano essere ininfluenti e coerenti con le caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche del versante rispetto all'evento; inoltre si evidenzia che, anche in occasione dei temuti eventi meteorici eccezionali, il fabbricato ed i locali d'abitazione non risultano essere esposti al rischio di inondazioni e risultano essere preservati dal rischio di inondazioni disastrose e distruttive.

3 - ANALISI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA (D.M. 14.01.08)

L'analisi di fattibilità geologica e geotecnica riferita al progetto di una nuova edificazione in località Croix Noire in Comune di Aosta, tenuto conto delle indicazioni fornite dai progettisti, in relazione a quanto disposto dal **D.M. 14 gennaio 2008** inerente le "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", è stata eseguita sulla base della stima delle caratteristiche geostrutturali e geomorfologiche dell'area e dello stato delle opere esistenti facendo riferimento - come previsto dal su indicato decreto ministeriale d'integrazione - a quanto previsto nel D.M. 11.03.88 risultando l'intervento in progetto di modesto impatto ambientale e strutturale e ricadente in area a basso rischio sismico.

3.1 - Inquadramento topografico e morfologico

L'area, individuata sulla planimetria catastale del Comune di Aosta sul Foglio 54 dal mappale nr. 145, è situata in località Croix Noire (v. **Tav.2**) nell'area che si sviluppa in fregio all'innesto (lato volto ad Ovest) tra le strade comunali di Via della Croix Noire e di via E. Page ad una quota di circa 556 metri s.l.m..

L'area è compresa in un settore pressoché pianeggiante collocato nella ristretta parte della piana alluvionale compresa tra l'argine del fiume Dora Baltea ed il limite inferiore del lembo di conoide alluvionale del torrente Buthier (v. Tav. 3); non si hanno siti degradati o particolarmente degradabili; prevalgono le aree urbanizzate con prevalente attività abitative residenziali con le principali infrastrutture di viabilità ed aree di servizi nel complesso, oggi, discretamente salvaguardati dagli eccezionali processi di degrado idrogeologico stimati.

3.2 - Inquadramento geologico e litologico.

L'area di previsto intervento è compresa nella media valle d'Aosta e si colloca sul fondovalle alluvionale del fiume Dora Baltea, dove la zona Piemontese dei calcescisti con pietre verdi separa le unità Austroalpine dalle sottostanti falde Pennidiche; da rilevare che nel settore più a ovest della piana aostana, strutturalmente si interpongono tra sequenze di ofioliti ecologiche, livelli di rocce carbonatiche triassico-giurassiche del margine continentale (Serie di Cogne).

Indagini geofisiche (Armando & Dal Piaz, 1970 ed Armando, 1971) riferite alla ricostruzione dell'andamento del substrato cristallino lungo l'asse vallivo nel tratto che comprende la piana di Aosta, hanno evidenziato che una coltre detritica ricopre il substrato roccioso con una potenza compresa tra i 100 ed i 200 metri, ed in particolare nel settore compreso ad Est della città di Aosta, presenta un sensibile approfondimento, fino ad oltre 350 m, in zona Pollein/Grand Brissogne; sono queste stratificazioni indicative stimate dal sensibile contrasto di velocità delle onde sismiche tra il substrato cristallino e la coltre detritica alluvionale inglobante un potente acquifero.

Sulla base delle stratigrafie risultanti dalla perforazione di pozzi e posa piezometri (complessivamente un centinaio) entro la piana di Aosta, si è meglio caratterizzato, almeno fino ad una profondità di circa 100 metri, il settore di fondovalle dove un'evoluzione geomorfologica complessa è caratterizzata dalla sovrapposizione di strutture tipicamente alluvionali con deposizione di diverse tipologie di materiali di facies fluviali policicliche, in ambiti pianeggianti.

In sintesi si ha una spessa coltre di depositi detritici recenti, di facies alluvionale della Dora Baltea, costituiti prevalentemente da bancate metriche di ghiaie, ghiaie sabbiose con ciottoli e sparsi trovanti di media e piccola pezzatura; marginalmente alla piana alluvionale ed interdigitati con i sedimenti collegati alla dinamica evolutiva del fiume balteo, si rilevano, in ambiti moderatamente acclivi, depositi di conoide torrentizia (torrente Buthier), costituiti da clasti eterometrici con un abbondante legante sabbio-ghiaioso e sparsi trovanti di media e piccola pezzatura.

3.3 - Caratterizzazione stratigrafica

I depositi alluvionali, presenti nel sito oggetto di indagine, costituiscono la formazione dominante della piana aostana caratterizzati da depositi ghiaiosi e sabbiosi con livelli di materiale medio-grossolano a cui si associano occasionali trovanti di grosse dimensioni.

La stratigrafia del sito, tenuto conto delle stratigrafie e, per la parte più superficiale dell'ispezione degli scavi eseguiti per la realizzazione di corpi di fabbricato siti nelle adiacenze del sito d'intervento, si può stimare come segue:

- a livello corticale terreni poco rimaneggiati con prevalenti limi sabbiosi, poco addensati, intercalati a detriti a granulometria più grossolana con ghiaie e sabbie misti a clasti di media e piccola pezzatura di potenza mediamente non eccedente 3.00 m;
- seguono fino a circa 8 m dal p.c. bancate sensibilmente più addensate e naturali di ghiaia sabbiosa mista a ciottoli arrotondati con un legante sabbioso caratterizzato da modesti contenuti di limi sabbiosi;
- oltre detta quota e fino alla quota di -40 m dal p.c., come si evince dalle stratigrafie dei pozzi trivellati in zona, seguono bancate di ghiaia sabbiosa sciolta mista a ciottoli arrotondati con radi livelli decimetrici e discontinui di limi sabbiosi;
- la quota di massima risalita della falda di subalveo del vicino fiume Dora segnalata dall'ARPA (dal piezometro sito tra la via E. Page e l'arena della Croix Noire, a quota 557) risulta essere di -9.50 m dal p.c. attuale, entro cioè il substrato naturale più ghiaio-sabbioso; cui corrisponde, in riferimento al piano campagna della zona interessata dai lavori in progetto, un valore di massima risalita pari a circa 7.50 m.

3.4 - Caratterizzazione strutturale

Nell'areale non sono presenti affioramenti rocciosi e non si segnalano fenomeni di neotettonica nei depositi quaternari.

3.5 - Caratterizzazione idrogeologica

La circolazione idrica sotterranea del settore avviene principalmente nei materiali ghiaio-sabbiosi sciolti ed è localmente condizionata dalla presenza di livelli prevalentemente limo sabbiosi di potenza anche metrica che costituiscono locali stratificazioni dell'acquifero della piana aostana entro cui scorre una falda libera e non confinata alimentata in massima parte dalla falda di subalveo della Dora Baltea.

Dal versante e dal vicino torrente Buthier si ha una apprezzabile circolazione sotterranea, prevalentemente di tipo superficiale o poco profonda, influenzata per infiltrazione superficiale degli apporti meteorici provenienti dai versanti; pertanto la situazione idrogeologica dell'area in esame risulta essere caratterizzata dalla presenza di un tipo di acquifero caratterizzato da una potenzialità idrica ragguardevole.

Come più sopra indicato la quota massima di risalita della falda è stata segnalata mediamente non oltre a - 7,50 metri dal p.c. attuale.

3.6 - Caratteristiche geotecniche

Premesso che il nuovo corpo di fabbricato sarà strutturato, con analogia tipologia dei fabbricati residenziali dell'area e sarà imbasato, escluso il livello più superficiale potente fino a 1,50/2,50 metri, su una fondazione superficiale, si evidenzia che la stratigrafia e l'assortimento lapideo del substrato consente di intervenire con le ordinarie tipologie e dimensionamenti.

In merito alle caratteristiche stratigrafiche della zona, superato il livello superficiale, il previsto livello del piano fondale a circa -3,50 m dal p.c., sarà impostato su terreni discretamente addensati, caratterizzati a bancate ghiaio-sabbiose miste a ciottoli arrotondati con modesti contenuti di limi e sabbie limose caratterizzati da: angolo di attrito interno $\varphi=36^\circ/38^\circ$, peso di volume **1,9/2,0 t/m³**, con un addensamento > 60%.

Dalle prove di S.P.T. eseguite in zona su analoga formazione si sono avuti "valori limite" compresi entro una gamma medio-alta di **N >35/40 oltre che di Rifiuto** dato l'assortimento prevalente di tipo ghiaio-sabbioso con sparsi ciottoli; pertanto, tenuto conto del crescente grado di addensamento emerso dalla prova sismica locale, cautelativamente assunti i minimi di N, sulla base parametri su indicati, delle equazioni di Meyerhof, col metodo di calcolo di Bowles, si sono ricavati i seguenti valori della capacità portante ammissibile, senza tener conto di coefficienti riduttivi in riferimento, alla prevista **q_{ta} fondale** impostata a **-3,50 metri**: si ricava un range di valori della capacità portante compresi tra **683 e 781 kN/m²**.

3.6 - Analisi di stabilità del fronte di scavo

Sulla base delle discrete caratteristiche di addensamento del substrato ghiaio-sabbioso, l'approfondimento dello scavo per l'imbasamento del nuovo fabbricato è previsto ad una quota oscillante tra -3,00 e -3,50 m dal piano campagna attuale; il modesto approfondimento di detto scavo, eseguito con scarpa 1:3 (b:h), non avrà interferenze dirette o indirette sul sito adiacente e pertanto, operando con le usuali le cautele, si interpreta che non vi siano elementi di rischio sia in fase di sbancamento e sia in corso d'opera.

4 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO

In riferimento a quanto disposto dalla Deliberazione della Giunta Regionale n° 1603 del 4 ottobre 2013 riferita alla progettazione antisismica, rientrando il sito entro la **zona**

sismica 3, si è individuato il valore V_{s30} al fine di definire la classe del suolo interessato dall'intervento. Detto parametro viene assunto da una Prova MASW eseguita in località Croix Noire, in Comune di Aosta, con cento individuato dalle coordinate UTM in zona 32T 371414/5066300 (il cui elaborato si trasmette in Allegato); da questa prova in sito si evince che il valore di V_s medio delle coperture calcolato al piano campagna è pari a 374 m/s; il rapporto di velocità tra la copertura ed il substrato sismico di riferimento ($V_s > 800$ m/s) è inferiore a 2.2 e pertanto è possibile definire il contesto geotecnico del suolo esaminato rientrare pienamente nella **classe di suolo "B"**, come indicato nella tabella di Classificazione del tipo di suolo secondo la normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3431/2005.

5 - OSSERVAZIONI CONCLUSIVE ED INDICAZIONI DI INTERVENTO

Sulla base delle indicazioni progettuali, tenuto conto delle caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e geomeccaniche dell'area e di quanto richiesto dalla normativa in riferimento alle aree a rischio d'inondazione, si richiede di adottare i seguenti interventi:

- per la predisposizione dei cavi fondali relativi sia alle infrastrutture e sia al corpo di fabbricato prevedere lo splateamento dell'area interessata dalle nuove opere in modo da rimuovere il livello corticale il cui spessore può oscillare mediamente non oltre 0.50/1.50 metri; nel corso di tale intervento non sono da adottare specifiche cautele:

- a) parte di detto terreno di scarifica potrà essere selezionato ed accantonato, a bordo scavo; di questa una parte potrà essere reimpiegata miscelata, all'occorrenza ed in parti uguali, con la frazione ghiaio-sabbiosa se questa risultasse troppo grossolana sia nell'intasamento e nel riporto dell'area fondale e sia nel realizzare un omogeneo sottofondo delle aree carrabili e di autoparcheggio;

- b) la parte in esubero dovrà essere portata in una discarica autorizzata tenuto conto che **la caratterizzazione geologica di detto materiale di scavo**, ai sensi delle linee-guida (Deliberazione G.R. nr. 821/2013) risulta essere **esclusivamente costituita da un assortimento lapideo naturale** (ghiaio-sabbioso con livelli superficiali sabbio-limosi), **di facies alluvionale, non contaminato**;

- le caratteristiche stratigrafiche e geomeccaniche del previsto livello fondale si prestano a una tipologia di fondazione sia del tipo a plinti isolati collegati da cordoli in c.a. e sia del tipo a travi rovesce continue in c.a.;

- intasare il fondo dei cavi fondali con un getto di cls magro di spessore non inferiore a 20 cm;

- dimensionare le fondazioni per valori del carico ammissibile non eccedenti **2.50 daN/cm²**; in presenza di livelli esclusivamente sabbio limosi, il cavo fondale dovrà essere **approfondito fino allo strato di integrale o accuratamente intasato** macinato di cava misto a ghiaia e ciottoli fino al rifiuto;
- dimensionare le fondazioni delle infrastrutture che saranno imbasate entro il livello più superficiale, meno addensato (cordoli e muretto di recinzione) per carichi non eccedenti **1,5 daN/cm²**;
- in relazione alla presenza di nuove superfici impermeabilizzate, prevedere la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche mediante la creazione di una idonea rete di scolo diretta riversante nella prevista vasca di sedimentazione corredata di un separatore di olii;
- allo scopo di isolare i locali da possibili infiltrazioni da parte delle acque stagionali percolanti a livello corticale è consigliabile la **stesa di una guaina** impermeabilizzante sul retro dei muri contro terra;
- è da prevedere, su tutta l'area splataata **contornante il fabbricato**, un cassonetto di sottofondo delle aree carrabili, di sosta e di autoparcheggio, previa scarifica dell'esistente livello **sabbio-limoso particolarmente gelivo**, livellando le aree interessate con un cassonetto di sottofondazione di almeno 30 cm realizzato con pietrisco di frantumazione e misto granulare stabilizzato completando la pavimentazione, come da progetto, prevedibilmente in parte con conglomerato bituminoso ed in parte con elementi prefabbricati in calcestruzzo autobloccanti;
- i pozzetti d'ispezione dei cavidotti e delle condotte esterne al fabbricato dovranno essere realizzati in muratura di c.a., a pareti impermeabili, con chiusino a tenuta in ghisa pesante in modo da escludere qualsiasi infiltrazione nel substrato.

Saint Christophe, aprile 2018

ALLEGATO:

n° 4 TAVOLE PLANIMETRICHE

1 DI SEZIONI D'ALVEO

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA
COMUNE DI AOSTA

Complesso Residenziale Abitativo



Planimetria e prospetto

**REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA
COMUNE DI AOSTA**

**Complesso Residenziale Abitativo
Sottozona Ba132**

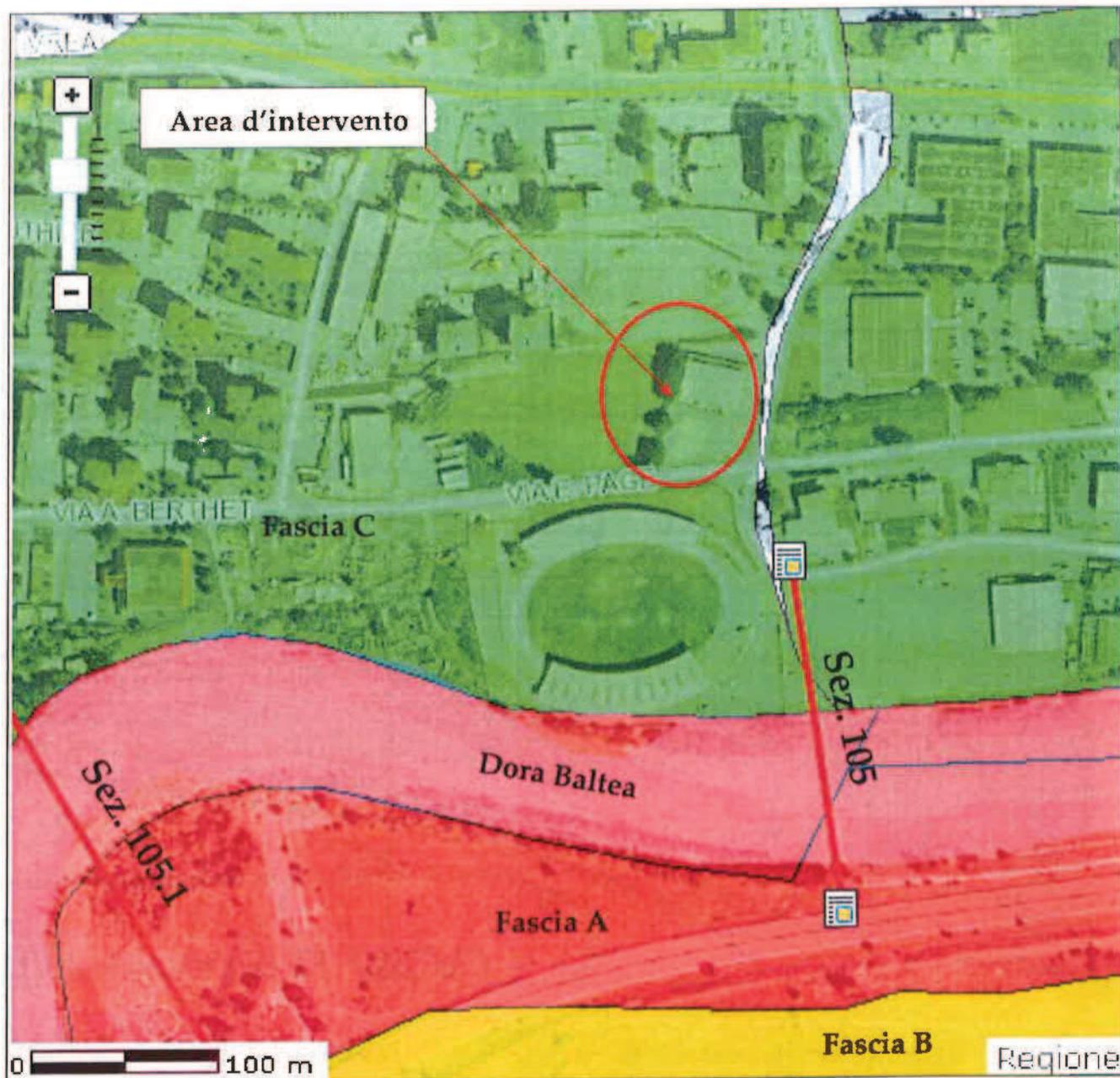


**Estratto da Planimetria catastale
Foglio 58 mappale nr. 145**

Tav. 2

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA
COMUNE DI AOSTA

Complesso Residenziale Abitativo
Sottozona Ba132



Fascia A : terreni ad elevata pericolosità

Fascia C: terreni a bassa pericolosità

Fascia B: terreni a moderata pericolosità

Estratto da Carta Ambiti Inedificabili

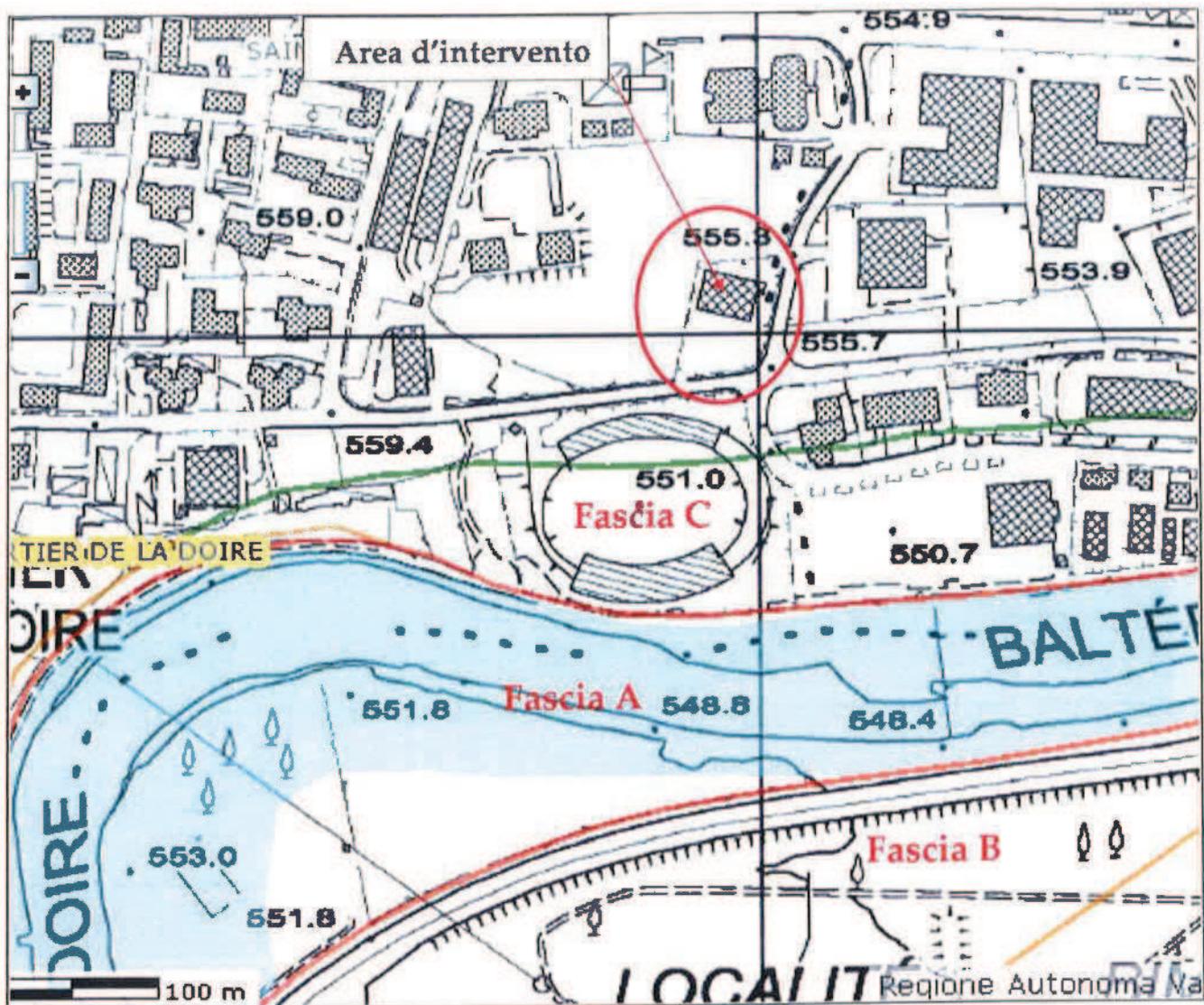
Terreni a rischio d'inondazione - Art. 36 L.R. 11/98 e s.m.i.

Sez. 105 e 105.1 sezioni di verifica idraulica

Tav. 3

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA
COMUNE DI AOSTA

Complesso Residenziale Abitativo
Sottozona Ba132



Fascia A : terreni ad elevata pericolosità

Fascia C: terreni a bassa pericolosità

Fascia B: terreni a moderata pericolosità

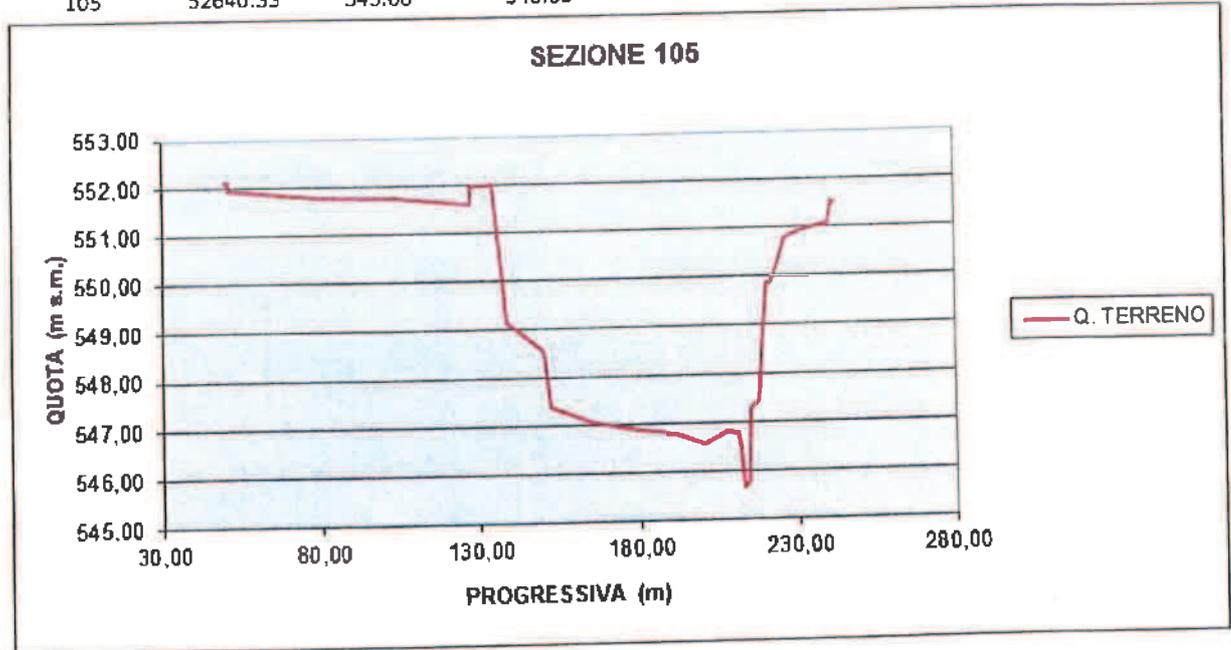
Estratto da Carta fasce d'inondazione individuate dall' autorità di Bacino
del fiume Po nel Piano stralcio Fasce Fluviali della Dora Baltea



Navigatore Cartografico SCT (3.12.0)

Scheda Sezione nr. 105

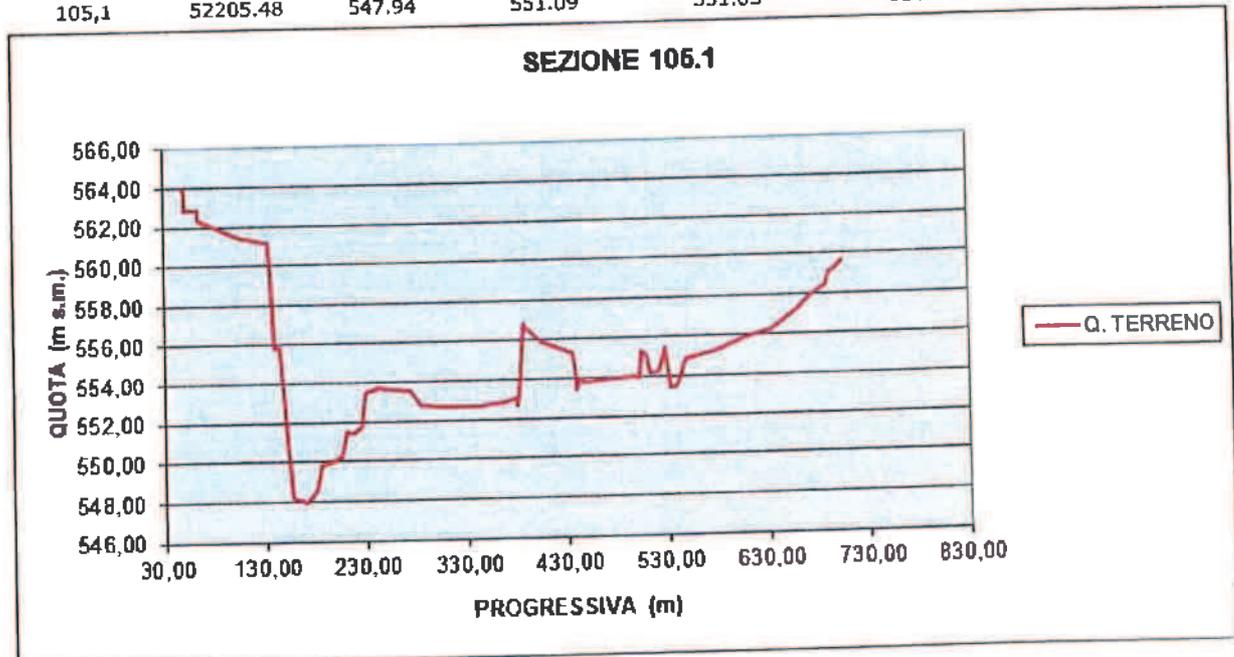
Identificativo Punto	Distanza Progressiva	Quota fondo alveo min.	P.L. TR=2 anni (m.s.m.)	P.L. TR=20 anni (m.s.m.)	P.L. TR=200 anni (m.s.m.)	P.L. TR=500 anni (m.s.m.)
105	52640.33	545.68	548.63	549.22	550.55	551.17



Navigatore Cartografico SCT (3.12.0)

Scheda Sezione nr. 105_1

Identificativo Punto	Distanza Progressiva	Quota fondo alveo min.	P.L. TR=2 anni (m.s.m.)	P.L. TR=20 anni (m.s.m.)	P.L. TR=200 anni (m.s.m.)	P.L. TR=500 anni (m.s.m.)
105,1	52205.48	547.94	551.09	551.83	553.16	553.68



**Sezioni di verifica idraulica dell' autorità di Bacino del fiume Po
tratte dal Piano stralcio Fasce Fluviali della Dora Baltea**

ALLEGATO:

INDAGINE SISMICA DI

CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO

Dott. Geol. Fabrizio Gregori

Sito di indagine:
Via Croix Noire, Aosta



Indagine sismica con metodologia MASW finalizzata alla determinazione
del parametro V_{s30} per la classificazione sismica dei suoli

Relazione Tecnica

Relazione n.: 3035/15
Revisione n.: 0
Data: Maggio 2015
Redatto da: Dott. Geol. Paolo Zamparutti
Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi

1	Introduzione	pag. 1
2	Strumentazione utilizzata	pag. 1
3	Acquisizione ed elaborazione dati	pag. 1
4	Normativa sismica vigente	pag. 2
6	Risultati della prova MASW	pag. 4

ALLEGATO A Certificato esito prova MASW

ALLEGATO B Cenni teorici sulla metodologia MASW

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate presso:

Sito:	Via Croix Noire, Aosta			Regione:	Valle d'Aosta
Norm. regione:	D.G.R. n. 1271 del 26.04.2013 e s.m.i.			Zona sismica:	3
Progetto:	Nuova edificazione				
Coordinate GPS	Datum: WGS84	Proiezione: UTM	Zona: 32T	EST: 371414	NORD: 5066300

Scopo dell'indagine è definire il parametro V_{s30} per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti). In quanto segue si illustrano ed analizzano i risultati ottenuti.

2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link III, Seismic Source Ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Cenni relativi alla metodologia di indagine sono riportati in Appendice B.

3 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Come detto nel capitolo introduttivo, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW, la cui ubicazione viene riportata in Allegato A – pag. 1).

La prova, secondo quanto previsto dagli standard internazionali riportati nella Tabella 1 della pagina seguente, è stata eseguita con un set-up di acquisizione composto da:

Geofoni	Numero	Frequenza [Hz]	Interasse [m]	Lungh. linea [m]
	24	4.5	2	46
Energizzazioni	Mazza [Kg]	Punti energ. [n°]	Max dist.da G1 [m]	Min dist.da G1 [m]
	10	9	16	2

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

Tabella 1 - Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine

Recommended Values (m)													
Depth (Z _{max}) ¹⁾	Source (S) ²⁾	Receiver (R) ³⁾	Receiver Spread (RS) (m) ⁴⁾			SR Ratio ⁵⁾ (m)			SR Ratio ⁶⁾ (m)		Spectral Ratio ⁷⁾		
			Length (m)	Width (m)	Area (m ²)	High	Low	High	Low	K	N	VN	
0-5.0	1	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
5-10	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
10-20	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
20-30	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
30-40	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
40-50	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
50-60	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
60-70	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
70-80	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
80-90	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100
90-100	100	100	100	100	10000	100	100	100	100	100	100	100	100

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis V. 4.02 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

4 NORMATIVA SISMICA VIGENTE

La normativa vigente individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna (Vs₃₀) e viene calcolato mediante la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = spessore dello strato i-esimo (espresso in m)
 V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo (espresso in m/s)
 N = numero totale di strati presenti nei primi 30 m di suolo

Nella Tabella 2 riportata nella pagina seguente, si presenta la classificazione sismica prevista dal Decreto Ministeriale del 14.01.2008 (T.U. costruzioni).

Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo la vigente normativa sismica italiana

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		V _{s30} [m/s]	N _{SPT}	Cu [kPa]
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m	> 800		
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	< 800 > 360	> 50	> 250
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati, o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 150	< 15	< 70
E	Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V _{s30} > 800 m/sec)			
S1	Depositati di terreni 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	< 100		< 20 > 10
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti			

In merito alla categoria E, secondo quanto indicato nel *Quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08* ad opera del Gruppo Interregionale dell'Ordine dei Geologi, appare poco cautelativo individuare nei suoli tipo C e D, aventi V_{s30} inferiori a 360 m/s, i terreni "pericolosi", senza un riferimento specifico al contrasto di rigidità sismica tra copertura e bedrock: coperture anche più "veloci" delle categorie C e D possono risultare ugualmente pericolose in funzione di una velocità del bedrock superiore agli 800 m/s. In quest'ottica possono risultare di grande aiuto anche le misure di rumore sismico ambientale a stazione singola.

Partendo dal presupposto che il contrasto minimo di velocità sismica per entrare in categoria di sottosuolo E vale $V_{\text{contr}} = 800/360 \approx 2.2$, è ragionevole assumere, in presenza di spessori della copertura ≤ 20 m anche con velocità superiore a 360 m/s ma con contrasto di velocità $V_{\text{contr}} \geq 2.2$, categoria di sottosuolo E.

5 RISULTATI DELLA PROVA MASW

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato in Allegato A - pag. 2, evidenzia un assetto sismo-stratigrafico descritto nella tabella seguente.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 + 8	Livello superficiale costituito da materiali a debole addensamento. Sono presenti alcune inversioni di velocità dovute al rimaneggiamento antropico, specialmente nei primi 4 metri di profondità.	170 + 320
2	8 + 25	Sismostrato sottostante costituito da materiali con grado di addensamento crescente con la profondità.	319 + 470
3	25 + 30	Sismostrato di base con valori di addensamento elevati.	615

Il valore di V_{s30} calcolato al piano campagna è pari a 374 m/s fino a 30 m di profondità, pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

V_{s30} [m/s]	Classe di suolo	Profilo stratigrafico
374	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

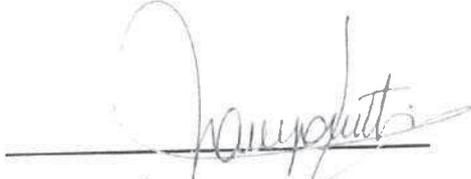
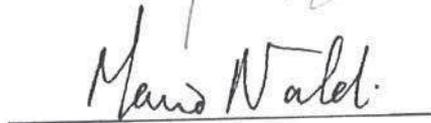
Techgea S.r.l.

Relazione redatta da:

Dott. Geol. Paolo Zamparutti

Controllata da:

Dott. Geol. Mario Naldi

Dott. Geol. Fabrizio Gregori

A

Relazione n. 3035/15

Via Croix Noire, Aosta

Data Maggio 2015

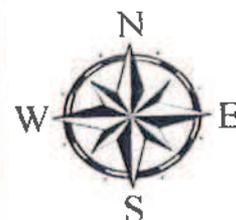
ALLEGATO A
Certificato esito prova MASW

Techgea Srl

Sede legale e operativa: Via Carlo Viola 78 11026 Pont Saint Martin (AO)
Tel 011 700113 - Fax 011 7077673 - e-mail: Info@techgea.eu

COMMITTENTE	Dott. Geol. Fabrizio Gregori	 		
RELAZIONE	3035/15			ALLEGATO A
LOCALITA'	Via Croix Noire, Aosta			Pagina 1
DATA	Maggio 2015			

UBICAZIONE INDAGINE MASW

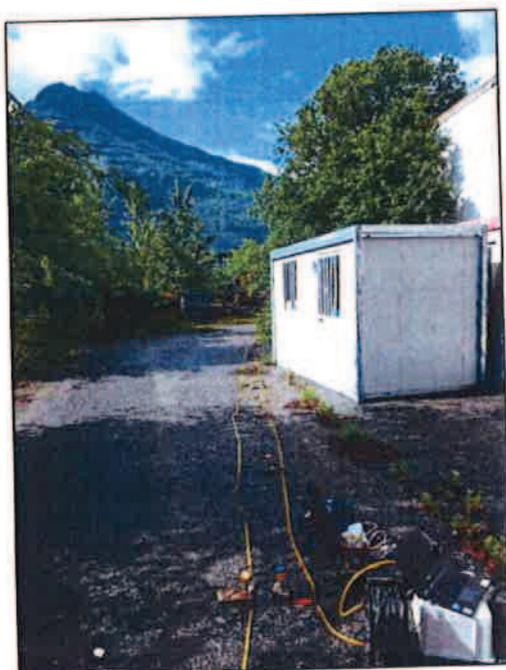


LEGENDA

-  Stendimento linea MASW
-  Centro linea MASW Ubicaz. profilo V8₃₀

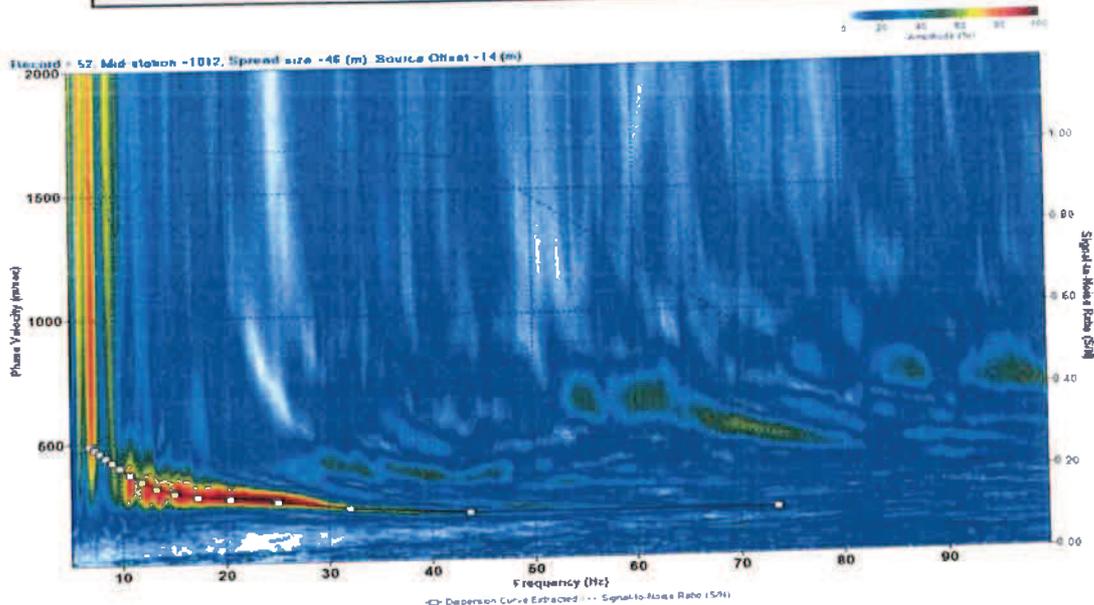
Ubicazione centro MASW	
Coordinate UTM WGS84	
Zona	32T
EST	371414
NORD	5066300

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

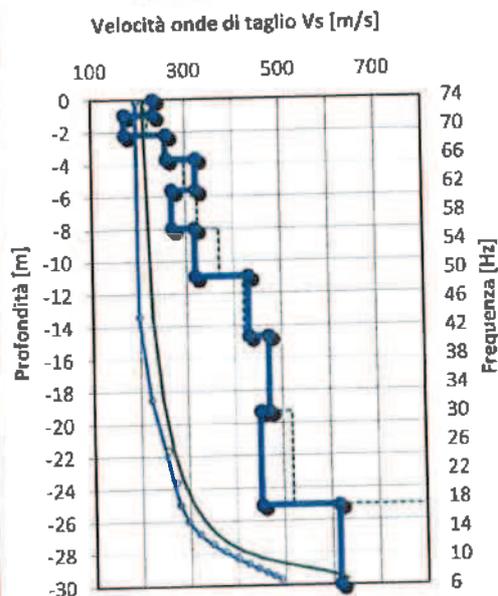


COMMITTENTE	Dott. Geol. Fabrizio Gregori	SISMOGRAFO	DAQ LINK III	
RELAZIONE	3035/15	GEOFONI	24 (freq. 4.5 Hz)	
LOCALITA'	Via Croix Noire, Aosta	ACQUISITION TIME	1.0 s	ALLEGATO A
DATA	Maggio 2015	SAMPLE INTERVAL	0.250 ms	Pagina 2

PROVA MASW - SPETTRO IN FREQUENZA E CURVA DI DISPERSIONE ESTRATTA



PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



LEGENDA	
Modello di velocità Vs	
---	Vs iniziale
—●—	Vs finale
Curva di dispersione V_{fase}/f	
—	Curva di disp. iniziale
—	Curva di disp. Finale
○	Modo fond. misurato

MODELLO V_s A 10 STRATI			
Strato	Profondità [m]		V_s [m/s]
	da	a	
1	0.0	-1.0	234
2	-1.0	-2.2	171
3	-2.2	-3.7	259
4	-3.7	-5.6	321
5	-5.6	-8.0	270
6	-8.0	-10.9	319
7	-10.9	-14.6	431
8	-14.6	-19.3	473
9	-19.3	-25.1	453
10	-25.1	-30.0	616

Codice di calcolo: SurfSeis 4.02

SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	V_{s30} [m/s]
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	374 (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30 m)

ALLEGATO B
Cenni sulla metodologia MASW

CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA DI INDAGINE MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (Surface Waves Multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che, per i limiti indotti dal campionamento, non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nelle Figure 1, 2 e 3, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione dati (Figura 1);
- 2) Elaborazione dati (Figura 2);
- 3) Inversione numerica (Figura 3).

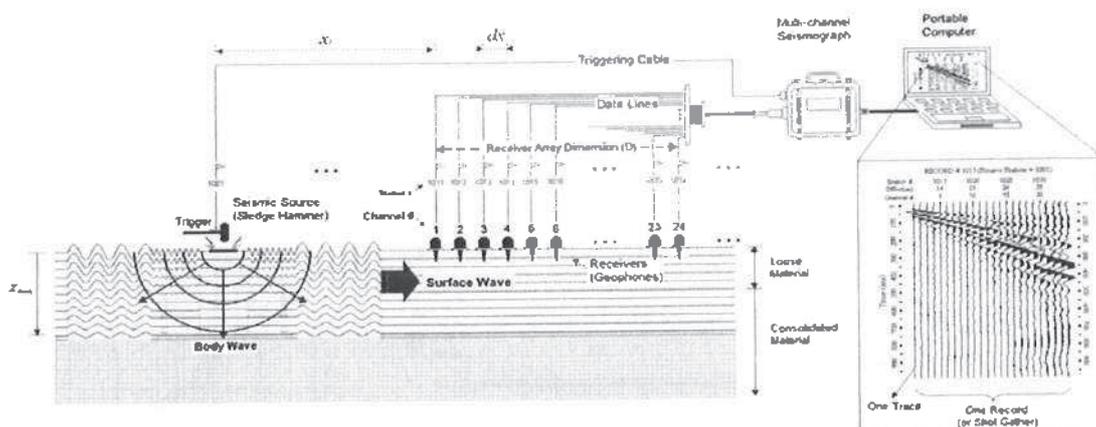


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis ® versione 4.0.2, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere la curva di dispersione delle onde di Rayleigh, nell'ipotesi che, nell'intervallo di frequenze analizzato, le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali, nonché un comportamento dispersivo delle stesse.

Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_R, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).

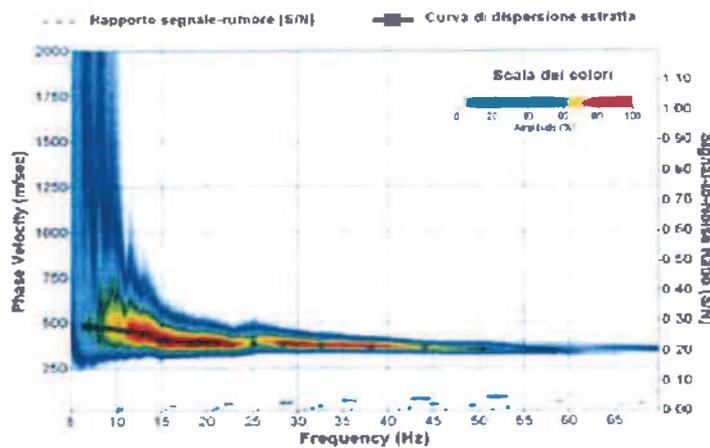


Figura 2 - Curva di dispersione della velocità V_s in funzione della frequenza e della velocità di fase

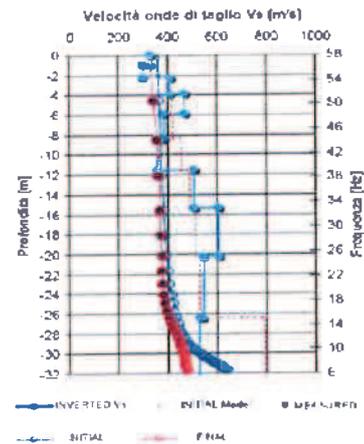


Figura 3 - Modello di propagazione delle velocità delle onde V_s