Firmato digitalmente da

Stefano Montaldo

CN = Montaldo Stefano
O = Ordine Regionale Geologi Liguria
C = IT

COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E DIFESA DEL SUOLO
SETTORE ATTUAZIONE OPERE IDRAULICHE

PROGETTO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO FEGINO - III° LOTTO (CODICE MOGE 12367)

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA
(integrazione per estensione incarico a monte della sez. 20)

Scala:	Data:	Codice:
-	**06/02/2023**	**PD-Ge-B**

Il Responsabile Unico del Procedimento:
Ing. Giuseppe Vestrelli

Progetto
STRUTTURALE
- ING.DANIELE CANALE
VIA CORSICA 2/1 - GENOVA

Progetto
ARCHITETTONICO
- STUDIO MARCOLINI BARSOTTI
VIA CORSICA 6 / 9 SCALA DX - GENOVA

Progetto
INDAGINI GEOLOGICHE
- DOTT. GEOL. STEFANO MONTALDO
VIA CORSICA 2/1 - GENOVA

Approvato:	Revisione:

Oggetto:

1.0 - Introduzione

Il seguente lavoro – redatto in data agosto 2016 – è stato adeguato per i soli aspetti sismici, alle nuove Norme Tecniche subentrate con il D.M. 2018 Min. LL.PP. e circolare applicativa del 21/01/2019.

Il presente studio costituisce estensione di un precedente incarico che riguardava il *Progetto Definitivo di sistemazione idraulica del Rio Fegino – III Lotto* per il quale era già stata redatta in data 21/02/2015 una *Relazione Geologica Esecutiva* a firma del sottoscritto.

Nello specifico trattasi di un intervento di miglioramento idraulico dei tratti terminali di due rii dalla cui confluenza ha origine appunto il Rio Fegino.

Più precisamente le due aste idriche risultano il:

- Rio Burlo, a sud;
- Rio Pianego (detto anche "Rio Fegino tratto di monte"), a nord;

presenti immediatamente a monte della prima curva a *tornante* di Via Borzoli in prossimità dei "Giardini Comunali Montecucco".

I profili dei tratti dei rii indagati citati nel seguito della presente relazione sono riportati nelle tavole grafiche di progetto a firma dell'*Ing. Daniele Canale* con specifico riferimento alle *sezioni 20÷24* per il Rio Pianego e alle *sezioni 20÷60* per il Rio Burlo.

Preme ricordare come il presente lavoro risulti parte integrante del Progetto Definitivo *Geotecnico e di calcolo delle strutture* a firma dell'*Ing. Daniele Canale*.

Sarà in fase esecutiva che verranno approfondite le indagini geologiche anche alla luce delle indicazioni che dovessero pervenire dalla "Conferenza dei servizi".

Per concludere, la presente relazione tiene conto esclusivamente di quanto già accertato con la campagna geognostica svolta tra il 26 gennaio÷06 febbraio 2015 per il progetto originario; ciò si è reso possibile considerando che le caratteristiche geolitologiche dei terreni dei nuovi interventi risultano in buona parte riconducibili a quelle indagate precedentemente.

In fase esecutiva le nuove indagini saranno tese a confermare le previsioni geotecniche/meccaniche avanzate in questa fase e a definire con certezza le stratigrafie dei tratti indagati ad oggi solo ipotizzabili.

2.0 – Inquadramento idro-geomorfologico

2.1 – Elementi geomorfologici

Lo studio è stato centrato sul basso bacino dei rii Burlo e Pianego con specifico riferimento al tratto di fondovalle ove corre l'alveo delle due aste idriche.

(*All. A* - Stralcio *Carta Tecnica Regionale – Elementi Rivarolo/Sestri Ponente→ 213151/213154* – scala 1/5000).

In particolare il comparto interessa la porzione di territorio che a partire dalla prima curva a *tornante* salendo lungo Via Borzoli si sviluppa verso monte attraverso i giardini Comunali "Montecucco" secondo le distinte direttrici dei due corsi d'acqua.

Lo sviluppo lineare degli alvei interessato dagli interventi risulta pari a circa 86.00 ml per il rio Burlo e a circa 42.00 ml per il rio Pianego.

Come si evince dalla carta topografica dell'area le sponde esterne dei rispettivi rii rimangono delimitate e ravvicinate ai fianchi vallivi che risalgono alle quote superiori anche con forti pendenze.

Questi rimangono strutturati in roccia, visibile in affioramento salendo di quota.

Viceversa l'area compresa tra gli argini interni rimane caratterizzata da una conformazione morfologica sub pianeggiante riconducibile al processo di deposizione delle alluvioni dei rispettivi rii che col tempo hanno potuto interdigitarsi reciprocamente.

Attualmente l'area interna risulta quasi interamente ricoperta dagli insediamenti urbani non lasciando intravedere i lineamenti morfologici naturali del sito.

Alla luce di quanto detto pare evidente come la sponda dx del rio Burlo e quella sx del rio Pianego siano interessate da terrazzamenti fluviali di ridotta estensione superficiale e di spessore contenuto sull'ordine i pochi metri che va assottigliandosi spostandosi verso il fianco vallivo; la loro composizione è formata in prevalenza da ghiaie e sabbie con limo/argilla in subordine e con locale integrazione di coltri pedemontane di origine colluviale, rimaneggiate e coperte dalle sistemazioni urbanistiche attuate nella zona.

Viceversa nello spazio interposto tra i due corsi d'acqua il terrazzamento pare di spessore sicuramente maggiore con materiale più grossolano verso la superficie gradualmente più fine passando in profondità.

Pertanto in tale settore la roccia di fondo rimane sicuramente a maggiore profondità di quanto non sia in prossimità dagli argini esterni delle aste idriche; indicativamente è possibile reperirla a non meno di 7.00/8.00 m

È evidente che per una stratigrafia di dettaglio si dovranno attendere i risultati delle indagini geognostiche propedeutiche alla fase esecutiva della progettazione.

2.2 - Geolitologia

L'ossatura rocciosa dei versanti è costituita da metargilliti, scistose, in scadenti condizioni di conservazione, alterate e fratturate soprattutto nei livelli più superficiali.

Tale litologia presenta quindi caratteristiche geomeccaniche mediamente scadenti soprattutto quando riferite ai livelli più superficiali dell'ammasso roccioso.

L'assetto giaciturale dei *piani di scistosità* (discontinuità planari che possono assumere caratteristiche di potenziali piani di scorrimento) risulta variabile per il concorso delle diverse fasi deformative succedutesi nel tempo; in particolare presso gli affioramenti rinvenuti nell'intorno dell'area indagata, è stato rilevato un orientamento preferenziale dei piani immergenti verso E-SE con angoli di inclinazione variabili tra i 35°- 50°

La disposizione sopra illustrata individua pertanto un assetto delle discontinuità planari variabili a seconda dell'orientamento dei diversi versanti; tendenzialmente a *franapoggio* per quanto riguarda la sponda dx del rio Burlo, a *reggipoggio* per la sponda sx del rio Pianego.

2.3 – Idrogeologia

Il reticolo idrografico dell'area in voce risulta di tipo composito ossia definito oltre che dai suddetti corsi d'acqua principali anche dai loro affluenti (di ordine inferiore seconda la gerarchizzazione di Stralher) sia in sponda destra che sinistra.

Per quanto riguarda i deflussi superficiali, poiché l'area risulta densamente urbanizzata e quindi impermeabilizzata in superficie, le modalità di smaltimento rimangono condizionate e dipendenti dagli schemi di regimazione proprie dei manufatti esistenti e connessi alla rete fognaria urbana.

Tuttavia, i sistemi di smaltimento risultano sovente inadeguati alla funzione prevista.

Dal rilevamento svolto, infatti, sono state accertate forme erosive a carico delle coltri alluvionali che come è possibile osservare nel contesto circostante arrecano danni di entità variabile alle strutture ed ai manufatti a loro corredo.

In modo particolare è possibile evidenziare un significativo quadro fessurativo a danno di un fabbricato di civile abitazione posto nel tratto terminale del rio Burlo sulla sponda destra.

Altri fenomeni di dissesto sono apprezzabili sulle strutture minore quali muri di contenimento o sugli stessi argini talora riconducibili ad un carente dimensionamento strutturale dei manufatti stessi ma più spesso in concausa con l'azione erosiva delle acque di ruscellamento.

Per quanto riguarda le defluenze sub-corticali per la prossimità della zona indagata ad un settore di basso versante non si possono escludere condizioni di locale impregnazione idrica nel circostante specie a seguito di eventi piovosi intensi e prolungati.

Infatti, l'abbondanza di matrice terrosa (limo-argillosa) nel materiale incoerente delle coltri di copertura conferisce un coefficiente di permeabilità mediamente basso con altrettanto bassa velocità drenante e possibile formazione di ristagno idrico.

Sul versante quindi il deflusso avviene prevalentemente attraverso canali lineari e filetti idrici confinati che si veicolano nell'ambito delle discontinuità della formazione rocciosa e/o all'interno delle coltri di copertura in materiali sciolti.

Gli orizzonti preferenziali di questa pur difficoltosa circolazione sono costituiti dai giunti di fratturazione presenti sia nella roccia di base che localmente nel suo *cappellaccio*.

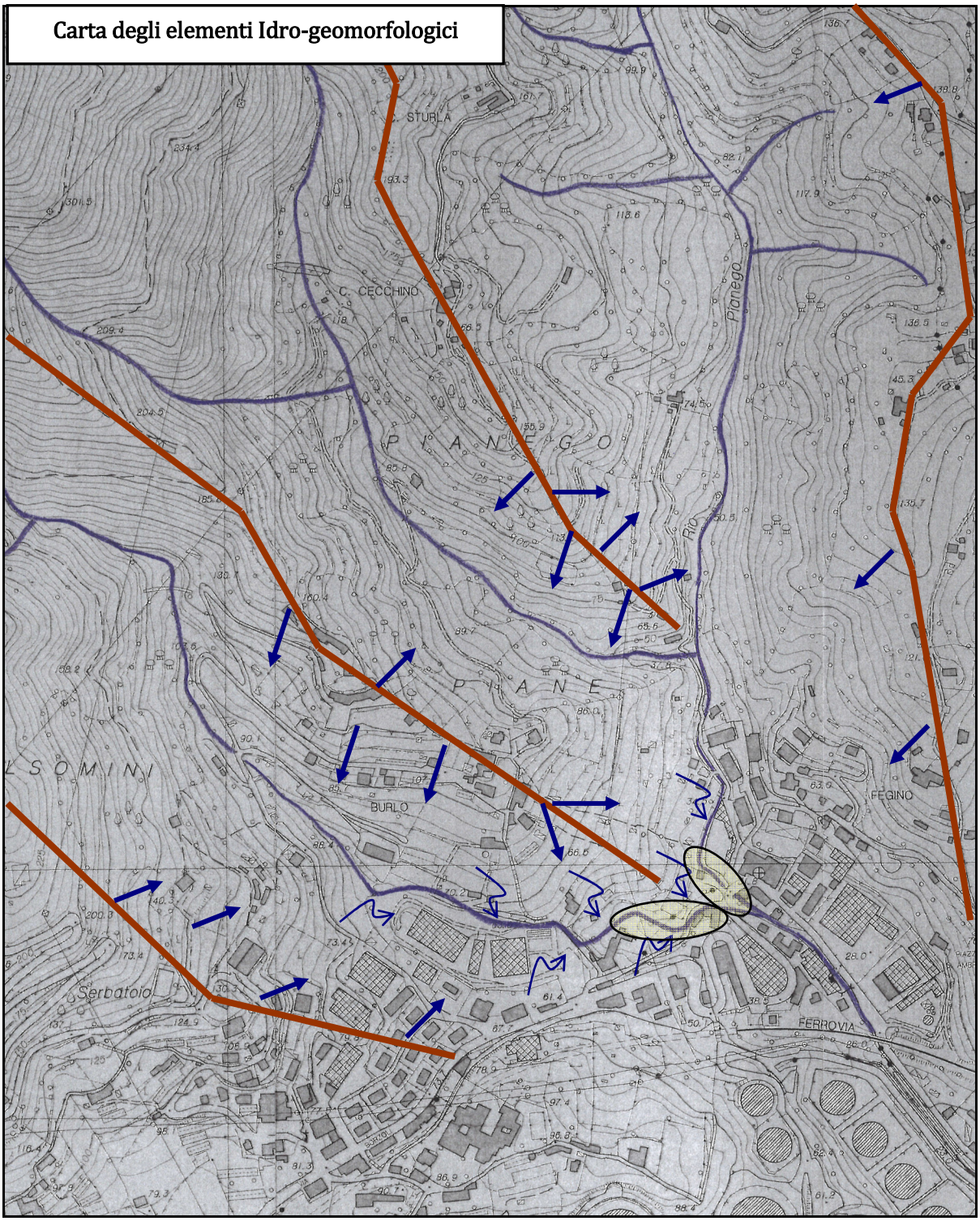
Se integra – viceversa – la roccia può risultare effettivamente impermeabile costituendo in tal caso un potenziale piano di scorrimento delle acque profonde.

Si tratta, in genere, di defluenze sotterranee strettamente dipendenti dai regimi meteorici che in versanti più o meno acclivi tendono ad esaurirsi rapidamente.

In definitiva, complessivamente il comparto oggetto di studio presenta un evidente disordine di tipo idrogeologico riconducibile in gran parte alla densa urbanizzazione sviluppatasi negli ultimi decenni a ridosso degli alvei che ha comportato una graduale riduzione della sezione idraulica e quindi della loro capacità di smaltimento.

Gli interventi previsti dovranno pertanto esser mirati a ripristinare le sezioni idrauliche dei due rii in modo più idoneo in relazione agli apporti meteorici e allo smaltimento delle superfici impermeabili del circostante.

Carta degli elementi Idro-geomorfologici



Aree di intervento (posizione solo indicativa)

Direzione dei flussi idrici di superficie

Linee di displuvio principali

Aree con erosione diffusa

Aste idriche di vario ordine

3.0 – Previsioni sulle caratteristiche geotecniche dei terreni

Le informazioni di natura geotecnica sono state acquisite attraverso una campagna geognostica programmata dal sottoscritto nell'ambito del precedente progetto di sistemazione idraulica del rio Fegino durante la quale sono state svolte sia indagini di tipo *dirette* che *indirette*.

Oltre alle indagini in sito anche *prove e analisi in laboratorio* su alcuni spezzoni di campione prelevati durante le perforazioni.

Rimandando per ogni valutazione di dettaglio alla versione integrale della *Relazione Geologica* (del 21/02/2015) precedentemente citata, possono riassumersi in sintesi le seguenti attività geognostiche svolte.

Indagini dirette → *sondaggi meccanici a rotazione con prelievo continuo di campione*
Indagini indirette → *indagine per la determinazione della stratigrafia sismica a rifrazione e alla stima del parametro* Vs_{30}

Per quanto riguarda le indagine dirette sono consistite in *n. 5 sondaggi meccanici a rotazione a prelievo continuo di carota* denominati da valle verso monte come:

S1-S2-S3-S4-S5

Tuttavia poiché i carotaggi - svolti tutti in alveo – sono stati distribuiti lungo un tratto alquanto esteso è parso preferibile tenere in considerazione solo dei sondaggi *S4-S5* ossia quelli più a monte e prossimi alla *curva a tornante* di Via Borzoli precedentemente richiamata maggiormente attendibili per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza meccanica dei materiali; viceversa gli spessori dei distinti livelli saranno da verificare direttamente.

Infatti dalle evidenze geomorfologiche apprezzate col rilevamento di superficie è stato appurato come nel tratto in voce l'alveo tenda a restringersi tra i contrapposti fianchi vallivi riducendo sensibilmente la loro capacità di deposito e quindi la formazione della piana che dei terrazzamenti alluvionali.

Confrontando le stratigrafie individuate a partire da valle con *S1* fino al punto più a monte con *S5* si evince una progressiva riduzione degli spessori del deposito in alveo passando da circa 20.00 m (*S1*) fino a circa 10.00 m (*S5*)

In *S4* un lieve dosso roccioso tende a risalire portandosi a circa – 4.00 m dal fondo alveo.

* * *

Per concludere, dall'*indagine indiretta* e dalle indicazioni ottenute con la precedente stesa sismica MASW è possibile prevedere l'andamento della velocità delle onde di taglio e riproporre il seguente:

$$V_{s,eq} = 445\ m/s$$

che permette di classificare il terreno nella ***Categoria B*** dei suoli di fondazione (NTC DM 17/01/2018 e circolare applicativa 2019).

Tale dato pare poter essere rappresentativo anche dei terreni interessati dagli interventi presso i rii Burlo e Pianego; in tal modo il Progettista potrà nelle proprie verifiche fare riferimento in questa fase ai parametri sopra citati.

Alla luce di quanto sopra espresso vengono riproposte le *Unità Geotecniche* che dovrebbero caratterizzare i terreni interessati dagli interventi di sistemazione idraulica con i loro rispettivi parametri geotecnici ai quali il Progettista potrà fare riferimento in questa fase di studio definitivo.

***I - Unità Geotecnica**:* questa *Unità* comprende la tipologia del *materiale superficiale mobilizzato* dal flusso idrico, i *depositi alluvionali* con possibile presenza di *coltri detritiche di versante (AC)*; tuttavia l'insieme di questi materiali pur mettendo in evidenzia caratteristiche composizionali del tutto analoghe hanno evidenziato in termini di resistenza alla rottura valori lievemente differenti ma non trascurabili nei seguenti spessori:

- *tra 0.00 - 7.50 m*
- *oltre 7.50 m*

Pertanto i due sottolivelli sono stati distinti con;

- *AC1 (quello superiore);*
- *AC2 (quello inferiore)*

Il livello di nostro interesse sarà quindi *AC1*

II - Unità Geotecnica: rappresenta il *cappellaccio* del substrato lapideo a differente grado di fratturazione ed alterazione.

Rispetto l'*Unità* precedente differisce per la presenza della struttura lapidea (non sempre riconoscibile) con spezzoni e frammenti decimetrici che conferiscono una maggiore rigidità rispetto le ghiaie e ciottoli sciolti in matrice coesiva percentualmente variabile.

A tutti gli effetti l'*Unità* rientra nell'ambito dei terreni sciolti.

- *I UNITA' (0.00 < AC1< 7.50 m) - Materiale detritico-alluvionale*

$N_{spt\ medio}$		$\approx$	16
Peso di Volume	γ_{nat}	=	19 kN/m³
Angolo di taglio efficace	ϕ'	=	28°-29°
Coesione cond. drenate	C'	=	5 kN/m²
Coesione c.n.d	C_U	=	70 kN/m²
Densità Relativa	Dr	>	50%
Indice Plasticità	Ip	$\approx$	7.5
Modulo di elasticità	E	=	40 MPa

- *II UNITA' (CAP) - Cappellaccio del substrato lapideo*

Peso di Volume	γ_{nat}	=	21.00 kN/m³
Angolo di taglio	ϕ	=	33°
Coesione	C	=	80 kN/m²
Modulo di elasticità	E	=	60 MPa

4.0 – Interventi previsti

Per quanto riguarda gli interventi previsti si riporta, per facilità di lettura, uno stralcio estrapolato dalla Relazione tecnica a firma dell'*Ing. Daniele Canale* che rimanda agli *Elaborati grafici di progetto*.

" …L'area di riferimento si estende dalla sezione 17 del rio Fegino alla sez. 20 dello stesso, punto in cui si ha la confluenza dei suddetti due corsi d'acqua, e si estende dalla sez. 20÷60 per quanto riguarda il rio Burlo e dalla sez. 20÷24 per quanto riguarda il rio Fegino di monte (Pianego).

Lungo i tratti di alveo delimitati dalle sopra citate sezioni si prevedono differenti interventi di tipo strutturale, idraulico e geotecnico descritti di seguito.

Rio Burlo

Si prevedono i seguenti interventi:

Intervento - BU1: che consiste nella realizzazione di una nuova briglia in c.a. posta in corrispondenza delle sezz. 20.4 e 20.5 caratterizzate da un salto idraulico pari a 75 cm e dotata di distesa di massi decimetrici a formare drenaggio a tergo della stessa.

Intervento - BU2: realizzazione dalla sez. 51÷56 di un tratto tombinato di alveo con sezione interna di dimensioni 3.2*2.2 m mediante l'impiego di una struttura ipogea in cls armato caratterizzata da una platea di fondazione, due sponde e una copertura in travi autoportanti reticolari miste acciaio-cls con basamento in cls

Dalla sez. 51÷54 sulle due sponde della tombinatura sono altresì presenti due cordoli testa-pali dotati di due ordini di micropali, il primo verticale il secondo inclinato.

Dalla sez. 54÷55 la tombinatura presenta i medesimi micropali precedentemente descritti per quanto riguarda la sponda sinistra mentre su quella destra è presente unicamente un ordine di micropali verticali.

Dalla sez. 55÷56 la complessità e la variabilità degli elementi in superficie posti al di sopra del tratto tombinato fanno si che sulla sponda sinistra della tombinatura sia presente una paratia di altezza variabile caratterizzata da pali verticali e uno/due ordini di tiranti; sulla sponda destra sono presenti due ordini di micropali come descritti per le sezz. 51÷54

Intervento - BU3: dalla sez. 56÷59 l'alveo torna ad essere a cielo aperto compreso tra due sponde di nuova realizzazione in cls armato e dotate anch'esse di cordolo testa-pali e doppio ordine di micropali di cui il primo verticale e il secondo inclinato.

Intervento - BU4: in corrispondenza della sez. 60 è prevista la realizzazione di una nuova briglia in c.a. caratterizzata da un salto idraulico di circa 1.63 m e caratterizzata dalla disposizione di massi decimetrici a tergo a formare drenaggio per la briglia stessa.

Rio Pianego (Fegino di Monte)

Si prevedono i seguenti interventi:

Intervento - FM1: realizzazione tra le sezz. 21÷22 di un tratto tombinato di alveo con l'impiego di una struttura ipogeo in cls armato caratterizzata da una platea di fondazione e due sponde del medesimo spessore e una copertura in travetti precompressi in cls

Sulle due sponde della tombinatura sono altresì presenti due codoli testa-pali dotati di due ordini di micropali il primo verticale ed il secondo inclinato.

Intervento - FM2: dalla sezz. 21÷22 l'alveo torna ad essere a cielo aperto compreso tra le due sponde di nuova realizzazione in cls armato realizzate a ridosso delle sponde esistenti.

Intervento - FM3: in corrispondenza della sez. 24 è prevista la realizzazione di una briglia in c.a. caratterizzata da un salto idraulico di circa 2.2 m la presenza di massi decimetrici a tergo a costituire drenaggio per la briglia stessa e massi di terza categoria al piede.

Rio Fegino (di Valle)

Si prevedono i seguenti interventi:

Intervento - FV1: tra le sezz. 17÷20 è previsto l'allargamento dell'alveo previo esproprio di alcune porzioni di terreno di proprietà di privati diversamente da quanto indicato nel progetto definitivo datato marzo 2015

Intervento - FV2: eliminazione della briglia e del suo salto idraulico in corrispondenza della sez. 290 ,diversamente da quanto indicato precedentemente.

* * *

Per tutti gli interventi sopra descritti è evidente come le problematiche principali risultino quelle di *tipo idraulico* che *geotecnico*.

Per quanto riguarda le prime è già stato redatto specifico studio idraulico da parte dell'*Ing. Daniele Canale* che rappresenta parte integrante del presente *Progetto*.

Per ciò che riguarda le seconde solo a seguito dei una campagna geognostica di dettaglio (come meglio specificata di seguito) sarà possibile dimensionare e perfezionare le opere strutturali e di fondazione necessarie per la definitiva messa in sicurezza dei rispettivi tratti di alveo in oggetto.

5.0 – Pianificazione delle Indagini geognostiche

Considerata la tipologia dell'intervento progettuale, l'ubicazione e le caratteristiche del sito nonché i dati relativi alla presunta situazione geologica, la campagna di indagini geognostiche potrà essere realizzata secondo le indicazioni di seguito riportate.

- Realizzazione di almeno *n. 4 sondaggi meccanici a carotaggio continuo* (due per tratto di alveo) secondo quanto evidenziato sulla planimetria di progetto. Il loro posizionamento può risultare soggetto a lievi spostamenti qualora imposti dalle condizioni logistiche di accesso ai luoghi.

  Considerato il *Volume Significativo* in sottosuolo riferibile alla tipologia del fabbricato, le profondità dei fori varieranno tra 15.00÷20.00 m. Sulla base delle ipotesi stratigrafiche è possibile intercettare in prossimità delle sponde esterne dei corsi d'acqua il substrato roccioso; in tal caso le profondità potranno essere leggermente ridotte tuttavia sempre a insindacabile parere del Geologo responsabile della campagna geognostica. In base alle caratteristiche stratigrafiche riscontrate durante la fase di avanzamento dei carotaggi verranno definite le prove in foro SPT stimabili ad oggi in un numero complessivo pari a 12 prove. Saranno inoltre prelevati almeno tre campioni semi-disturbati per foro da sottoporre a prove geotecniche e geomeccaniche di laboratorio.

  Preliminarmente la fase di indagine sarà redatta *Specifica tecnica per le indagini geognostiche* di dettaglio da parte del *Geologo Progettista*.

6.0 – Inquadramento normativo
Piano di Bacino – t. Polcevera

Per quanto concerne gli aspetti normativi si specifica che l'immobile ricade nell'ambito di applicazione delle *Norme Tecniche del PdB – t. Polcevera*.

Vengono quindi analizzate le Norme Tecniche richiamate dal nuovo *Piano approvato con Delibera del Consiglio della Città Metropolitana n. 26 del 25/06/2015*

Da un esame delle carte tematiche di riferimento non risultano *aree in frana attiva o quiescente* ma con *suscettività al dissesto da media a elevata* ossia che richiede di intervenire con attenzione sul contesto idro-geomorfologico non alterandone le condizioni di equilibrio ma eventualmente incrementarle.

Anche per ciò che riguarda gli aspetti idraulici i due rii evidenziano criticità variabili fino a comportare *rischi molto elevati (R4)* per cui la progettazione dovrà essere mirata alla soluzione delle stesse.

7.0 - Vincolo Idrogeologico

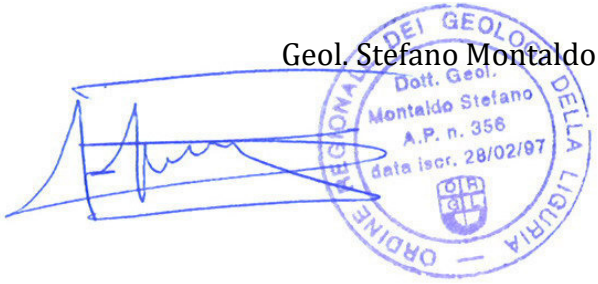
L'area di intervento rimane sottoposta, ai sensi del R.D.L. n. 3267/23 (L.R. 4/99) a vincolo per scopi idrogeologici.

Secondo quanto specificato dalla L.R. 4/99 qualsiasi intervento in tali aree non deve procurare alterazioni negative nei confronti dei fattori tutelati (in particolare, *Stabilità dei versanti*, *Regime delle acque*, *Copertura Vegetale*) ma se possibile deve migliorarli.

Con particolare riferimento agli interventi previsti gli stessi dovranno apportare un incremento alle attuali condizioni di stabilità del comparto oltre essere studiati per migliorare gli aspetti idraulici oggi causa di elevato grado di pericolosità per tutto il comparto di fondovalle.

Genova, 05/agosto/2016

Geol. Stefano Montaldo



ALLEGATO A – stralcio CTR



Area di intervento indicativa - *Elementi Rivarolo/Sestri Ponente→ 213151/213154-* scala 1/5000

ALLEGATO B – Sezz. Stratigrafiche ipotizzate

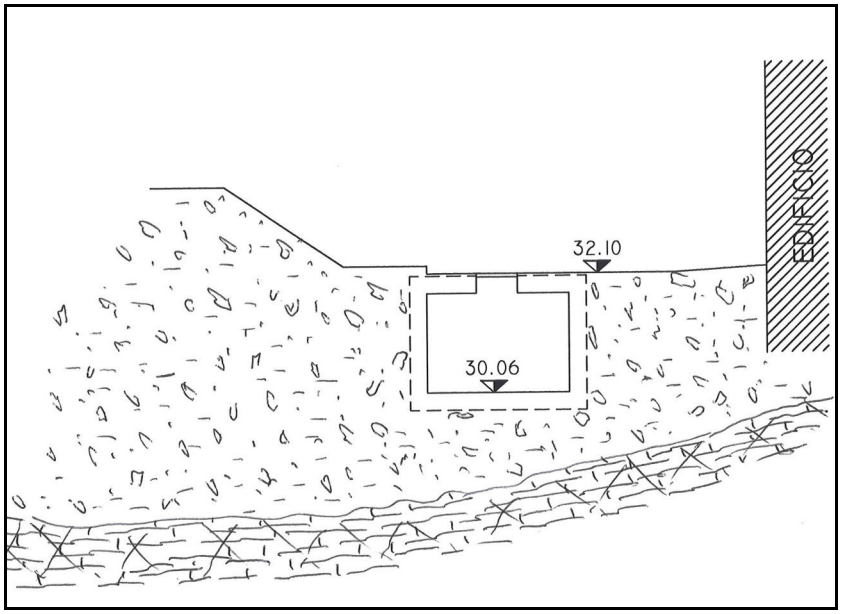
Legenda

C

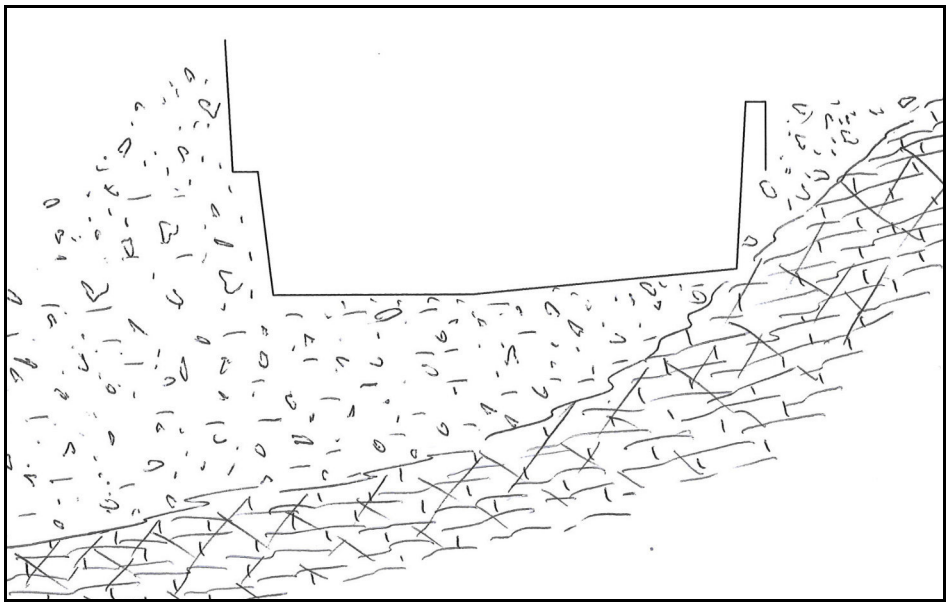
Depositi alluvionali grossolani in superficie tendenti ad divenire più fini in profondità e verso le sponde esterne dei due rii con presenza di matrice lievemente coesiva limo-argillosa.
Materiale di riporto a tergo dei muri di argine, grossolano ma eterometrico e eterogeneo.
Possibile presenza di livelletti lapidei rappresentanti la struttura relitta della roccia più alterata e degradata ma non visibile allo stato attuale.
All'aumentare della profondità migliorano le caratteristiche meccaniche del materiale.
Non sono previste deformazioni plastiche del terreno in quanto già consolidato dal carico attuale oltre per la struttura granulare del terreno che ne migliora il proprio comportamento geomeccanico.

R

Substrato roccioso costituito da argilliti scistose più alterate in superficie con migliori qualità geomeccaniche in profondità.



Rio Burlo - Sez. 24



Rio Pianego - Sez. 23

Sezioni in scala1/100