REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI GENOVA
Comune di Rovegno

RICHIESTA CONCESSIONE DI DERIVAZIONE PER USO IDROELETTRICO SUL FIUME TREBBIA IN LOCALITÀ' ISOLA NEL COMUNE DI ROVEGNO (GE)

Richiesta di concessione a derivare da acque superficiali

PROGETTO PRELIMINARE

Oggetto

Relazione geologica

Gruppo di progettazione

E.T.A.research
energiaterritorioambiente
Via XI settembre, n.73
12011 - Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel/Fax: 0171.60.30.59
e-mail: info@eta-research.com
web: www.eta-research.com

Studio Geologico dr. andrea bredy
Via A.Campana, 14
12016 - Peveragno (CN)
Tel: 340 4923790 - 0171 339311
e-mail: andrea.bredy@gmail.com
pec: andrea.bredy@epap.sicurezzapostale.it

Committente

Gruppo Energia Italia srl

Sede: Via Gropallo 4/3
161212 Genova (GE)
P.IVA: 01717940991

Dati progetto

CODICE LAVORO	FASE PROGETTO	TIPOLOG.DOCUMENTO	N.ELABORATO
C15_27	PR	RC	11

ELABORATO
R.11
SCALA -:---

REVISIONE	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
01	GENNAIO_2017	PRIMA EMISSIONE	Dott. Ing. Gossa P.	Dott. Ing. Demaria A.	Dott. Ing. Macario L.
02					

INDICE

1. PREMESSA 2

2. MODELLO GEOLOGICO 3

2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 3
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5
2.2.1. Tettonica 5
2.2.2. Assetto stratigrafico locale 7
2.3. ASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO 10
2.3.1. Acque superficiali 10
2.3.2. Acque sotterranee 13
2.4. QUADRO DEL DISSESTO LOCALE 15
2.4.1. P.A.I. e P.V.B. 15
2.4.2. P.U.C. – Co dei Comuni di Rovegno e Gorreto 16
2.4.3. Vincolo per scopi idrogeologici 19
2.5. ANALISI DEI FENOMENI FRANOSI 20
2.6. STUDI GEOLOGICI PREGRESSI 20
2.6.1. Consolidamento del Ponte per Fontanarossa 20
2.6.2. Opere di protezione della S.S. 45 22
2.7. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LOCALE 23
2.7.1. Rilevamento geologico di dettaglio 23
2.7.2. Indagini geognostiche pregresse 26
2.7.3. Indagini sismiche 29

3. PERICOLOSITÀ SISMICA 34

3.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE 34
3.2. STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA 36

4. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE 37

4.1. STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO 38
4.2. ANALISI GEOLOGICO-TECNICA DELLE SINGOLE OPERE IN PROGETTO 39
4.2.1. Traversa fluviale 39
4.2.2. Centrale di produzione, opera di presa ed opere accessorie 39
4.2.3. Cabina Elettrica e pista di accesso 40

5. CONCLUSIONI 41

1. PREMESSA

Il presente studio geologico viene redatto in previsione della realizzazione di un impianto idroelettrico sul *Fiume Trebbia* in comune di Rovegno (TO), con presa e restituzione localizzate il loc. *Isola*, su incarico della Gruppo Energia Italia s.r.l. avente sede in Via Gropallo 4/9 a Genova (GE). Il progetto è principalmente motivato dalla necessità di salvaguardare la stabilità del ponte esistetene e permettere di porre soluzione alle attività di scalzamento delle fondazioni generate dal Fiume Trebbia, andando a realizzare una nuova struttura idraulica. In particolare la relazione geologica viene redatta a supporto del Progetto Preliminare per la *Richiesta di Concessione di Derivazione Per Uso Idroelettrico*.

Per svolgere il presente studio sono state eseguite indagini e sopraluoghi sull'area interessata dall'intervento, un'analisi della documentazione bibliografica di carattere geologico e geotecnica esistente. L'indagine è stata estesa ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli stessi con l'assetto geologico-geomorfologico ed idrogeologico locale.

In particolare verranno analizzati gli impatti dell'opera sulle componenti suolo-sottosuolo e sulle acque sotterranee.

In estrema sintesi il progetto sottoposto allo scrivente ha le seguenti caratteristiche:

Bacino Idrografico	*Fiume Trebbia*
Corso d'acqua	*Fiume Trebbia*
Bacino di dominio	*128 km^2*
Altitudine max	*1597 m s.l.m.*
Altitudine min	*539 m s.l.m. (sfioro traversa)*
Portata massima derivata	*11,00 m^3/s*
Portata media derivata	*3,053 m^3/s*
Portata minima derivata	*0,800 m^3/s*
Salto legale disponibile medio	*5,59 m*
Potenza legale media	*167,31 kW*
Potenza legale massima	*524,11 kW*

Per ogni approfondimento relativamente agli aspetti progettuali occorre quindi fare riferimento alla documentazione redatta dallo studio E.T.A. Research S.r.l. di Cuneo.

2. MODELLO GEOLOGICO

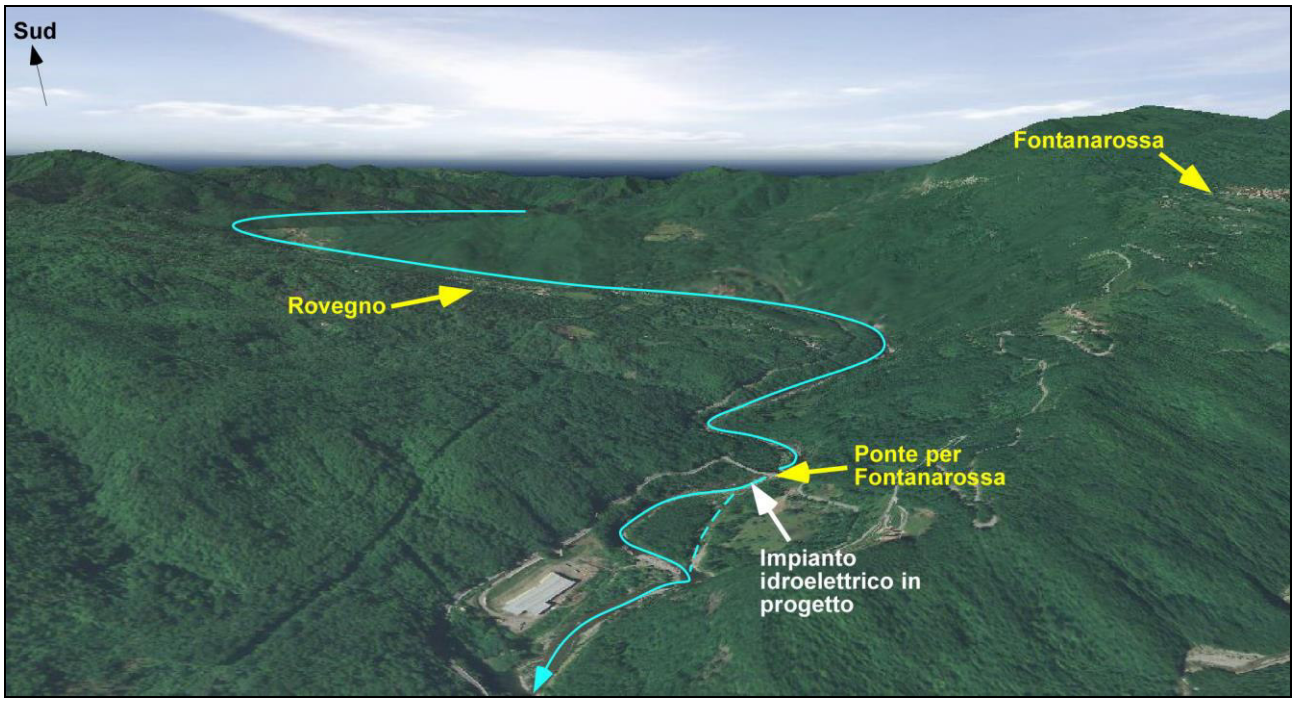
2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area in studio è ubicata all'interno della Valle Trebbia ed interessa il territorio di Rovegno e Gorreto. In particolare il confine tra i due comuni segue la sponda destra del Fiume e pertanto le opere interesseranno il territorio di entrambi i comuni.

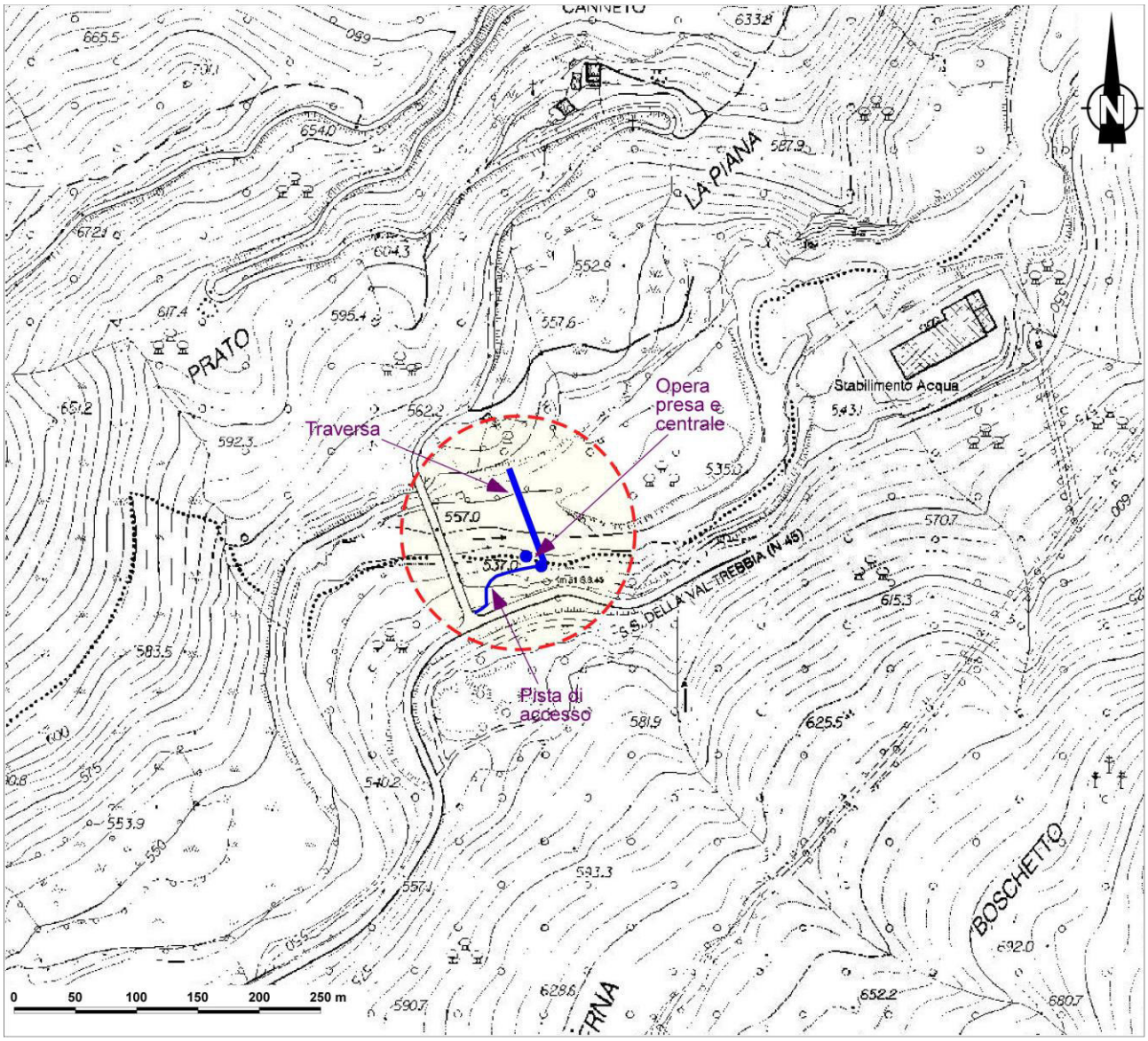
L'area è facilmente accessibile percorrendo la S.S. n° 45 della Valle trebbia partendo sia da Genova che da Piacenza fino al Ponte per Fontanarossa. L'opera in progetto verrà realizzata a circa 60 m a valle del ponte. Dalla sponda destra del ponte il sito è raggiungibile a piedi percorrendo un sentiero esistente che conduce fino all'alveo attivo, ad una quota di circa 537 m s.l.m., nel punto in cui verranno realizzate l'opera di presa, la centrale e la traversa fluviale.

Dal punto di vista geomorfologico l'area in studio si trova nel versante padano dell'Appennino Ligure della Provincia di Genova nei pressi del confine tra Liguria ed Emilia Romagna posto tra i Comuni di Gorreto ed Ottone.

Il settore di fondovalle in generale risulta scarsamente antropizzato anche se nel tratto in studio la presenza del ponte per Fontanarossa, della S.S. 45 e dello stabilimento delle acque minerali poco più a valle condiziona parzialmente la morfologia locale. E' anche importante evidenziare che alla base del versante destro, a monte del ponte, sono stati eseguiti importanti interventi di messa in sicurezza della Strada Statale per la presenza di fenomeni franosi attraverso opere di regimazione/drenaggio delle acque e di consolidamento che verranno descritti nel dettaglio successivamente.



Vista 3D dell'area in studio con indicazione degli interventi in progetto
(*Tratta da Ambiente Italia 3D – Portale cartografico Nazionale*)



Inquadramento dell'area in studio su base CTR in scala 1:5.000 (Sezione 214040)

Nel tratto in studio il Fiume Trebbia descrive un ampio meandro a monte del ponte per Fontanarossa e l'alveo risulta relativamente stretto e racchiuso tra versanti a media-alta acclività: nell'interno curva l'acclività è minore e la sponda e impostata su depositi alluvionali, mentre in sponda sinistra, quella esterna, l'acclività è maggiore e si osserva substrato roccioso in alveo. Il settore di versante in sinistra idrografica è caratterizzato dalla presenza di fenomeni franosi significativi anche in virtù della forte attività erosiva del corso d'acqua.

A valle del ponte l'alveo si allarga ed il fiume per un tratto di circa 150 m ha un andamento pseudo-rettilineo prima di compiere un'ampia curva verso sinistra, a monte dello stabilimento delle acque minerali. Proprio in questo tratto, a circa 70 m a valle del ponte, verrà realizzata la traversa fluviale.

In questo settore, anche in conseguenza alla presenza delle opere di fondazione del ponte, la pendenza dell'alveo diminuisce, si allarga e la deposizione aumenta con conseguente formazione di isole fluviali stabilizzate e vegetate.

In particolare l'apice di monte dell'isola che caratterizza il settore d'intervento raggiunge il ponte e risulta poco vegetata. L'alveo principale scorre lungo la sponda destra mentre un canale di deflusso secondario che si attiva in occasione di eventi di piena significativi è osservabile sulla sponda opposta.

La consultazione delle immagini fotografiche, aeree e satellitari storiche evidenzia come in passato l'isola fluviale fosse maggiormente vegetata ma gli eventi alluvionali degli ultimi anni ne abbiano variato la conformazione nella porzione di monte. Sul GEOPORTALE della Regione Liguria si può osservare come nelle Ortofoto dell'anno 2000 la vegetazione sia maggiore rispetto al 2013, soprattutto in sponda sinistra all'altezza del ponte.

Nelle stesse immagini si osserva il differente aspetto del sito a seguito della realizzazione delle opere di messa in sicurezza della S.S. 45 che verranno descritte nel dettaglio nei capitoli successivi.



Confronto tra Ortofoto 2000 e 2013 (tratte da Geoportale Regione Liguria)

2.2. Inquadramento geologico

La definizione dell'assetto geologico del settore in studio è stata realizzata attraverso un accurato rilevamento di terreno, l'analisi della bibliografia di base di carattere geologico-stratigrafico esistente ed alla consultazione di precedenti studi di dettaglio redatti a supporto dei progetti di consolidamento del ponte di Fontanarossa e di sistemazione della frana che interessa la S.S. 45.

Inoltre interessanti informazioni sono state reperite attraverso la consultazione del progetto nazionale "CARG" (il "Progetto CARG" =*CARtografia Geologica*, avviato nel 1988) ed in particolare del Foglio 214.1 Bargagli alla scala 1: 25.000, allo studio del PUC CO del Comune di Rovegno ed in particolare agli elaborati geologico-tecnici redatti dai geologi Casale, Ferrano, Ganzini e Schirru della Città Metropolitana di Genova.

2.2.1. Tettonica

Così come descritto anche nella Relazione del PUC-CO di Rovegno l'andamento del torrente Trebbia e dei suoi principali affluenti è stato fortemente condizionato dal fenomeno di sollevamento tettonico che ha coinvolto l'Appennino ligure principalmente durante il Pleistocene e che ha causato una serie di lineazioni tettoniche su cui si sono impostati detti corsi d'acqua. Inoltre, l'alternarsi di fasi glaciali ed interglaciali, verificatesi durante il Quaternario, ha causato, in corrispondenza del contatto tra litologie aventi caratteristiche meccaniche nettamente differenti, l'instaurarsi di fenomeni di instabilità di versante di grosse dimensioni, le cosiddette DGPV.

Le unità litostratigrafiche affioranti in corrispondenza del settore in studio appartengono alle Unità Liguri (Antola), alle Unità Liguri Interne (Vermallo, Due Ponti, Portello, Gottero).

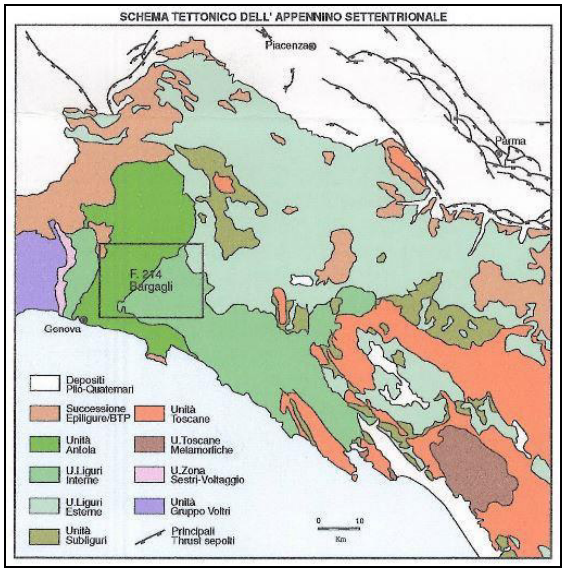
Le *Unità Liguri Interne* sono caratterizzate da un complesso assetto strutturale, acquisito principalmente nel Paleocene superiore - Eocene inferiore, durante il coinvolgimento di queste unità in

una zona di subduzione sviluppatasi durante le fasi di chiusura del bacino oceanico ligure-piemontese. L'evoluzione strutturale delle Unità Liguri Interne è stata quindi estremamente articolata ed è costituita da almeno quattro fasi di piegamento sovrapposte ed associate a sovrascorrimenti che hanno determinato un assetto tettonico complesso sia a scala dell'affioramento sia alla scala della carta geologica.

La prima fase è caratterizzata dalla presenza di pieghe da isoclinali a subisoclinali di dimensioni variabili da decimetriche a decametriche. Tali pieghe presentano una geometria di tipo simile, caratterizzata da cerniere da arrotondate a subarrotondate. Durante la prima fase plicativa si sviluppano importanti sovrascorrimenti che delineano le principali unità tettoniche riconoscibili in affioramento. I contatti tettonici che delimitano tali unità sono caratterizzati da zone di taglio marcate da cataclasiti che risultano sempre deformate dalle pieghe delle fasi successive. In alcune di queste zone di taglio sono riconoscibili indicatori del senso di movimento che indicano un senso di trasporto tettonico verso i quadranti occidentali. La seconda fase è invece caratterizzata da pieghe da molto chiuse a aperte con dimensioni variabili da metriche a ettometriche. La geometria di queste pieghe è di tipo parallelo con piano assiale generalmente suborizzontale. Le relazioni di interferenza fra la prima e la seconda fase sono visibili sia alla scala dell'affioramento sia alla scala microscopica. Alla seconda fase deformativa seguono due ulteriori fasi deformative duttili caratterizzate da piegamenti concentrici a piano assiale verticale e subverticale associate a sistemi di joints.

L'*Unità Ligure* Antola ha posizione strutturale più elevata ed è sovrascorsa sulle Unità Liguri Interne; presenta un grado minore di tettonizzazione nonostante siano presenti più fasi di piegamento e le condizioni metamorfiche delle deformazioni sono confinate alla diagenesi. La storia plicativa polifasica è caratterizzata da almeno due fasi deformative principali e due fasi secondarie. La prima è caratterizzata da pieghe da aperte a chiuse con dimensioni variabili da metriche a chilometriche, molte diffuse sia alla scala dell'affioramento che a quella cartografica con estesi fianchi rovesciati e superfici assiali debolmente inclinate; il senso di ribaltamento delle strutture risulta verso ovest. La seconda fase è contraddistinta da pieghe da chiuse a mediamente aperte che, nelle successioni calcareo-marnose assumono spesso geometria cuspidata e sviluppano strutture tipo mullion; sono di tipo concentrico con dimensioni variabili fino a ettometriche con vergenza predominante verso nord – nord est.

Le fasi secondarie sono caratterizzate da pieghe di tipo concentrico generalmente aperte e fortemente asimmetriche con debole vergenza ovest quelle della terza fase, blande a grande lunghezza d'onda quelle della quarta.



Schema tettonico del settore in studio (tratto da Foglio CARG n°214 Bargagli)

2.2.2. Assetto stratigrafico locale

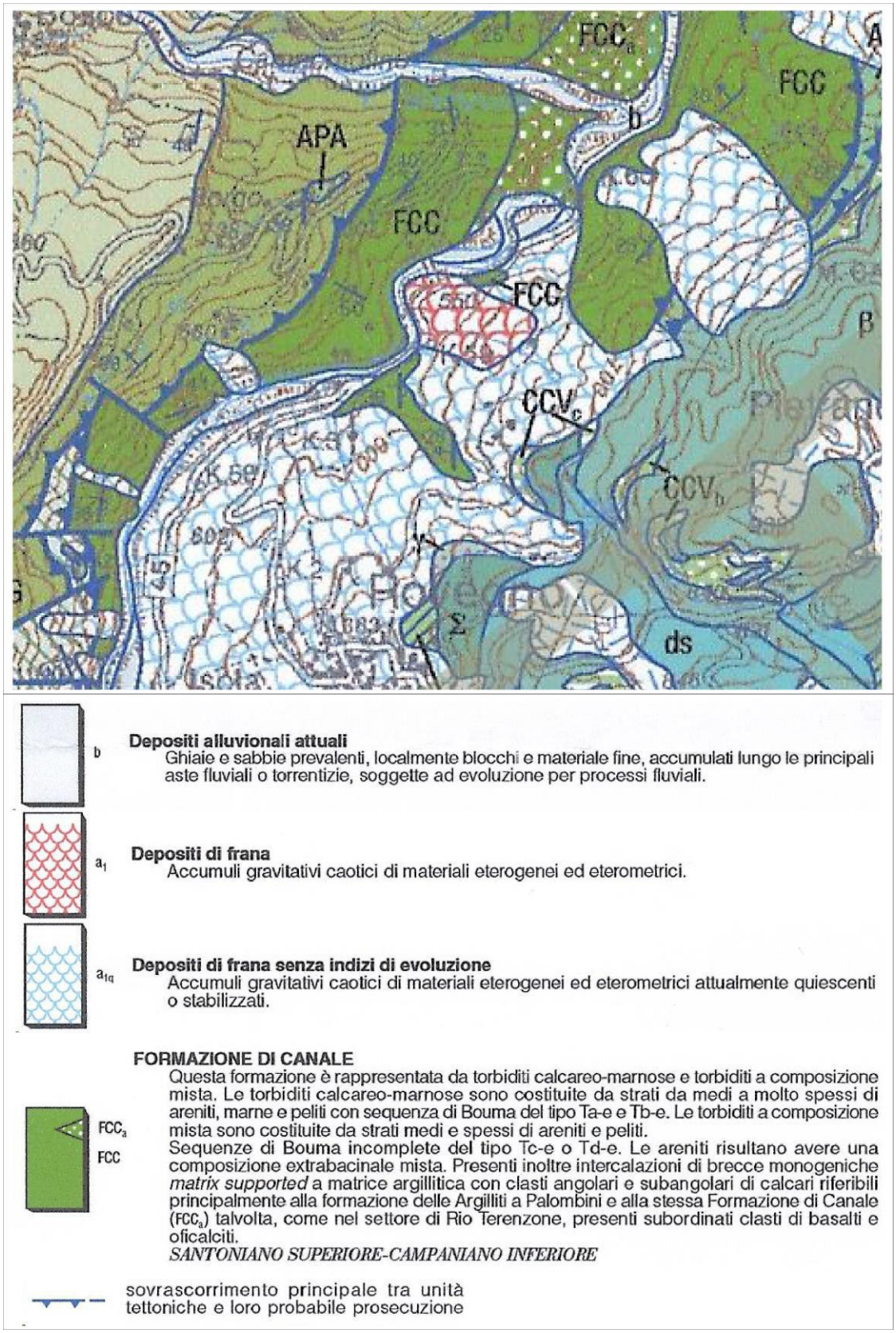
Dal punto di vista geologico-strutturale il settore in studio è caratterizzato dalla presenza di due formazioni geologiche: le Argilliti di Montoggio e la Formazione di Canale:

- La prima, Argilliti di Montoggio, fa parte dell'Unità Tettonica Antola, è datata al Cretaceo superiore (Cenomaniano-Campaniano), rappresenta una sequenza flisciode con caratteri deposizionali simili al Flysch di Monte Antola, ma entro cui sono ancora predominanti gli apporti terrigeni con continue e ripetute sequenze torbiditiche fini. E' costituita, infatti, da emipelagiti pelitiche con intercalazioni di torbiditi silicoclastiche, siltiti ed areniti e localmente da torbiditi calcareo-pelitiche. Le torbiditi silicoclastiche si presentano in strati sottili, mentre le areniti, principalmente fini ed in modo subordinato medie, e le siltiti formano strati di potenza media. Le torbiditi calcareo-pelitiche sono costituite da areniti medio-fini a composizione mista in strati da sottili a medi, da siltiti marnose e da marne intensamente bioturbate. In affioramento le Argilliti di Montoggio si presentano di colore rosso vinato, talora verdastro, sovraconsolidate e minutamente scagliettate con la tipica fratturazione "a coltellino", caratterizzate spesso da patine nerastre ferro-manganesifere prodotte dalla circolazione dell'acqua. Gli affioramenti delle Argilliti di Montoggio di norma sono molto scarsi, soprattutto a causa della maggiore erodibilità dovuta alla minore resistenza rispetto ad altre litologie, come ad esempio i calcari.
- La Formazione di Canale fa parte dell'Unità di Due Ponti e si tratta di torbiditi calcareo-marnose e torbiditi a composizione mista di datazione Santoniano superiore - Campaniano inferiore. Le torbiditi calcareo-marnose sono costituite da strati da medi a molto spessi di areniti, marne e peliti mentre quelle a composizione mista sono costituite da strati medi e spessi di areniti e peliti. Le areniti risultano avere una composizione extrabacinale mista.

Per quanto riguarda i depositi quaternari nella porzione di territorio in studio si possono distinguere:

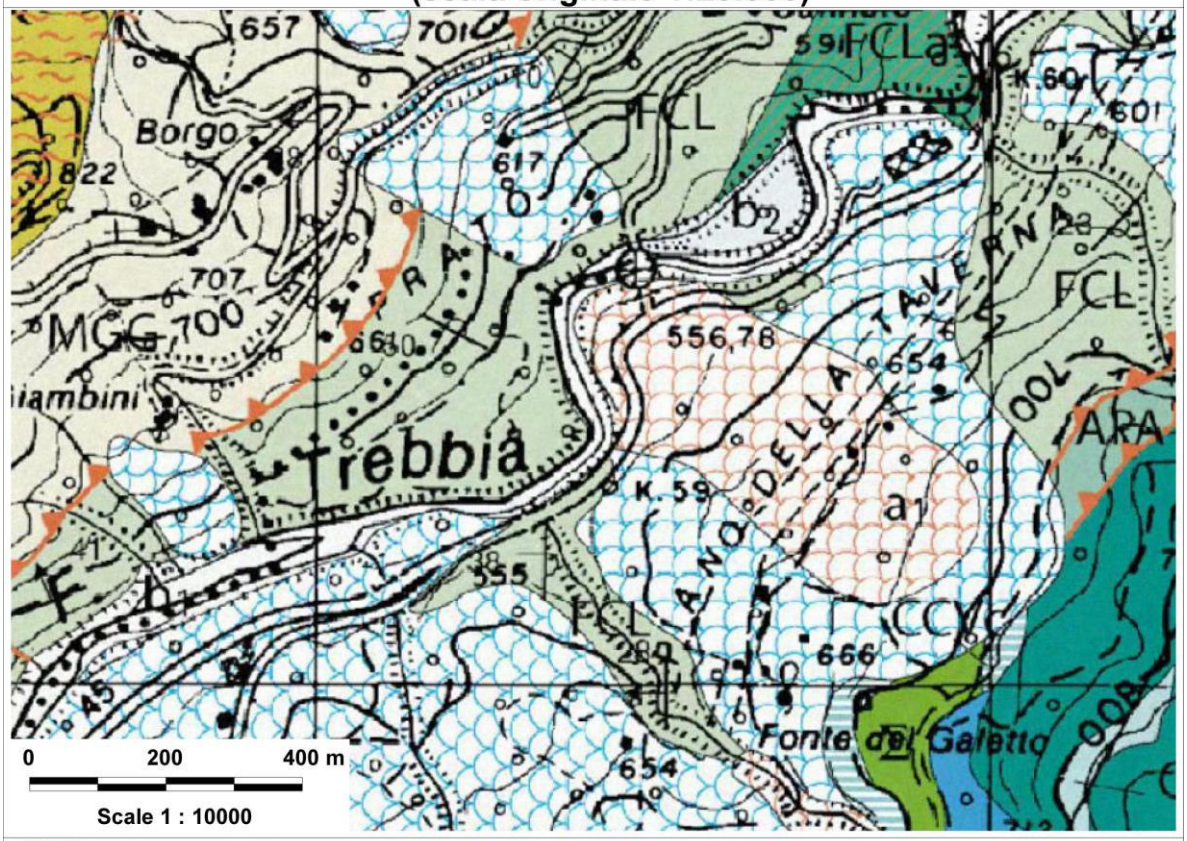
- Coltri Eluvio-Colluviali: ricoprono abbondantemente i versanti ove affiora la Formazione di Canale superando spesso i 3 metri di potenza. L'intensa fratturazione, diffusa nelle varie rocce costituenti i rilievi del bacino, così come la diversa erodibilità delle litologie stesse, è responsabile di fenomeni di erosione e crollo che danno origine a estesi e potenti accumuli detritici alle diverse quote dei versanti. La composizione dei detriti eluviali e colluviali è legata a quella dell'ammasso roccioso di origine. La composizione risulta generalmente sabbioso-siltosa, con presenza di materiali fini ed abbondanza di scheletro e clasti di natura eterogenea. Le coltri detritiche potenti sono spesso soggette a fenomeni di erosione che causano dissesti con i quali viene alimentato il trasporto solido e viene denudato il substrato roccioso che si espone, di conseguenza, maggiormente all'erosione, dando origine a nuovi dissesti.
- Alluvioni attuali: si individuano all'interno dell'alveo dei torrenti. Sono depositi "attivi", in materiale sciolto, rimaneggiato e ampliato dalle piene e dalle divagazioni stagionali dei corsi d'acqua. Generalmente sono formate da materiale grossolano.
- Alluvioni recenti: Si tratta dei terrazzi fluviali che formano aree pianeggianti lungo il fiume sopraelevate di qualche metro rispetto l'alveo attuale, come ad esempio il settore a valle dello stabilimento delle acque minerali. Sono costituite in prevalenza da materiale argillo-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con prevalente frazione fine; localmente sono presenti concentrazioni di ghiaie anche grossolane disposte in lenti e in orizzonti che possiedono buone caratteristiche come acquiferi.

- Alluvioni antiche: rappresentate da terrazzi situati a quote piuttosto elevate rispetto al fondovalle attuale, risultando spesso frammiste a coltri pedemontane. Lo stabilimento delle acque minerali occupa un antico terrazzo quaternario.



Stralcio del F° 214 Bargagli (Progetto CARG – scala originale 1:50.000)

STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA CARG - F° 214-1 BARGAGLI (scala originale 1:25.000)



a_1 **Frane attive.** Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici con evidenze di movimenti in atto.

a_2 **Frane inattive.** Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici attualmente quiescienti o stabilizzati.

b_1 **Depositi alluvionali attuali.** Ghiaie e sabbie prevalenti, localmente blocchi e materiale fine, accumulati lungo le principali aste fluviali o torrentizie, soggette ad evoluzione degli ordinari processi fluviali.

b_{2-4} **Depositi alluvionali terrazzati.** Ghiaie e sabbie prevalenti, localmente blocchi e materiale fine, in genere ricoperti da una coltre limoso-argillosa pedogenizzata. Accumuli posti a varie altezze lungo le valli principali. I vari ordini di terrazzi sono stati numerati a partire dal più recente (b_2).

UNITÀ TETTONICHE LIGURI

UNITÀ ANTOLA

MGG **ARGILLITI DI MONTOGGIO**
Emipelagiti pelitiche di colore verde e rosso con intercalazioni di strati torbiditici silicoclastici sottili e medi di siltiti, areniti fini ed in modo subordinato areniti medie. Localmente sono presenti torbiditi calcareo-pelitiche rappresentate da strati sottili e medi di areniti medio-fini a composizione mista, siltiti marnose e marne intensamente bioturbate (cfr.Arenarie di Gorreto del Foglio 196 "Cabella Ligure")
CENOMANIANO SUP.- CAMPANIANO INF.

UNITÀ DUE PONTI

FCL, FCLa **FORMAZIONE DI CANALE**
Questa formazione è rappresentata da torbiditi calcareo-marnose e torbiditi a composizione mista. Le torbiditi calcareo-marnose sono costituite da strati da medi a molto spessi di areniti, marne e peliti con sequenze di Bouma del tipo Ta-e e Tb-e. Le torbiditi a composizione mista sono costituite da strati medi e spessi di areniti e peliti. Sequenze di Bouma incomplete del tipo Tc-e o Td-e. Le areniti risultano avere una composizione extrabacinale mista. Presenti, inoltre, intercalazioni di brecce monogeniche "matrix supported" a matrice argillitica con clasti angolari e sub-angolari di calcari riferibili principalmente alla formazione delle Argille a Palombini e alla stessa Formazione di Canale (FCL_a); talvolta, come nel settore di Rio Terenzone, presenti subordinati clasti di basalti e oficalciti.
SANTONIANO SUP.-CAMPANIANO INF.

UNITÀ GOTTERO

APA **ARGILLE A PALOMBINI**
Alternanze regolari di calcilutiti talvolta con base arenitica in strati medi e di peliti scure in strati medi e spessi. Presenti verso la parte sommitale della formazione marne e marne calcaree in strati medi e spessi ed areniti fini in strati sottili.
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente bacinale.
BERRIASIANO-SANTONIANO p.p.

OLISTOLITI nelle successioni delle Unità Ottone e Vermallo

Σ Ultramafiti

contatto tettonico principale certo, incerto

direzione ed immersione degli strati
- 10 strati diritti
- 10 strati rovesciati
- 10 strati a polarità incerta
- strati verticali a polarità incerta
- strati orizzontali
- strati orizzontali rovesciati

contatto stratigrafico certo, incerto

Stralcio del F° 214.1 Bargagli (Progetto CARG – scala originale 1:25.000)

2.3. Assetto idraulico ed Idrogeologico

2.3.1. Acque superficiali

Così come già evidenziato in precedenza il corso d'acqua principale che drena il settore in studio è il Fiume Trebbia che scorre con un andamento sinuoso/irregolare, una pendenza media e presenza di isole occasionali e barre longitudinali.

Il bacino del Trebbia ha una superficie complessiva di circa 1.070 km^2 (1,5% della superficie complessiva del bacino del Po), di cui gran parte in ambito collinare-montano (86%). È situato in destra Po, tra i bacini del Tidone e dello Staffora a est, del Nure a ovest, dello Scrivia a sud-est, del Taro a sud-ovest e dello Sturla a sud. Il Fiume Trebbia ha origine alle pendici Sud-Est del Monte Prelà, a quota 1135 m s.l.m.. La lunghezza del tratto di corso d'acqua che ricade nel territorio regionale ligure corrisponde a circa 30 Km; il fiume entra nel territorio della provincia di Piacenza a quota 509 m s.l.m. dopo la località Gorreto.

La superficie del bacino idrografico nel territorio della regione Liguria è di 175 Km^2 è interessa un'area prevalentemente montuosa con crinali piuttosto elevati. Il Fiume Trebbia riceve numerosi affluenti fra cui il più importante è il torrente Aveto, lungo circa 30 km, con un elevato contributo idrico per l'alta piovosità sul suo bacino, di superficie circa pari a 257 km^2. Altri affluenti di una certa importanza sono i torrenti Bobbio, Perino e Dorba.

L'asta principale del Trebbia è suddivisibile in due tratti distinti per caratteristiche morfologiche, morfometriche e per comportamento idraulico: il tratto montano che si sviluppa dalla sorgente fino a Rivergaro, per una lunghezza di circa 95 km, e il tratto di pianura, con alveo tipo tipicamente pluricursale, fino alla confluenza in Po. Il Trebbia è caratterizzato da una notevole capacità di trasporto solido, negli ultimi anni ridotta per effetto della sistemazione degli affluenti. Il corso d'acqua nella parte alta ha un alveo incassato, con sponde rocciose ed elevata pendenza. Nel tratto intermedio l'alveo è costituito da materiali di scarsa consistenza e in quello finale scorre in un'ampia conoide che si estende fino allo sbocco nel Po.

Dal punto di vista amministrativo il bacino del Trebbia ricade quasi interamente in Emilia-Romagna (18 Comuni in Provincia di Piacenza) e Liguria (16 Comuni in Provincia di Genova) e, solo per un Comune, in Lombardia. Ai fini delle analisi conoscitive e della successiva delineazione degli interventi il bacino idrografico viene suddiviso nelle componenti: asta e sottobacino montano.

La zona interessata dal progetto, per la realizzazione della nuova traversa fluviale ed annessa centrale idroelettrica a salto concentrato, risulta la zona interessata dal ponte esistente che collega la strada per la località Fontana Rossa e la Strada Starale n.°45 nel Comune di Rovegno, in località Isola (GE).

Il progetto per la realizzazione della nuova traversa fluviale risulta motivato dal l'opportunità di salvaguardare e consolidare il sistema di fondazione del ponte che collega la S.S. 45 al centro abitato, in quanto risulta essere l'unica via di accesso all'abitato di Fontanarossa.

A tale proposito si rimanda al paragrafo 2.3 dell'elaborato di progetto *R.01- Relazione Tecnica* in cui viene accuratamente descritto l'assetto idraulico del corso d'acqua nel tratto in studio e l'assetto strutturale del ponte. In estrema sintesi viene evidenziato come, soprattutto a seguito degli eventi di piena ordinaria e straordinaria, l'alveo abbia subito delle profonde trasformazioni soprattutto per un'intensa attività erosiva che probabilmente ha anche "asportato" una struttura fluviale di regimazione che era ancorata alle sponde poco più a valle del punto ove verrà realizzata la nuova traversa fluviale. Evidente è l'attivazione di un canale di deflusso secondario in sponda sinistra a partire dal 2009.

2.3.1.1. Trasporto solido

A seguire verranno esposte alcune considerazioni sul trasporto solido potenziale del F.Trebbia ed eseguiti calcoli utili ad una sua quantificazione.

La portata che fluisce in un alveo può causare fenomeni di erosione e deposito del materiale costitutivo del fondo e delle sponde, mosso dalla corrente: i grani solidi possono essere messi in movimento e trasportati verso valle sotto l'azione delle spinte idrodinamiche. Il trasporto dei sedimenti di un corso d'acqua avviene principalmente secondo due modalità:

- in soluzione o in sospensione (wash load), con un trasporto praticamente continuo che si arresta solo al di sotto di una velocita della corrente molto bassa;
- per trascinamento o saltellamento (bed load movement), ha luogo solo al di sopra di una determinata velocità della corrente.

Come già evidenziato nel corso di precedenti studi a supporto del progetto il materiale trasportato dal T.Arroscia è costituito principalmente da ghiaie e ciottoli con ϕ max di 25 cm circa sia a monte che a valle della briglia. La composizione granulometrica di massima del materiale che costituisce il fondo dell'alveo è quindi costituito da ghiaie e ciottoli con sabbie, stimabili nelle quantità percentuali riportate a seguire.

MATERIALE	DIMENSIONI (mm)	QUANTITA' (%)
Limo e argilla	< 0.06	5
Sabbia	0,06 - 2	10
Ghiaia fine	2 - 4	15
Ghiaia media	4 - 64	45
Ghiaia grossa - ciottolo	64 - 256	25

Per quanto riguarda la sabbia ed i materiali più fini, materiale interessato dal wash load, la dimensione prevalente presente lungo l'alveo e stimata nell'ordine del mm.

Per determinare in che momento ha inizio il trasporto dei grani solidi sono stati sviluppati diversi metodi che hanno l'obiettivo di assegnare ad una variabile (tipicamente la velocità della corrente) un valore critico che descriva il momento in cui le particelle solide incoerenti che costituiscono il letto del corso d'acqua incominciano a muoversi: al di sopra di tale valore la corrente e in grado di trasportare materiali solidi. Un metodo molto noto e impiegato è quello che utilizza il grafico di Hjulstrom (1935) che fornisce, in funzione del diametro delle particelle, i valori della velocità media critica della corrente, per i quali si ha erosione, trasporto o sedimentazione. Il grafico, riportato a seguire, è in doppia scala logaritmica e presenta sull'asse delle ascisse il diametro delle particelle solide (in mm) e sull'asse delle ordinate il corrispondente valore di velocità critica per cui si hanno fenomeni di erosione, trasporto o sedimentazione.

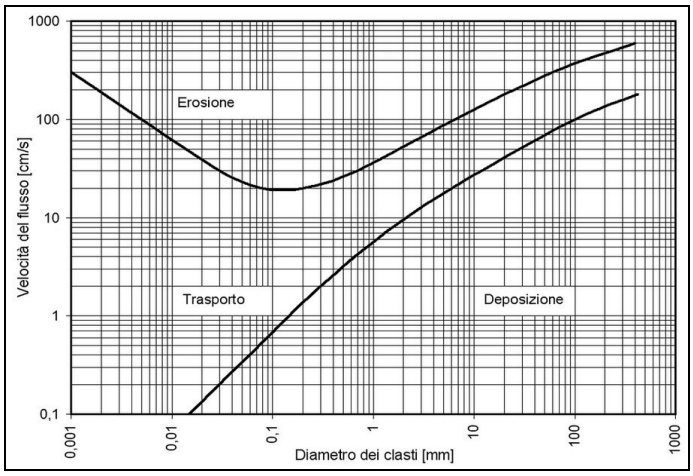


Diagramma di Hjulstrom

Essendo il materiale costituito per l'80% da ghiaie e subordinatamente sabbie (granulometria compresa tra 2 e 256 mm) in base alle velocità della corrente è possibile identificare l'entità del trasporto solido nel tratto di alveo in studio. Per valutazioni più approfondite riguardo tali aspetti si rimanda alla documentazione progettuale ed in particolare "*Relazione Tecnica Particolareggiata*" ed allo "*Studio di compatibilità Idraulica*".

Al fine di quantificare il trasporto solido lungo l'alveo, seppur in modo approssimato, è stato applicato il metodo speditivo di Di Silvio (1983) , basato essenzialmente su misure effettuate in bacini delle Alpi venete e lombarde, permette di valutare l'entità del trasporto solido lungo l'asta principale del bacino in funzione della portata liquida del corso d'acqua.

La relazione proposta da Di Silvio è la seguente:

$$Q_s \text{ (mc/anno)} = (0.027 / 1.8) \times [\, i^{2.1} / (b^{0.8} \times D_{50}^{1.2})] \times (Q_0^{0.8} \times V_0);$$

dove:

- V_0(mc) = volume idrico di deflusso = C_a x h x S_b x 1000;
- C_a = coefficiente di afflusso del bacino;
- h (mm) = precipitazioni ragguagliate collegate all'evento di piena;
- S_b (kmq) = area bacino;
- i (%) = pendenza asta principale;
- b (m) = larghezza media dell'alveo nel tratto preso in esame;
- D_{50} (m) = diametro mediano del materiale di fondo;
- Q_0 (mc/s) = portata di massima piena nel periodo di riferimento (un anno).

Per valutare il trasporto solido in condizioni ordinarie, nella formula deve essere inserito il valore della portata di massima piena con tempo di ritorno uguale a 1 anno e la relativa altezza di precipitazione.

Il metodo fornisce un'indicazione sul trasporto solido partendo dall'ipotesi che ci si trovi in condizioni morfodinamiche di equilibrio, cioè che la morfologia dell'alveo e la composizione del materiale di fondo rimanga invariata.

L'elaborazione è stata realizzata con un software di calcolo della ProgramGeo (PIENA) in licenza d'uso inserendo come caratteristiche granulometriche del materiale trasportato quelle indicate nella tabella soprariportata ed i seguenti dati (riferiti alla sezione di chiusura in corrispondenza della traversa fluviale in progetto):

- Area del Bacino: 128,00 km^2
- Larghezza dell'alveo: 70 m
- Altezza precipitazione efficace: 1435 mm (rif. Stazione Metereologica Rovegno)
- Inclinazione alveo: 0.9 %
- Peso Specifico materiale di fondo: 1,9 t/m^3
- Portata massima di piena (annuale): 23 m^3/s
- Coefficiente di afflusso al bacino: 0,4

Come valore di portata si è utilizzata la portata massima registrata per 10 giorni all'anno alla stazione di Valsigiara e ragguagliata per il sito in studio, pari a 23 m^3/s.

Così come riportato nel report del software riportato a seguire si ottiene una portata solida potenziale di 8710,5 t/anno.



Andrea Bredy - Geologo
Via A.Campana, 14-12016 Peveragno CN-andrea.bredy@gmail.com

Committente:

Località: Descrizione:

Note: Sigla:

Stima della portata solida con il metodo di Di Silvio

Diametro (mm)	Passante %
0.06	5
2	10
4	15
64	45
256	25
258	0
300	0

Area bacino (kmq):	128.0	Larghezza dell'alveo (m):	70.0
Inclinazione alveo (%):	0.9	Gamma materiale di fondo(t/mc):	1.9
Coefficiente di afflusso:	0.4	Portata di massima piena (mc/s)	23.0
Altezza precipitazione efficace(mm):	1435.0		

Portata solida (t/anno): 8710.5273

Report tima Trasporto Solido con il metodo Di Silvio

Come si evince da quanto riportato nel paragrafo precedente la realizzazione delle opere in progetto condizionerà l'assetto idraulico del corso d'acqua con un potenziale aumento del deposito a monte della traversa. La presenza di una paratia mobile permetterà lo svuotamento del materiale che si accumula a monte, con conseguente rotolamento a valle al piede della traversa. Con questa soluzione non occorrerà asportare materiale dal letto del fiume, con mezzi meccanici, ma il suo ricollocamento a valle dello sbarramento verrà effettuato attraverso il defluire della massa liquida. L'invaso che si andrà a creare a monte della traversa condizionerà comunque il deposito dei materiali trasportati dal corso d'acqua ed in particolare di quelli fini nelle zone dove la velocità della corrente è più bassa. Ovviamente andrà previsto un piano di svuotamento periodico e costante del materiale che si accumula nell'invaso oltre la quota di sfioro della traversa a 539,9 m s.l.m..

2.3.2. Acque sotterranee

Dal punto di vista idrogeologico si possono distinguere due gruppi di unità idrogeologiche che caratterizzano il territorio in studio:

- Le rocce calcareo-arenacee caratterizzate da una permeabilità secondaria per fessurazione scarsa o nulla.
- La presenza di litologie molto fratturate di natura arenaceo-siltosa con numerosi interstrati di natura argillosa dove, se da una parte la fratturazione diffusa favorisce il drenaggio, dall'altra la presenza di componenti argillitiche diffuse e spesso soggette ad alterazione può limitare il drenaggio per riempimento delle cavità. Si possono definire come semipermeabili.
- I depositi quaternari caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità variabile e dipendente dalle caratteristiche granulometriche del deposito. In questa categoria rientrano sia i depositi alluvionali di varie età che le potenti coltri di copertura di origine eluvio-colluviale che costituiscono i principali accumuli di frana.

Così come riportato nella relazione del PUC-CO "*le litologie caratterizzate da elevata permeabilità per fratturazione sono sede di circuiti idrici fortemente condizionati dall'andamento (orientazione e densità) e dalla persistenza delle discontinuità presenti. In rapporto al tipo di circolazione il meccanismo e la dinamica d'infiltrazione influenzano la genesi di movimenti franosi. In particolare, mentre in condizioni di precipitazioni di normale entità si determina un'elevata infiltrazione d'acqua, in condizioni di piogge intense e concentrate la capacità d'infiltrazione si riduce notevolmente e, lungo le discontinuità, si generano incrementi di pressione interstiziale che possono essere causa scatenante di movimenti franosi.*
Nei litotipi impermeabili la circolazione idrica lungo le discontinuità è fortemente influenzata da fenomeni d'alterazione che interessano i materiali argillosi; i prodotti d'alterazione, infatti, tendono ad intasare le discontinuità presenti rallentando e limitando i processi di circolazione idrica. In tali litologie quindi, l'infiltrazione va ad alimentare una circolazione idrica prevalentemente superficiale caratterizzata da una rete di flusso discontinua. In particolare nelle argilliti e nell'ambito delle coperture detritiche eluvio-colluviali a prevalente matrice fine argillosa sono possibili circolazioni idriche di ridotta entità riconducibili ad uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati, discontinui e spesso isolati. In prossimità del substrato roccioso fenomeni di impregnazione idrica del terreno di copertura possono essere connessi con sorgenti poste nel substrato stesso mentre, in corrispondenza del piano campagna, la circolazione idrica è in stretta connessione con gli apporti meteorici. Al verificarsi di eventi intensi e concentrati gli strati più superficiali dei terreni di copertura vengono, generalmente, a trovarsi in condizioni di elevata saturazione: tale condizione, oltre a ridurre l'infiltrazione verso orizzonti più profondi, è la principale causa innescante di fenomeni franosi superficiali".

La descrizione sopra riportata ben si adatta al versante destro della zona in studio dove gli interventi di messa in sicurezza della S.S. 45, descritti nel dettaglio a seguire, sono principalmente riconducibili a lavori di regimazione e drenaggio profondo delle acque, molto abbondanti nel settore di monte dove infatti vi sono importanti emergenze sorgentizie.

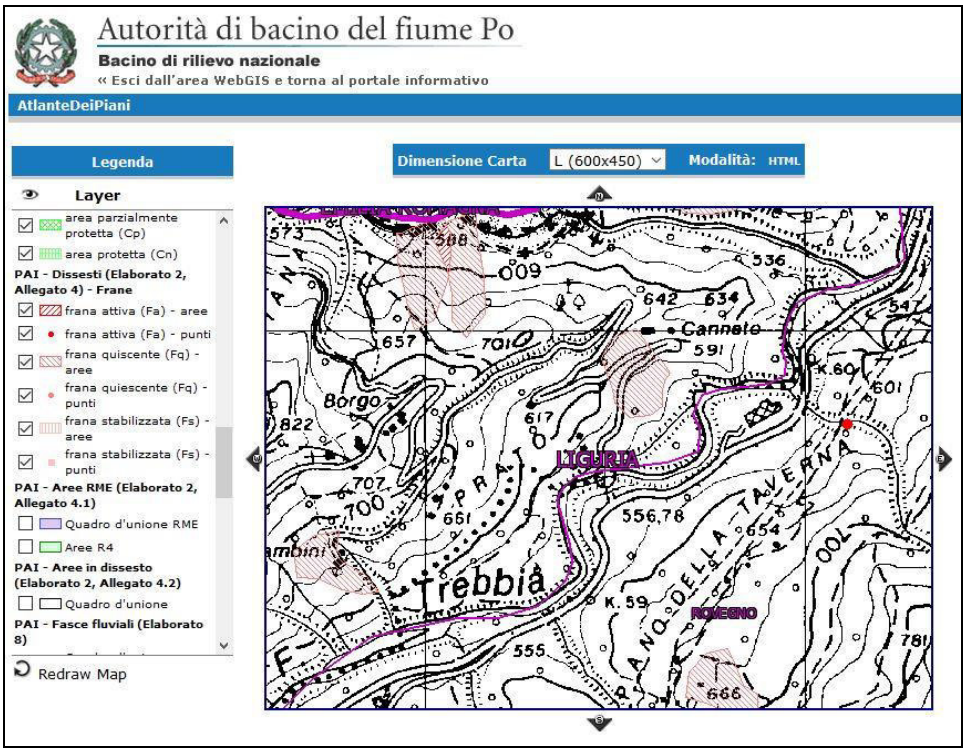
In particolare a circa 740 m s.l.m. è presente una importante emergenza sorgentizia, nota come "Sorgente del Galletto" captata dalla Società "Valtrebbia Acque Minerali s.r.l.".

2.4. Quadro del dissesto locale

A seguito dei sopraluoghi svolti e dell'analisi storica e bibliografica è possibile descrivere nel dettaglio il quadro del dissesto locale in corrispondenza dell'area in studio. In particolare sono stati consultati sia i documenti di pianificazione locale (PUC-CO dei Comuni di Rovegno e Gorretto) pubblicati nel 2015 che le cartografie del PVB (Variante PTC dei Bacini Padani – Accordo tra AdbPO, Reg.Liguria, Prov. Genova) del Fiume Trebbia per il territorio della Provincia di Genova e del PAI.

2.4.1. P.A.I. e P.V.B.

La cartografia del P.A.I. segnala esclusivamente i dissesti di versante e, come si può osservare nello stralcio cartografico riportato a seguire tratto dal S.I.T. consultabile sul sito www.adbpo.gov.it, non sono segnalati dissesti nei pressi del ponte per Fontanarossa.



Dissesti P.A.I. (tratto dal S.I.T. consultabile sul sito www.adbpo.gov.it)

Differente è il quadro del dissesto riportato sulla tavola T2 – Carta dei dissesti (15/22) della Variante Bacini Padani - PVB (Accordo di Pianificazione ai sensi dell'art. 57 della L.R. 36/1997 tra Autorità di bacino del fiume Po, Regione Liguria e Provincia di Genova) dove son riportati sia i dissesti che interessano il versante e che quello sinistro in corrispondenza dell'area d'intervento che quelli legati alle dinamiche idrauliche del Fiume trebbia.

In sintesi sul versante destro son segnalate frane attive che interessano le potenti coltri di copertura che ricoprono il substrato ed in conseguenza dei quali son stati realizzati lavori di messa in sicurezza della S.S. 45. Sul versante opposto son segnalati frane quiescenti.

Per quanto riguarda i dissesti di carattere idraulico legati al Trebbia essendo il corso d'acqua incassato tra ripide sponde le varie aree di pericolosità (Ee, Eb, Em) son contenute nell'alveo attivo e nelle fasce limitrofe ove affiorano i depositi alluvionali recenti ed antichi.

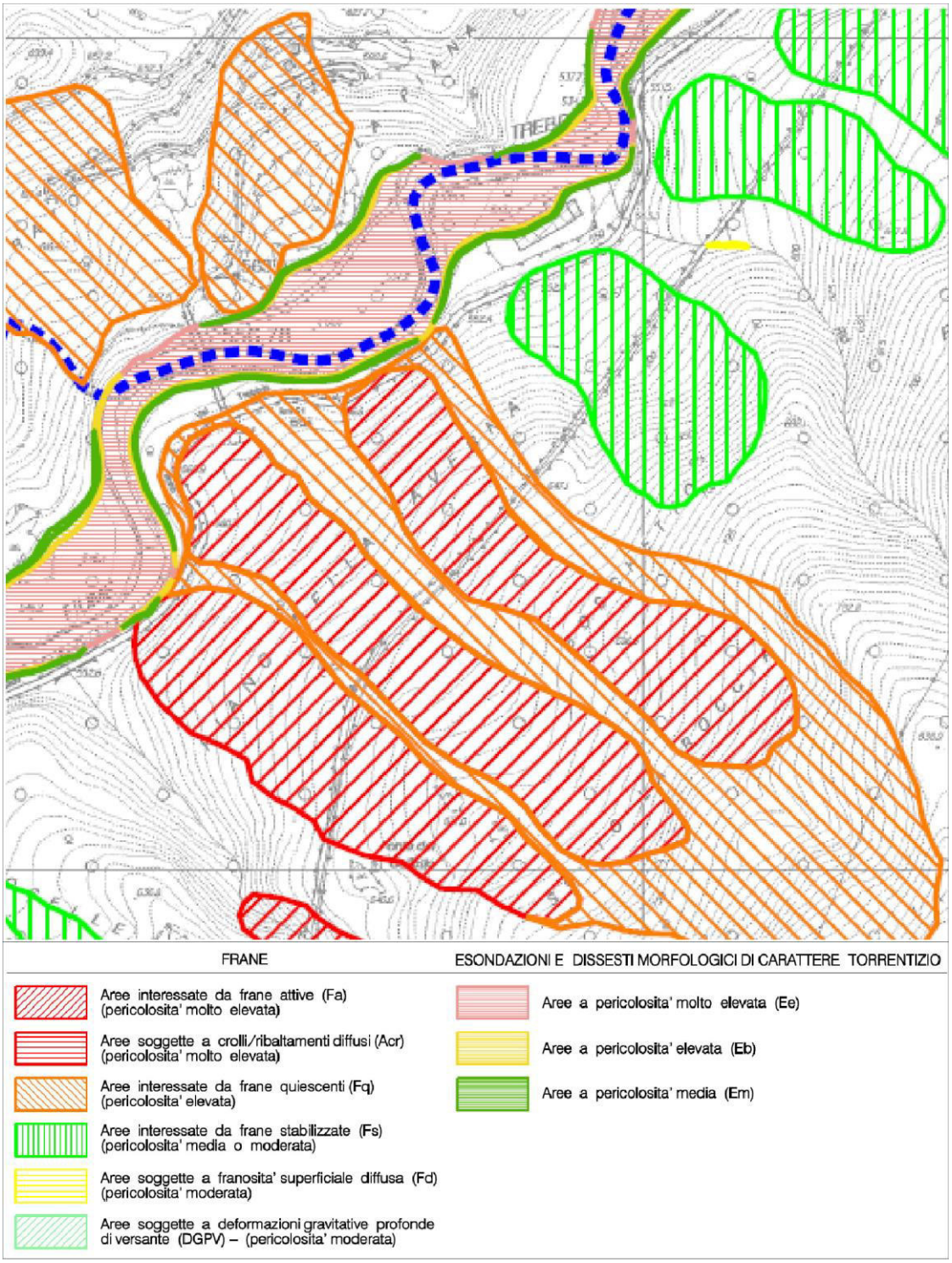


Tavola T2 – Carta dei dissesti (15/22) della Variante Bacini Padani – PVB

2.4.2. P.U.C. – Co dei Comuni di Rovegno e Gorreto

Gli elaborati geologici allegati al P.U.C.-Co redatti dai geologi della Città Metropolitana di Genova precedentemente citati descrivono con un buon dettaglio l'assetto dell'area in studio ed ovviamnete recepiscono i dati del PVB del Fiume Trebbia approfondendoli essendo realizzati ad una scala di maggior dettaglio.

Comune di Rovegno:

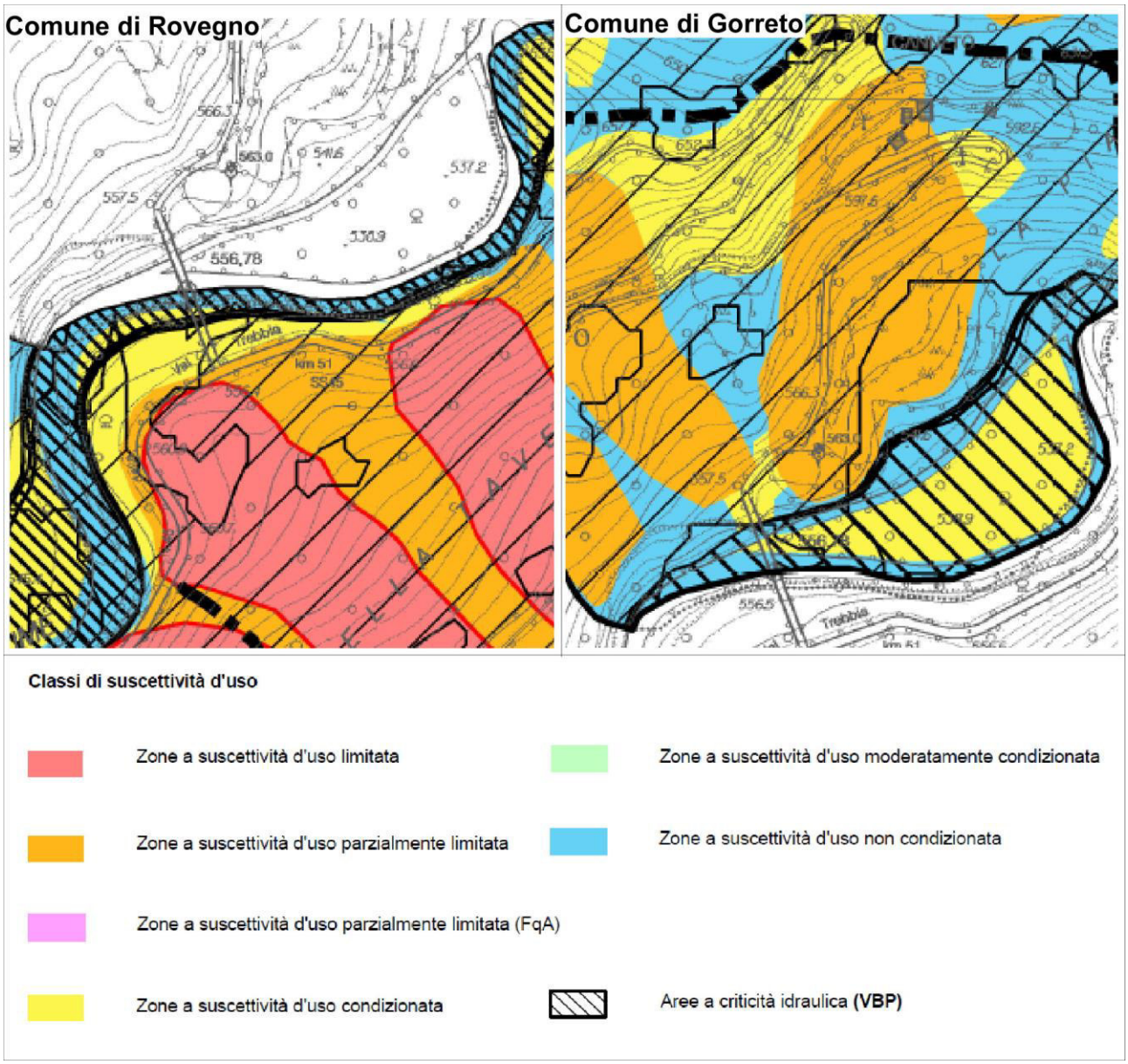
- La *"Carta Geolitologica"* segnala la presenza di depositi alluvionali di varia età lungo l'alveo del Fiume Trebbia, di potenti coltri di copertura a monte della S.S. 45, di frane inattive e di

grossi riporti di terreno nel punto di realizzazione degli interventi di messa in sicurezza della strada ricoprenti un substrato riferibile alla Formazione di Canale.

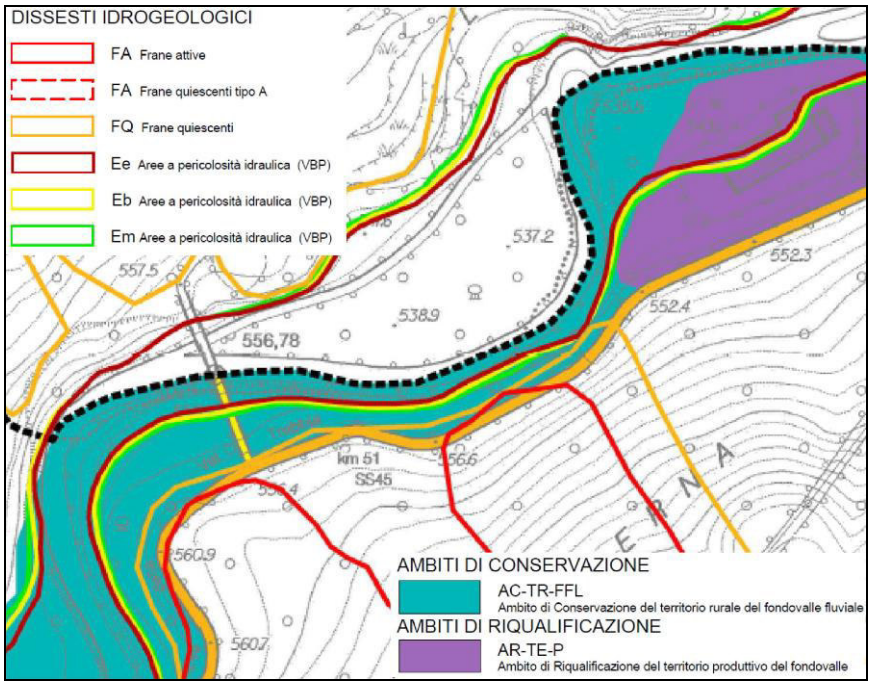
- La "*Carta Geomorfologica*" riporta le perimetrazioni dei dissesti di versante a monte del ponte per Fontanarossa riconducibili essenzialmente a tre "lingue" di territorio in frana attiva (Fa) incluse all'interno di un settore in frana quiescente (Fq). Son poi evidenziati i punti di maggior erosione spondale e la presenza di riporti di terreno significativi.
- La "*Carta Geoidrologica*" descrive le coltri detritiche ed i depositi alluvionali come caratterizzati da permeabilità per porosità, il substrato da semipermeabilità e segnala la presenza di una sorgente a circa 740 m s.l.m.. Tale sorgente ha un vincolo di rispetto in base al D.Lgs 152/2006 con raggio di 200 m rispetto al punto di scaturiggine.
- La "*Carta di suscettività d'uso del territorio*" inserisce il sito d'intervento lungo l'alveo del F.Trebbia tra le *Aree a criticità idraulica (VBP)* ed i settori soprastanti tra le *Zone a Suscettività d'uso condizionata – Classe 3: aree nelle quali sono state riscontrate rilevanti problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche o litotecniche che ne condizionano l'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate. Aree prive al momento di movimenti gravitativi in atto ma in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici e di uso del suolo. Sono comprese in questa zona le frane stabilizzate (Fs), le zone interessate da deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV), le zone a franosità diffusa (Fd) con acclività >del 20%, le alluvioni antiche e recenti, le selle, i crinali e le aree con acclività >20%.*

Comune di Gorreto:

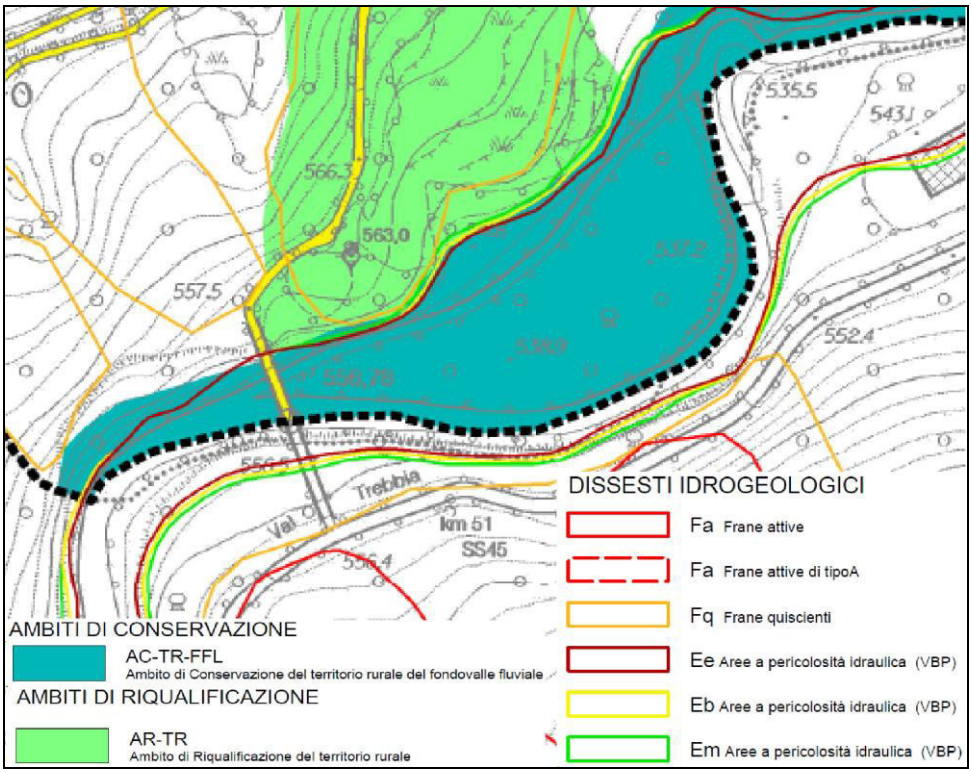
- La "*Carta Geolitologica*" segnala la presenza di depositi alluvionali di varia età lungo l'alveo del Fiume Trebbia e di un substrato riferibile alla Formazione di Canale in affioramento a partire dal fondovalle. A circa 650 m s.l.m. si incontra il contatto tettonico con le Argilliti di Montoggio parzialmente obliterato dalla presenza di frane inattive la cui perimetrazione è desunta dal progetto CARG.
- La "*Carta Geomorfologica*" descrive una situazione piuttosto complessa. Sui versanti è presente un substrato caratterizzato da buone o scadenti condizioni di conservazione ed in ampi tratti son segnalati fenomeni franosi quiescenti che interessano i depositi di copertura e/o le porzioni più superficiali del substrato.
- La "*Carta Geoidrologica*" descrive le coltri detritiche ed i depositi alluvionali come caratterizzati da permeabilità per porosità, il substrato da semipermeabilità.
- La "*Carta di suscettività d'uso del territorio*" inserisce il sito d'intervento lungo l'alveo del F.Trebbia tra le *Aree a criticità idraulica (VBP),* ed i settori soprastanti o in zone in Classe 1 (*Suscettività d'uso non condizionata*) o tra le *Zone a Suscettività d'uso parzialmente limitata – Classe 4: aree nelle quali l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso; aree in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di frane quiescenti (Fq).*



Stralcio delle "Carta di suscettività d'uso del territorio" dei Comuni di Rovegno e Georreto



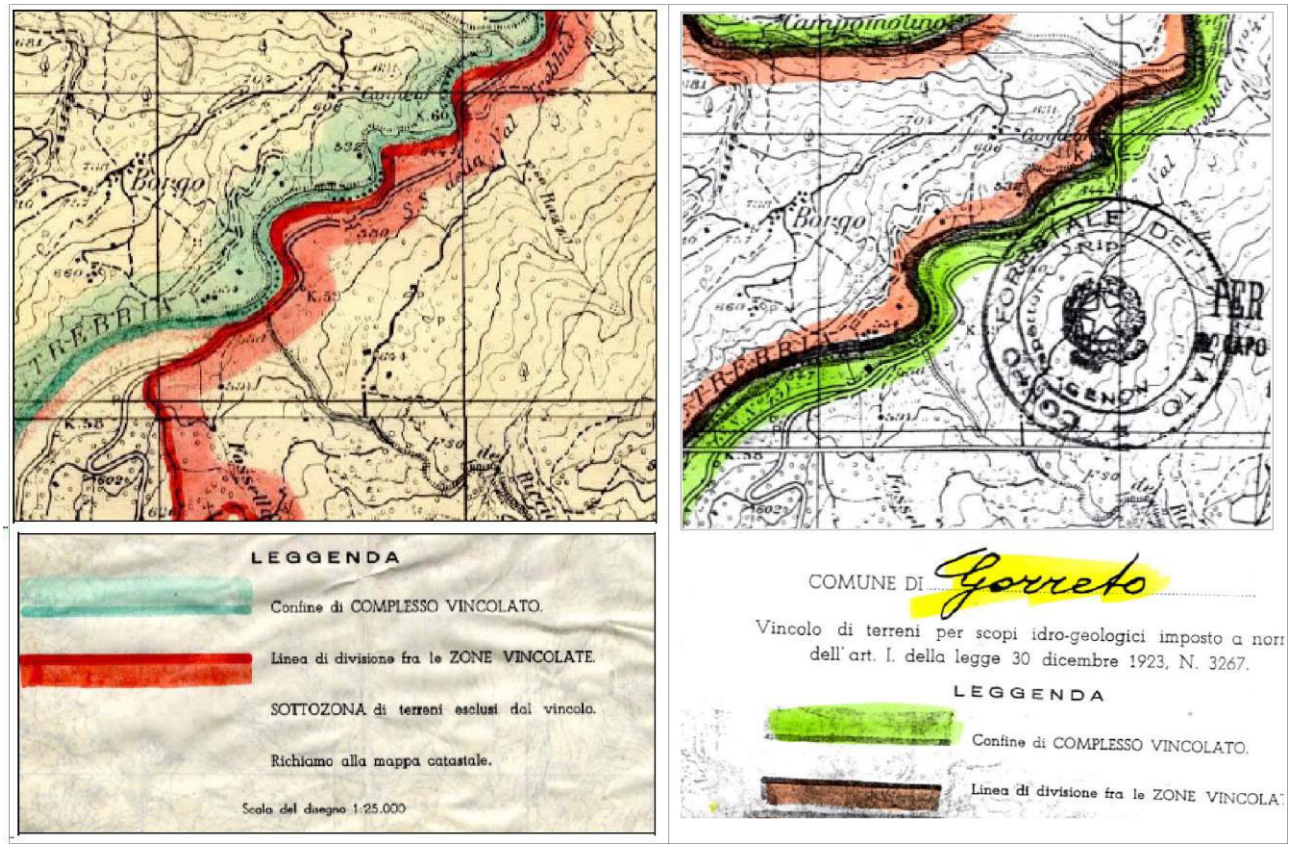
Stralcio Tav 7.1 PUC-CO Rovegno – Sovrapposizione ambiti / Dissesti idrogeologici



Stralcio Tav 7.2 PUC-CO Gorreto – Sovrapposizione ambiti / Dissesti idrogeologici

2.4.3. Vincolo per scopi idrogeologici

Ai sensi del Regio Decreto 1923 e successiva Legge Regionale di recepimento n°4/1999 l'area ricade in un ambito sottoposto a vincolo idrogeologico. Viene pertanto analizzata l'eventuale influenza degli interventi sui seguenti fattori: stabilità dei versanti, regimazione delle acque e copertura vegetale.



Cartografie vincolo Idrogeologico dei Comuni di Rovegno e Gorreto

2.5. Analisi dei fenomeni franosi

E' stato descritto in precedenza il quadro del dissesto lungo i versanti in corrispondenza dell'area in studio che possono in sintesi essere così riassunti:

- Versante in sponda sinistra del F.Trebbia: a monte del ponte per Fontanarossa son segnalati dissesti quiescenti che interessano i terreni di copertura e/o il substrato alterato in conseguenza all'elevata pendenza del versante. Il substrato di trova generalmente in una situazione di giacitura a reggipoggio rispetto al versante. Queste frane non interferiscono con le opere in progetto.

  Son poi presente una serie di frane lungo le sponde del fiume nei tratti soggetti ad intensa attività erosiva da parte del corso d'acqua. Tali fenomeni e gli eventuali interventi di messa in sicurezza verranno descritti nel dettaglio nei paragrafi successivi.
- Versante in sponda destra del F.Trebbia: in questo tratto a monte del ponte son presenti fenomeni franosi attivi e quiescenti soprattutto in conseguenza alla presenza di potenti coltri detritiche ricoprenti il substrato roccioso e di un assetto idrogeologico locale particolare. A monte del ponte la S.S. 45 ha subito negli anni continui danneggiamenti a testimonianza del lento movimento verso valle di questi terreni superficiali. Pertanto negli anni son stati realizzati interventi di consolidamento delle opere di fondazione del ponte per Fontanarossa e per la messa in sicurezza della S.S. 45. A supporto di tali interventi son stati realizzati studi geologici e geotecnici approfonditi attraverso anche l'esecuzione di indagini geognostiche di dettaglio. A seguire si riporta pertanto una breve sintesi delle opere realizzate e dei risultati delle indagini svolte.

2.6. Studi geologici pregressi

2.6.1. Consolidamento del Ponte per Fontanarossa

Nel 1997 lo Studio di Progettazione Associato CRS di Genova ha realizzato il Progetto Esecutivo per gli "*Interventi urgenti necessari al ripristino delle originarie caratteristiche statiche dello schema strutturale del ponte sul Fiume Trebbia che collega la S.S. 45 con la Strada Comunale di Fontanarossa*". A supporto di tale progetto son stati realizzati studi ed indagini geologico-tecniche approfondite ed in particolare:

- 4 sondaggi geognostici con fori attrezzati a T.I.V.
- Monitoraggio inclinometrico
- Prelievo campioni per successive indagini
- Pozzetti geognostici
- Rilievi di terreno e aereofotogrammetrici

I risultati e l'ubicazione delle indagini più significative sono riportate in allegato.

A seguito delle indagini venne evidenziato come "*..il ponte [..] è ubicato al piede di una imponente accumulo di origine franosa allo stato attivo. La direzione di scivolamento dell'unghia di accumulo (che si spinge fino all'alveo del T.Trebbia), è verso N-NW, con uno scostamento rispetto all'asse del ponte in oggetto, di circa 14°. Oltre alla spinta della massa franosa in lento scivolamento verso valle, la sponda destra dell'asta fluviale è interessata da una intensa azione erosiva da parte del T.Trebbia il quale, durante le piene, provoca asportazione del materiale detritico/alluvionale che costituisce il piede della massa franosa. Tale aziona erosiva coinvolge anche i depositi alluvio/colluviali sui quali poggia l'attacco dell'arcata del ponte. [..] Le indagini geognostiche svolte sul terreno, in particolare le letture dei T.I.V.*

installati nei fori di sondaggio, indicano che i movimenti della frana non sono costanti e continui nel tempo, ma si verificano in corrispondenza delle più intense precipitazioni".

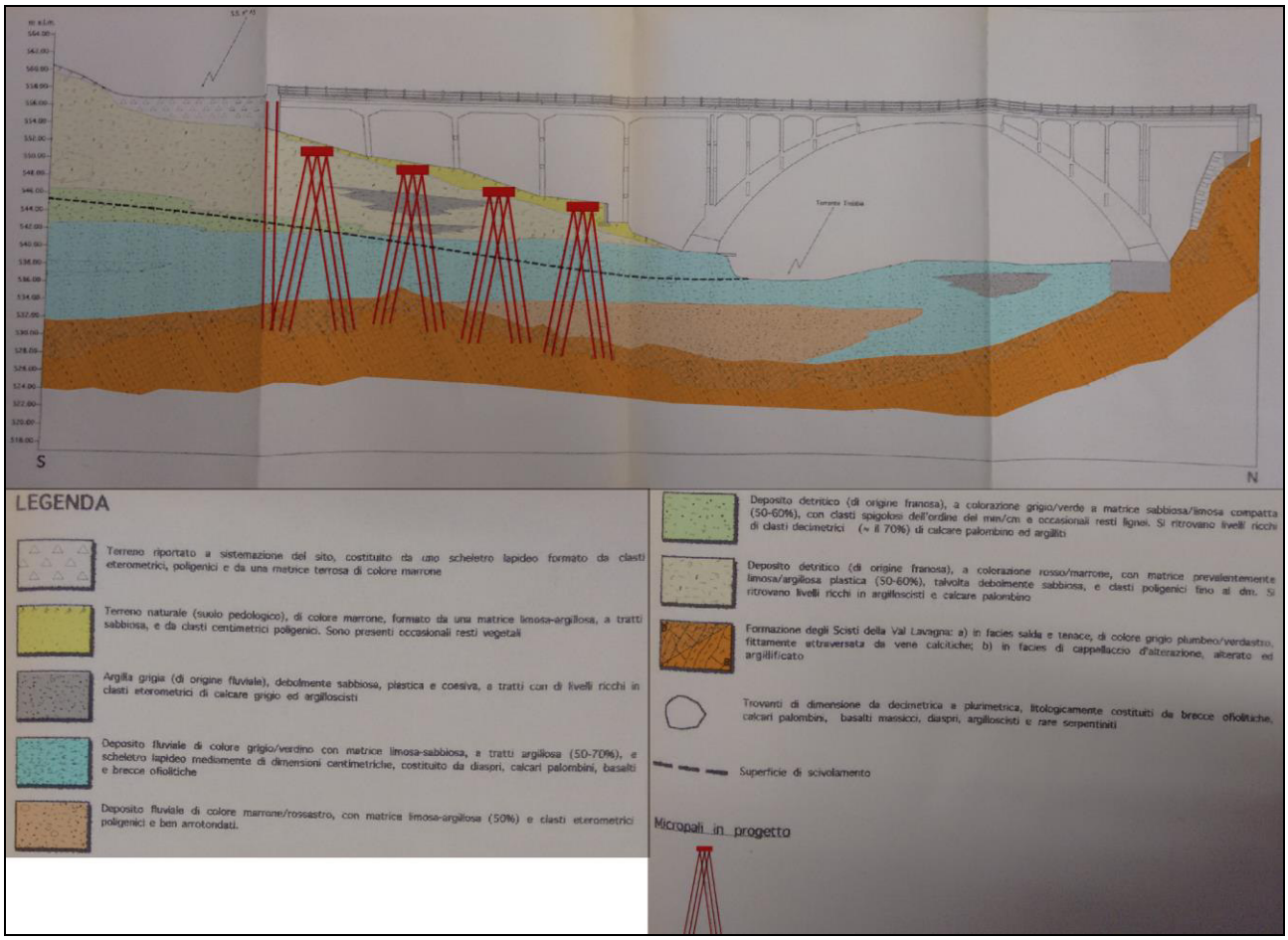
E' stato verificato che la frana ha causato lo spostamento differenziato di tre plinti fondati su micropali in c.a. di circa 15÷45 cm, mentre l'ammasso nello stesso periodo si è spostato di 4÷5 m a "*..conferma dell'importante azione di resistenza allo scivolamento della frana da parte del ponte che funge da 'sperone' nei confronti della massa franosa".*

Al fine di migliorare la stabilità del sistema paleofrana/ponte lo studio geologico indicava i seguenti interventi:

1. Bonifica idrogeologica della frana attraverso regimazione superficiale e profonda delle acque a monte della S.S. 45.
2. Opere di contenimento rigide alla spalle e al di sotto del ponte adeguatamente immorsate nel substrato individuato a circa – 18 m dal p.c..
3. Protezione spondale in sponda destra del Trebbia a monte ed a valle per almeno 20 m oltre l'imposta dell'arco del ponte.

Purtroppo il progetto accolse esclusivamente la realizzazione delle opere previste al punto 2 attraverso la realizzazione di consolidamento delle strutture del ponte ovvero quelle di consolidamento delle strutture del ponte, realizzazione palificata a sostegno del terreno e risanamento del calcestruzzo.

Rimandando alla documentazione progettuale per ogni dettaglio si riporta a seguire uno stralcio della Sezione Geologica di progetto ove è illustrato l'assetto geologico, idrogeologico e gli interventi in progetto.



Sezione Geologica di Progetto (Tratta da progetto sistemazione ponte – modificata)

2.6.2. Opere di protezione della S.S. 45

Nel marzo 2004 è stato redatto un progetto da parte dell'ANAS per la realizzazione dei "*Lavori urgenti per ovviare agli inconvenienti e pericoli della circolazione stradale nel tratto dal km 50+650 al km 51+300 soggetto a frana*" sulla S.S. 45. Anche a supporto di tale intervento, che inizialmente prevedeva la realizzazione di una galleria nel corpo di frana, è stato redatto un approfondito studio geologico.

A supporto di tale progetto son stati realizzate indagini geologico-tecniche, realizzate principalmente ne 1996, ed in particolare:

- 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui uno attrezzato a piezometro e 2 con tubazioni inclinometriche.
- 2 sondaggi a distruzione attrezzati con piezometro "casagrande".
- 2 stendimenti di sismica a rifrazione.
- Prove geotecniche di laboratorio su n° 13 campioni.
- Misure inclinometriche.

Interessanti sono i risultati delle indagini piezometriche che nonostante i numerosi punti di misura non hanno permesso l'identificazione di una vera e propria superficie freatica continua soprattutto in conseguenza del diverso grado di permeabilità locale; si tratta verosimilmente di un insieme di falde sospese che determinano un fronte di saturazione nei periodi di precipitazione più intensi. Indicativamente si è riusciti ad individuare una falda posta a -3÷5 m al di sotto del piano strada della S.S. 45 e a - 2÷3 m dal p.c. alla spalla del ponte per Fontanarossa.

Estendendo l'interpretazione alla parte del versante si osserva che in corrispondenza della Fonte del Galletto si determina un'intersezione fra la superficie freatica e quella topografica. E' quindi possibile ipotizzare che verso valle tale superficie si deprima per riaffiorare in corrispondenza del fondovalle.

Nelle conclusioni dello studio geologico si legge che "*..i dati ottenuti condizionano in modo rilevante la fattibilità di una variante in sotterraneo [..]. Si ritiene pertanto che si debba finalizzare l'intervento progettuale ad una messa in sicurezza del comparto che consenta, pur mantenendo il tracciato esistente, di apportare sensibili rettifiche alle curve più impegnative.*

Il progetto sarà auspicabilmente incentrato a ridurre e controllare le pressioni interstiziali, nell'ambito dell'accumulo di frana [..]. Tale aspetto risulta determinante poiché, durante le osservazioni inclinometriche, si è rilevata una immediata risposta nei movimenti profondi, in concomitanza di precipitazioni sufficientemente prolungate. Il fenomeno trova conferma nell'insufficienza complessiva del sistema drenante naturale (bassa permeabilità) in un contesto caratterizzato da scadenti qualità geotecniche con superfici lungo le quali viene mobilitata la sola resistenza residua".

A seguito di tali studi i lavori realizzati consistettero in:

- Realizzazione di pozzi drenanti collegati tra di loro al fine di ottenere un diffuso drenaggio delle acque interstiziali.
- Sistemazione idraulica superficiale mediante opere di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.
- Riprofilatura del versante.
- Sistemazione della sede stradale, realizzazione di opere di sostegno di controripa ancorate su micropali, di un'opera a monte della sede stradale e di cordoli con fondazioni di tipo indirette.

In pratica viene realizzato quanto previsto al punto 1 della relazione geologica redatta a corredo del progetto di consolidamento del ponte per Fontanarossa: *Bonifica idrogeologica della frana attraverso regimazione superficiale e profonda delle acque a monte della S.S. 45.* La realizzazione del punto 3 "*Protezione spondale in sponda destra del Trebbia a monte ed a valle per almeno 20 m oltre l'imposta*

dell'arco del ponte" garantirebbe il completamento delle opere indicate come necessarie nello studio geologico realizzato a supporto del progetto di messa in sicurezza del ponte per Fontanarossa.

2.7. Assetto geologico-stratigrafico locale

Al fine di definire l'assetto geologico-stratigrafico di dettaglio in corrispondenza dell'area d'intervento sono stati realizzati rilievi di terreno di dettaglio, analizzate le stratigrafie dei sondaggi realizzati nelle immediate vicinanze del sito ed i risultati di indagini sismiche a rifrazione.

2.7.1. Rilevamento geologico di dettaglio

I risultati del rilevamento di dettaglio sono illustrati nella "Carta Geologica e Geomorfologica" alla scala 1:2.500 allegata dove si può osservare che:

- Il substrato nei pressi del punto ove verrà realizzata la traversa fluviale è costituito dalle torbiditi della Formazione di Canale che si presentano in affioramento lungo le sponde del Trebbia, generalmente nei punti ove l'erosione è maggiore. La giacitura è verso W-W/NW con un angolo di immersione variabile tra i 26° ed i 60°. Si tratta appunto di torbiditi calcareo-marnose in strati da medi a spessi di areniti, marne e peliti. In alcuni punti si rilevano affioramenti arenaceo-pelitiche in strati più o meno spessi ed in diverso stato di conservazione/fratturazione.
- In sponda sinistra nel punto ove verrà ancorata la traversa fluviale il substrato affiora diffusamente e lungo l'alveo attivo è costituito da alternanze di livelli arenacei e pelitici più o meno spessi immergenti verso Ovest con un'inclinazione di 50°. A monte di questo affioramento son presenti livelli potenti più di un metro molto alterati e fratturati, cataclasati, in cattivo stato di conservazione e poco consistenti.



Substrato torbiditico in corrispondenza del punto di immorsamento della traversa in sponda sinistra: molto fratturato nella parte alta a +3/4 m dall'alveo attivo



Substrato torbiditico in corrispondenza del punto di immorsamento della traversa in sponda sinistra: compatto lungo l'alveo attivo

- Tra il ponte e la nuova traversa in sponda sinistra affiora il substrato roccioso anche se la ripida scarpata dovuta all'attività erosiva del corso d'acqua crea il distacco di piccole elementi lapidei e dei terreni di copertura. Si tratta di fenomeni puntuali di dimensioni ridotte. Tale affioramento è anche inciso profondamente da un piccolo rio di scolo proveniente da monte.



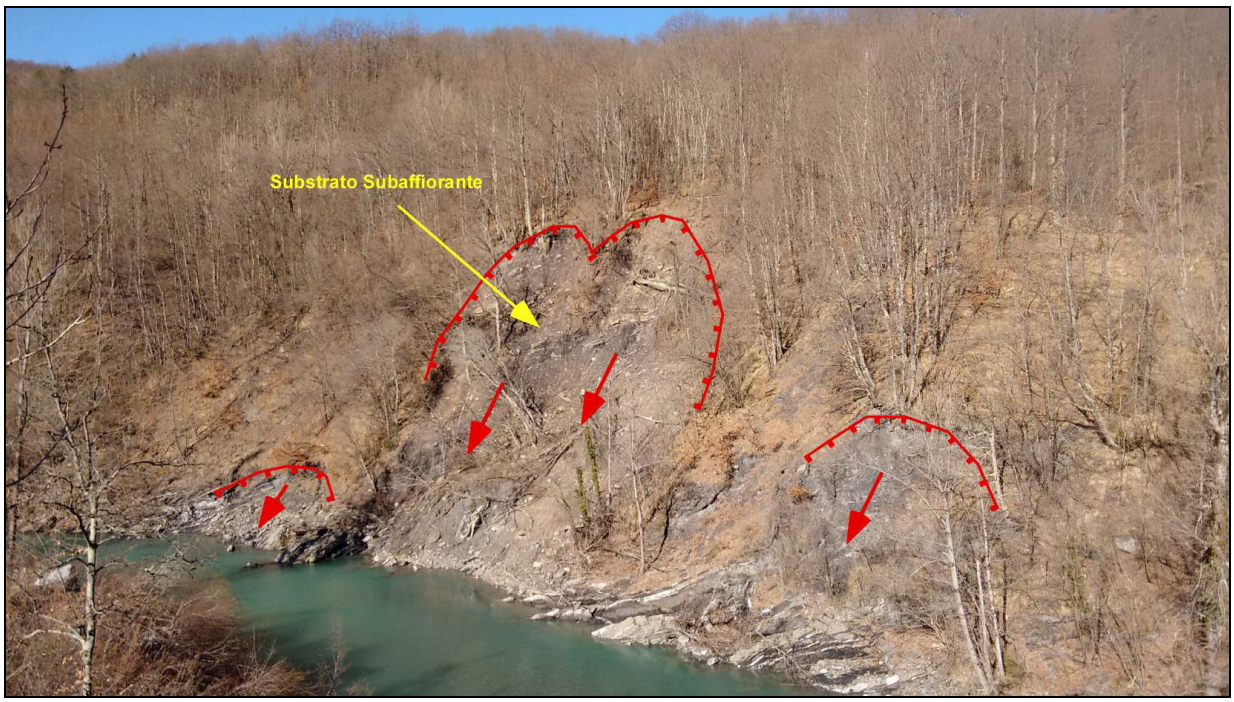
Incisione torrentizia del substrato immediatamente a valle del ponte (sponda sx)

- A monte del ponte per Fontanarossa in sponda sinistra alla base del versante affiora il substrato compatto di colore grigio scuro e con presenza di vene di carbonato di calcio, messo in luce anche dall'intensa erosione a cui è sottoposta la sponda in questo tratto. Questo fenomeno, associato alle acque di ruscellamento superficiale che scendono lungo il versante, ha fatto sì che l'acclività del versante sovrastante l'alveo sia elevata con conseguente instabilità dei terreni di copertura. Son infatti evidenti dei fenomeni gravitativi superficiali con erosione regressiva del ciglio di frana con conseguente accumulo di piccoli blocchi rocciosi franati in alveo. Lungo la superficie di scivolamento si osserva anche il substrato compatto,

che in questo tratto ha una giacitura favorevole a traverpoggio rispetto alla massima pendenza, e pertanto i depositi copertura potenzialmente instabili sono ormai in esaurimento.

La realizzazione delle opere in progetto non influenzerà negativamente la pericolosità di questo tratto di versante visto che la creazione del bacino ridurrà la velocità della corrente e di conseguenza l'erosione sulla sponda in regime ordinario, meno durante gli eventi di piena.

In ogni caso si potrebbero realizzare interventi di stabilizzazione attraverso tecniche di ingegneria naturalistica, allo "scotico" dei terreni dei copertura potenzialmente instabili e/o protezione delle sponde.



Dissesti in sponda sinistra a monte del ponte di Fontanarossa

- La traversa fluviale verrà realizzata a circa 70 m a valle del ponte in un tratto dove è presente un'isola fluviale costituita da grossi ciottoli e parzialmente vegetata. Il canale di deflusso principale è in sponda destra ma durante i periodi con portate maggiori si attiva un canale di deflusso in quella opposta. In sponda destra non affiora il substrato che in base alle indagini geognostiche realizzate dovrebbe trovarsi a qualche metro di profondità dall'alveo attivo. Qui verranno realizzate l'opera di presa, la centrale elettrica, la scala di risalita della fauna ittica e la traversa.

  I lavori di scavo per la messa in opera di tali opere interesseranno pertanto i depositi alluvionali più o meno recenti costituiti da ghiaie con ciottoli in matrice limoso-sabbiosa con possibilità di raggiungere il substrato roccioso più o meno alterato. La traversa andrà ancorata al substrato compatto e pertanto si renderà necessario un approfondimento d'indagini atte a definire l'assetto stratigrafico locale di dettaglio.

  Sempre in questo settore è presente un'incisione torrentizia a carattere non perenne che scarica nell'alveo del Trebbia le acque di scolo della S.S. 45.
- A partire dal bivio per Fontanarossa e la S.S. 45 è presente la traccia di un sentiero che conduce alla zona ove verranno realizzate le opere in progetto in sponda destra, che verrà adeguata per realizzare la pista di accesso alla zona centrale. Si tratta di un settore a modesta acclività, boscato con vegetazione a basso e medio fusto in cui son presenti depositi eluvio-colluviali ed alluvionali.

2.7.2. Indagini geognostiche pregresse

A supporto degli studi geologici realizzati a supporto del progetto di consolidamento del ponte per Fontanarossa e di sistemazione dei fenomeni franosi sul versante destro, precedentemente illustrati, son state realizzate numerose indagini geognostiche. Oltre alla sezione geologica del ponte già descritta particolarmente significativa è la stratigrafia del Sondaggio S2 realizzato tra la S.S. 45 e l'alveo del F.Trebbia (cfr. planimetria Ubicazione Indagini).

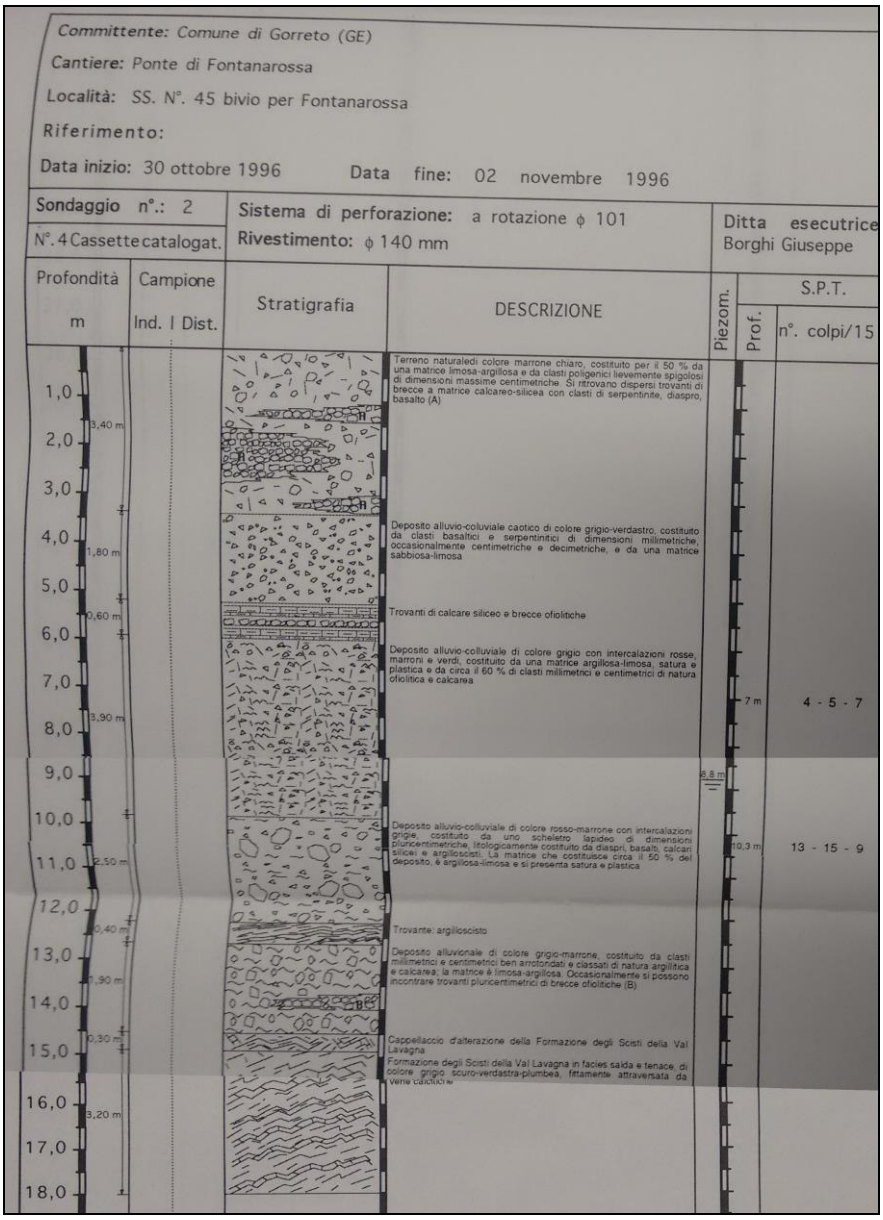
L'analisi della stratigrafia evidenzia che:

- Da 0 a -3,4 m dal p.c. terreni di copertura limoso argillosi con clasti poligenici;
- Da 3,4 a -5,8 depositi eluvio-colluviali più grossolani con alla base trovanti di calcari ed ofioliti;
- Da -5,8 a -12,2 depositi eluvio-colluviali in matrice argillosa-limosa con presenza negli ultimi due metri di clasti pluricentimetrici;
- Da -12,2 a -14,5 depositi Depositi alluvionali con ciottoli arrotondati e matrice limoso-argillosa;
- Da -14,5 a –18 substrato scistoso compatto, inizialmente alterato, di colore grigio scuro-verdastro con vene calcitiche.

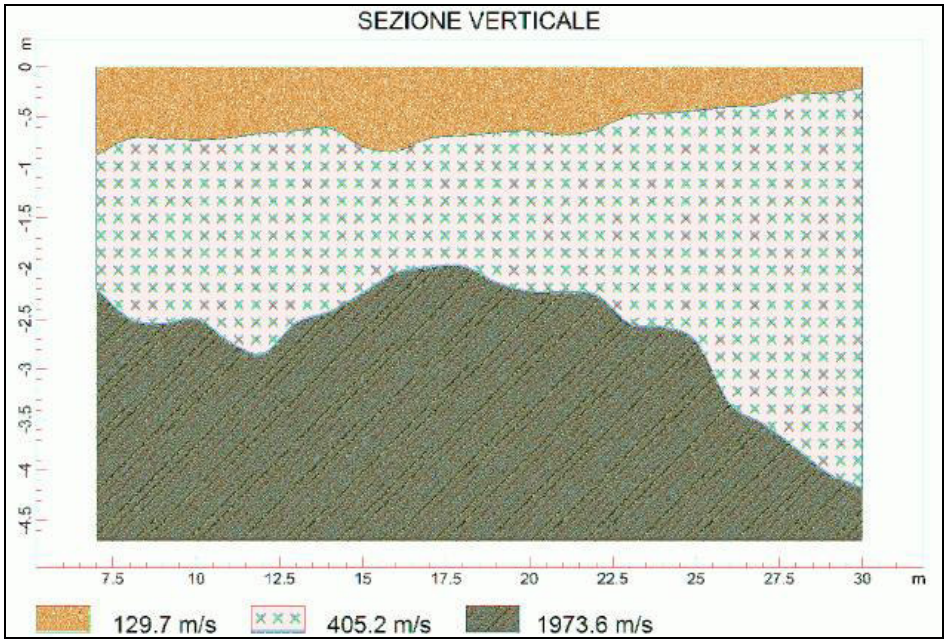
La falda è stata individuata a circa -8,8 m dal p.c. ovvero più o meno alla quota dell'alveo attivo del T.Trebbia.

Rispetto al alla quota altimetrica dell'alveo attivo ove verrà realizzata la centrale il sondaggio S2 è stato realizzato a circa +8÷10 m e pertanto è verosimile pensare, vista anche la presenza di affioramenti del substrato poco più a valle sempre in sponda destra, che la roccia compatta si trovi a pochi metri di profondità dal p.c. in corrispondenza della zona della centrale.

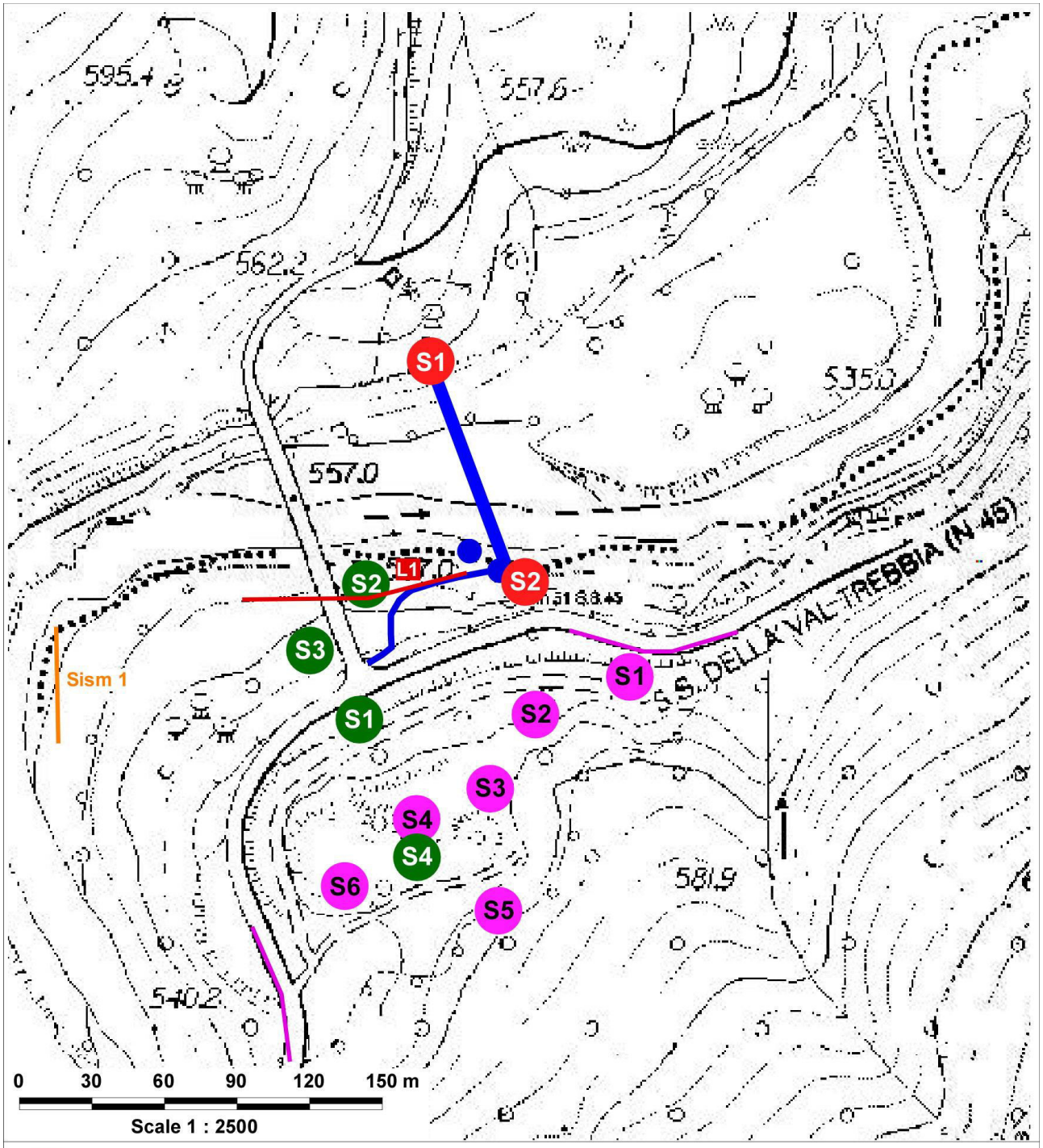
Sono stati anche realizzati stendimenti di sismica a rifrazione sia a supporto dei progetti precedentemente illustrati che per un altro progetto di realizzazione di un impianto idroelettrico proposto dalla Bozzini Group s.r.l.. I risultati di tali indagini, ubicate in vari punti, evidenziano la presenza di una maggiore copertura di origine eluvio-colluviale in corrispondenza dell'accumulo di frana che si assottiglia ai lati dello stesso. In particolare uno stendimento di sismica a rifrazione realizzato dal Geologo Brancucci per la Bozzini Group a monte del ponte per Fontanarossa sulla sponda destra dell'alveo attivo ha evidenziato la presenza di substrato roccioso compatto a partire da -3/4 m dal p.c..



Stratigrafia Sondaggio S2 (tratto dalla Relazione Geologica a supporto del progetto di consolidamento del ponte per Fontanarossa)



Stentimento Sismisco Sism 1 (realizzato dal Geol. Brancucci per la Bozzini Group s.r.l.)



S3 Sondaggio realizzato a supporto del progetto di consolidamento del ponte per Fontanarossa

S5 Sondaggio realizzato a supporto del progetto per i lavori di messa in sicurezza della S.S. 45

Stendimento sismica a rifrazione realizzato a supporto del progetto per i lavori di messa in sicurezza della S.S. 45

Sism 1 Stendimento sismica a rifrazione realizzato a supporto del progetto per precedente impianto idroelettrico

L1 Stendimento Tomografia Sismica e MASW realizzat a supporto del presente progetto

S1 Sondaggio geognostico da realizzarsi a supporto della progettazione definitiva

Ubicazione delle indagini geognostiche pregresse, realizzate e da realizzarsi

2.7.3. Indagini sismiche

2.7.3.1. Tomografia Sismica

Come è noto le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o di "compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde SH i "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo, ecc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (geofoni) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (legge di Snell), cioè rifrangendoli sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (geofoni) che vengono spaziati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo di ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una circa tempo-distanza (dromocroma) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (Vp) o trasversali (Vs) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione. Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità Vp dell'ordine di 1400/1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Materiale		Velocità sismiche in sito (a piccole deformazioni) (m/s)		Coefficiente di Poisson	Densità (g/cm^3)	Modulo di elasticità tangenziale (MN/m^2)
		V_p	V_s	ν	ρ	G
Sabbia (in prossimità della superficie)	Sciolta	1450-1550 (180-450)	100-250	0.48-0.50 (0.3-0.35)	1.5-1.8	15-110
	Media	1500-1750 (320-650)	200-350	0.47-0.49 (0.2-0.3)	1.7-2.1	70-250
	Addensata	1700-2000 (550-1300)	350-700	0.45-0.48 (0.15-0.3)	1.9-2.2	230-1000
Argilla	Moder. consist.	1450-1550	80-180	0.47-0.5	1.6-2.0	10-65
	Consistente	1500-1700	180-300	0.47-0.5	1.7-2.1	55-190
	Molto consist.	1600-1900	300-500	0.47-0.5	1.8-2.3	160-450
Arenaria e scisti non alterati		1500-4000	800-2000	0.25-0.35	2.0-2.4	1300-9500
Calcare		2000-6000	1200-3000	0.25-0.35	1.8-2.5	2600-20000
Roccia cristallina o metamorfica non alterata		3500-7000	2000-3500	0.25-0.30	2.2-2.6	8500-32000

Velocità sismiche e moduli elastici in terreni e rocce. I valori tra parentesi si riferiscono al materiale non saturo (Head e Jardine, 1992)

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocita di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

In questo caso gli stendimenti sono stati attrezzati con geofoni verticali a 10hz. Gli impulsi elastici necessari alla registrazione degli eventi sismici, sono stati creati artificialmente mediante l'utilizzo di una massa battente da 8 kg. Sono stati realizzati 2 profili da 24 geofoni. Lungo ogni profilo sono stati realizzati 9 punti di "energizzazione" disposti regolarmente lungo lo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni: 2 alle estremità ed uno ogni 3 geofoni lungo la linea.

L'acquisizione dei dati è stata realizzata con l'utilizzo di un sismografo digitale AMBROGEO ECHO 12-24 2002, ad incremento di segnale.

Il tempo zero (time-break) di registrazione è stato fissato tramite un apposito circuito elettrico collocato in corrispondenza del punto energizzazione.

Tramite un specifico software, sono stati letti i tempi di "primo arrivo" degli impulsi sismici ai vari geofoni relativi a onde P. I relativi diagrammi spazio-tempo (**Dromocrone sismiche**) e sezioni tomografiche sono riportati di seguito.

Le dromocrone sono state quindi elaborate applicando procedure di calcolo dedicate all'elaborazione tomografica basate sulla ricostruzione dei percorsi dei raggi sismici per mezzo di algoritmi di "ray-tracing".

Ogni singola sezione è stata suddivisa in celle di dimensioni regolari (circa 2x2 m) che sono attraversate dai molteplici raggi sismici compresi tra i punti di sparo e i punti di ricezione. La prima fase di "processing" prevede il calcolo, a partire da un semplice modello iniziale, di un modello "diretto" che risolve l'equazione d'onda mediante il calcolo dell'equazione "eikonale". La successiva inversione è basata su un algoritmo di ottimizzazione e regolarizzazione basata sul metodo di Tikonov. La routine di "inversione" bidimensionale assegna quindi una velocità teorica ad ogni singola cella e per iterazioni successive calcola la velocità "reale" delle stesse. Le iterazioni vengono ripetute fino al raggiungimento di del minor scarto possibile tra i valori di velocità teorica e calcolata espresso come errore quadratico medio (RMS).

E' stato utilizzato per l'elaborazione il software RAYFRACT "www.rayfract.com"

Il risultato finale dell'elaborazione consiste quindi in una sezione di velocità sismica nella quale ad ogni cella è stato assegnato un valore di velocità. Tali valori sono stati in seguito elaborati tramite le routine di "gridding" e "countoring" di Surfer 8 della Golden Software.

In data 23 marzo 2016 è stato realizzato uno stendimento di tomografia sismica la cui ubicazione è riportata nella planimetria riportata in precedenza. In particolare L1 è stato a partire da monte del ponte proseguendo verso la zona della centrale lungo la traccia della pista di accesso esistente. L'ubicazione è stata condizionata dall'accessibilità dei luoghi e dall'ancora incerto posizionamento delle opere in progetto alla data di esecuzione dell'indagine. Nelle fasi progettuali successive verranno comunque svolti approfondimenti anche utilizzando metodologie geofisiche.





Sistema di battuta e postazione di acquisizione

Lo stendimento ha le seguenti caratteristiche:

- L1: equidistanza geofoni 3,5 m – Lunghezza totale stendimento 80,5 m;

L'elaborazione dei dati sismici acquisiti ha permesso di realizzare due sezioni sismiche che illustrano le velocità delle onde p (Vp) fino a profondità di 20/25 m di profondità.

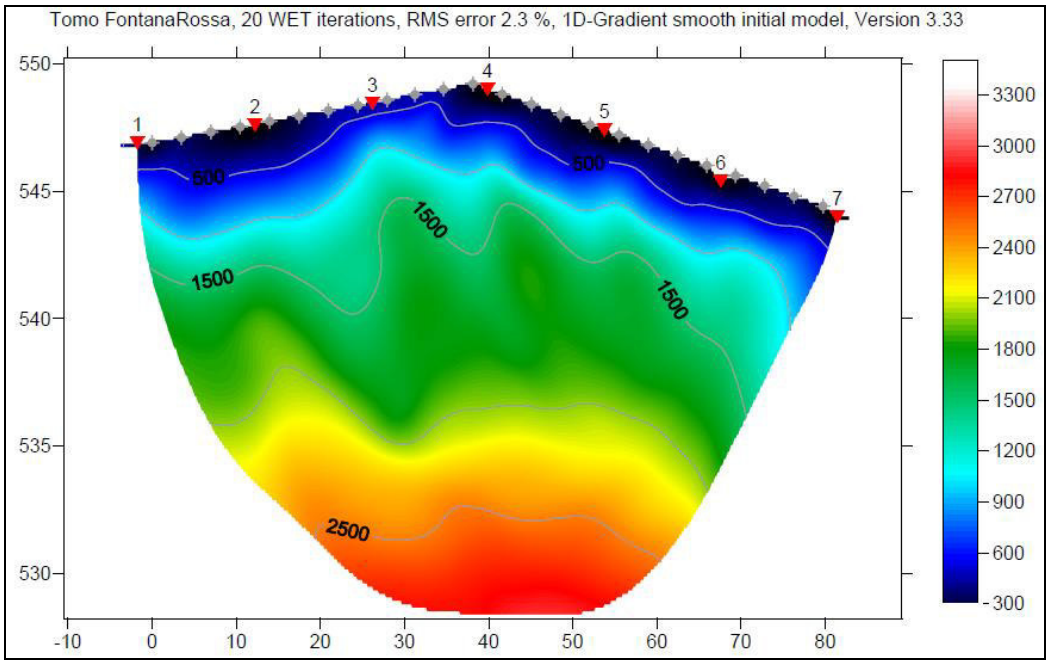
E' possibile distinguere alcuni orizzonti sismici caratterizzati da range di velocità sismiche omogenee e pseudo orizzontali, che possono essere associati a specifici orizzonti stratigrafici.

Si riportano in allegato i report del software di interpretazione.

La sezione sismica evidenzia un assetto abbastanza regolare in cui si possono distinguere 4 sismo-orizzonti, ed in particolare:

- Sismostrato 1: dal p.c. a – 3/4 m circa di profondità un orizzonte con Vp<1.000 m/s corrispondente ai terreni superficiali poco consistenti di natura limoso-argillosa;
- Sismostrato 2: da – 3/4 a – 7/8 m circa dal p.c. si incontrano terreni con velocità maggiori (Vp comprese tra 1.000 e 1.500 m/s) probabilmente dovuti ad depositi più grossolani e compatti;
- Sismostrato 3: da – 7/8 a – 12 m circa le velocità aumentano ancora (Vp comprese tra 1.500 e 2.000 m/s);
- Sismostrato 4: oltre i 12 m di profondità le velocità aumentano per una maggiore compattezza dei depositi efino a raggiungere Vp>3.000 m/s in corssispondenza del substrato inalterato a circa -17/18 m dal p.c.

La corrispondenza tra i risultati dell'indagine sismica con i dati stratigrafici del sondaggio S2 permettono di evidenziare la continuità laterale degli orizzonti individuati durante il carotaggio, soprattutto per quelli più superficiali.



Tomografia Elettrica L1

2.7.3.2. Prova MASW:

Sullo stesso stendimento L1 è stata realizzata un'acquisizione MASW in modo da risalire al profilo Vs in corrispondenza dell'area in studio.

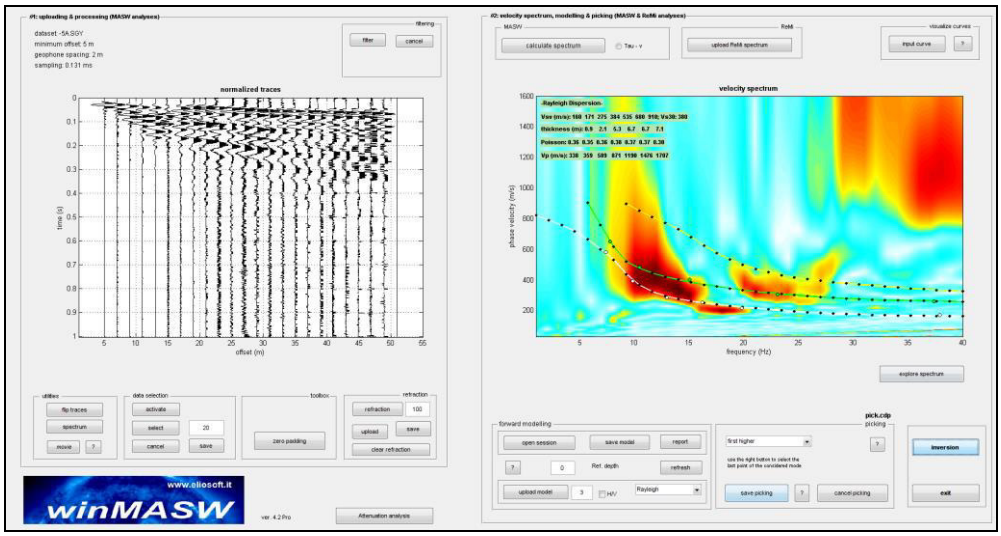
Le acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves,* analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) sono utili a definire il profilo verticale della Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio). Tale metodologia sismica permette, tramite l'acquisizione di registrazioni multicanale delle onde superficiali di Rayleigh generate da masse battenti, di generare un profilo Vs in funzione della profondità. Per ottenere un profilo Vs è necessario produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. L'inversione della curva di dispersione viene successivamente realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura dei minimi quadrati.

Il processing dei dati acquisiti è stato eseguito con software Geopsy. L' intero processo comprende tre passi successivi: acquisizione dei dati di campo delle onde superficiali ("ground roll") mediante idonea strumentazione sismica; costruzione di una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza); inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs che descrive la variazione di Vs con la profondità.

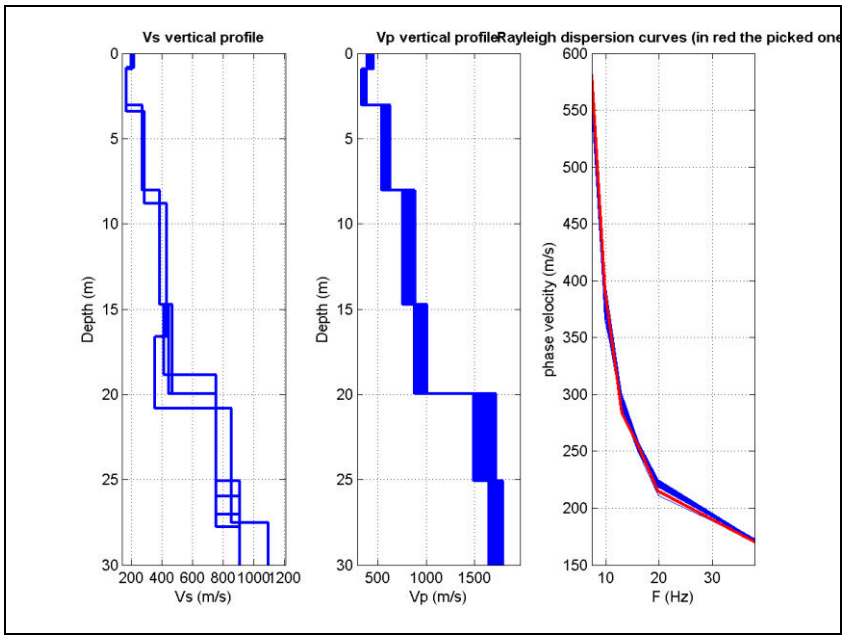
Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW* 4.1.1 Pro.

I dati acquisiti sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (Vs). Nel dataset si evidenzia il modo fondamentale delle onde di Rayleigh ad alcune tracce del primo e del secondo modo superiore.

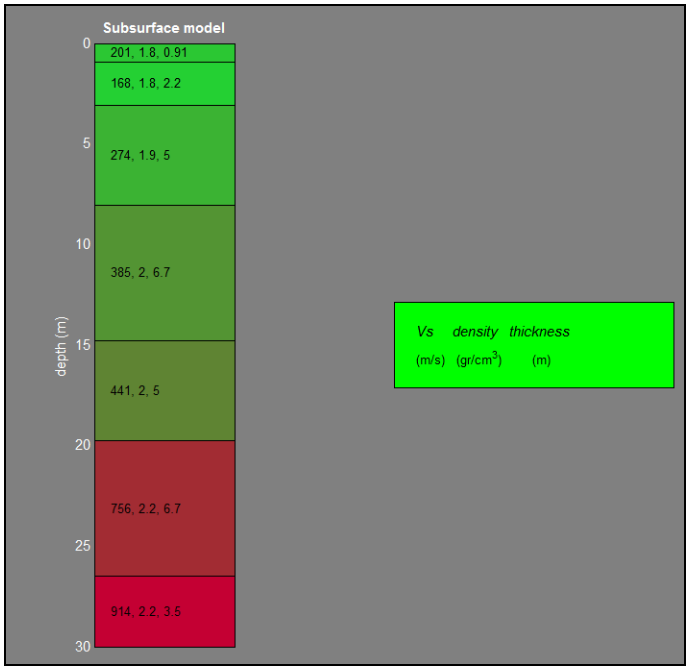
I risultati ottenuti confermano quelli delle altre indagini svolte anche se il profilo Vs individua il "bedrock", ovvero un orizzonte con Vs> 800 m/s a circa 25 m di profondità. Tale valore è un riferimento normativo e osservando il profilo stratigrafico ottenuto si nota che a circa 20 m di profondità c'è un netto aumento di velocità delle Vs in corrispondenza del passaggio tra depositi sciolti e substrato compatto.



Dati di campagna (sinistra) e spettro di velocità calcolato (destra)



Profilo verticale Vs e Vp



Stratigrafia.

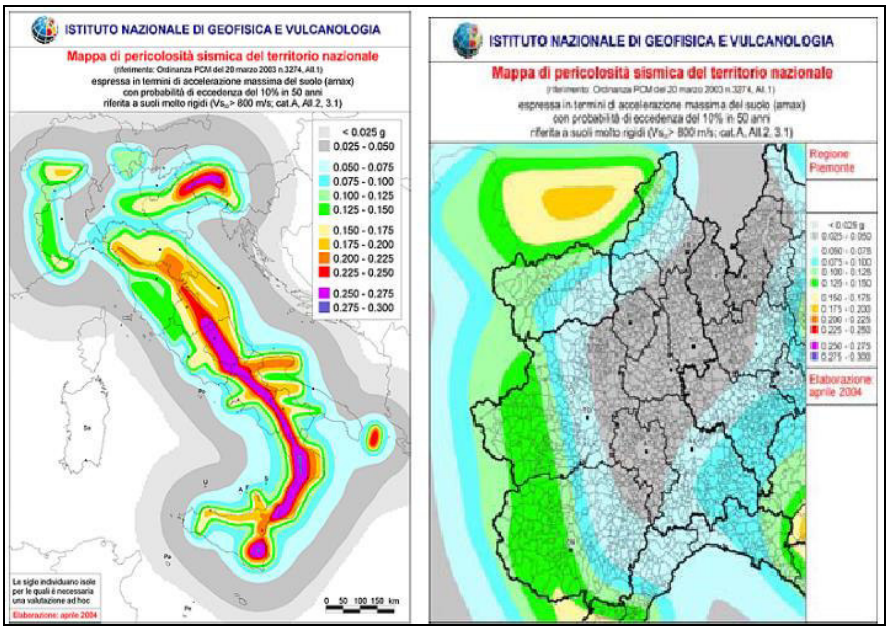
3. PERICOLOSITÀ SISMICA

3.1. Classificazione sismica dei terreni di fondazione

Per classificazione sismica si intende un sistema di normative che determina in che modo e dove gli edifici di nuova costruzione vanno costruiti secondo criteri antisismici, in modo cioè da resistere senza crollare alle forze sismiche. Il rischio sismico è definibile come l'incrocio tra dati di pericolosità (definizione delle strutture sismogenetiche e capacità di caratterizzazione dell'eccitazione sismica ad esse associata), di vulnerabilità (capacità degli oggetti esposti di resistere alle sollecitazioni) e di esposizione (presenza sul territorio di manufatti a rischio).

Il sistema della classificazione sismica (e le mappe da esso previste) è finalizzato a fornire a chi costruisce un edificio nuovo un livello di riferimento convenzionale delle forze sismiche rispetto al quale gli edifici vanno progettati per poter rispondere alle sollecitazioni senza crollare. Un edificio antisismico può quindi danneggiarsi in caso di terremoto (anzi, nel caso di certe tipologie edilizie l'edificio "deve" danneggiarsi, poiché tale danneggiamento aiuta a scaricare l'energia sismica ed a impedire il crollo).

Detti criteri sono stati stabiliti dall'allegato al recente D.M. 14 gennaio 2008 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" come già la precedente O.P.C.M. 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" nella quale venivano individuate 4 zone sulla base dei 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico indicati nelle Norme Tecniche (allegati 2, 3,4).



Nuova classificazione sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)

In base alla Delibera della Giunta Regionale n°1362 del 19/11/2010 (In ottemperanza ai disposti del DM 14.01.2010 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria) **i l Comune di Rovegno rientra nel la zona sismica 3.**

Con il D.M. 14/01/2008 l'azione sismica di riferimento viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione.

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale a_g, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [Ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,5 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, secondo quanto riportato nelle NTC 2008, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; in assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento attraverso la misura delle Vs30 o di altri parametri goetecnici; questo approccio, introdotto dall'OPCM n. 3274/03, allo stato, appare quasi sempre utilizzato nella comune pratica professionale.

L'identificazione di questa categoria va di norma eseguita in base ai valori della Vs30, cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, tuttavia, come specificato nella suddetta normativa, nei terreni non coesivi può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) NSPT30.

La medesima normativa 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 con la seguente formula:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

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

Categorie di sottosuolo (tratta da "Linee guida NTC 2008" – Comm. Interresionale NTC degli OdG)

In base ad indagini MASW e rilievi svolti in corrispondenza del sito d'intervento è verosimile ipotizzare, pur non essendo ancora definita nel dettaglio la profondità del piano di posa delle opere in progetto, che:

- In sponda destra ove verranno realizzate la centrale, l'opera di presa ed ancorata la traversa le indagini MASW svolte nelle immediate vicinanze del sito d'intervento hanno evidenziato la presenza di un orizzonte di circa 20 m con Vs_{medio}<360 m/s ricoprente un substrato con Vs prossime ad 800 m/s. In questo caso, considerando la realizzazione di fondazioni prossime al p.c. il sottosuolo sarebbe riconducibile ad una categoria E. E' anche vero però che in base ai rilievi svolti e vista la presenza di affioramenti rocciosi poco più a valle in questo tratto il substrato roccioso potrebbe trovarsi a partire da -4÷5 m circa dal p.c. e di conseguenza la categoria di sottosuolo potrebbe risultare differente (categoria A?). Solo l'esecuzione di indagini specifiche per la determinazione della profondità del substrato roccioso potrà confermare tale ipotesi.
- In sponda sinistra la traversa verrà "ancorata" al substrato roccioso compatto e pertanto anche in questo caso la Categoria di sottosuolo è una A.
- Per quanto riguarda la Cabina ENEL, che si trova più a monte ove affiorano le potenti coltri eluvi colluviale, in base all'indagine MASW realizzata di può associare il sottosuolo ad una Categoria E.

3.2. Stima della pericolosità sismica

La "*pericolosità sismica di base*" del sito di costruzione è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("Periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Questa probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" Pvr.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale e, in un sito generico, deve essere descritta sia in termini geografici che in termini temporali fornendo i risultati dello studio di pericolosità:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC (nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite).
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km).
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR.

Ai fini delle N.T.C. gli stati limite (SL) per i quali l'opera viene progettata sono definiti, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pvr, a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Una delle novità delle NTC è appunto la stima della pericolosità sismica basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori a_g, Fo e T*C per nove distinti periodi.

In questa fase progettuale vengono definiti i parametri principali necessari alla caratterizzazione del sito rimandando alle fasi successive il calcolo definitivo.

- Classe d'Uso Opera IV: *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti.*
- Vita nominale: *50 anni*

4. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

A seguire verrà esposto il modello geotecnico preliminare emerso a seguito delle indagini precedentemente esposte e saranno riportati i parametri geotecnici nominali riferiti ad ogni unità stratigrafica individuata. Tali dati risultano puramente indicativi e necessiteranno di integrazioni ed approfondimenti.

I parametri geotecnici caratteristici e di progetto verranno determinati in fase di progettazione esecutiva. Non vengono pertanto incluse le verifiche di sicurezza e l'analisi delle prestazioni relativamente delle opere in quanto in questa fase progettuale non sono ancora stati realizzati i calcoli strutturali e pertanto non sono ancora disponibili i carichi di progetto (Ed).

Così come descritto in precedenza si possono distinguere tre aree con caratteristiche geologiche e geotecniche differenti tra di loro:

- Sponda sinistra del F.Trebbia: in questo settore la traversa fluviale verrà immorsata nel substrato roccioso massiccio affiorante lungo la sponda dell'alveo e subaffiorante più a monte in cattivo stato di conservazione.
- Sponda destra del F. Trebbia: in questo settore oltre all'ancoraggio della traversa verranno realizzate l'opera di presa, la centrale elettrica e la scala di rimonta della fauna ittica. In questo settore affiorano principalmente i depositi alluvionali recenti ed attuali ricoperti, allontanandosi dall'alveo attivo, dai depositi eluvio-colluviali.
- Settore rilevato rispetto all'alveo a valle della S.S. 45: verranno realizzate in questo settore la pista di accesso e la cabina elettrica. Si incontrano le potenti coltri eluvio-colluviali ricoprenti i depositi alluvionali.

In sintesi le opere in progetto interferiranno principalmente con tre tipologie di unità geotecniche

Unità	Descrizione
1	Depositi alluvionali (ghiaie e sabbie con ciottoli)
2	Depositi Eluvio-colluviali (argille limose con clasti lapidei)
3	Substrato roccioso

A seguire si riporta una tabella riassuntiva dei parametri geotecnici nominali per gli orizzonti omogenei in condizioni drenate.

Unità	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	Peso di Volume naturale γ (kg/m^3)	Coesione (kg/cm^2)	Densità Relativa (%)
1	32÷38	1750/1950	0	30÷40
2	24÷26	1800/1900	0	40÷50

Per quanto riguarda la terza unità, ovvero il substrato roccioso, i litotipi della Formazione di Canale costituiti da scisti arenaceo-pelitici compatti di colore nerastro con livelli carbonatici, in base alla bibliografia disponibile e con riferimento alla Classificazioni di Bieniawski, possono essere classificati come un AMMASSO ROCCIOSO SCADENTE caratterizzato dai seguenti valori:

- Peso di Volume naturale γ = 2000÷2200 kg/m^3
- Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°) = 27÷29°
- Coesione (MPa) = 0,15÷0,20

I parametri sopra esposti andranno verificati a seguito di indagini geognostiche specifiche da realizzarsi in corrispondenza delle differenti zone interessate dalle opere in progetto. Indicativamente sarà necessario realizzare le seguenti indagini:

- N° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo in corrispondenza dei punti di ancoraggio delle traversa fluviale alle sponde del F.Trebbia, con esecuzione di prove SPT, eventuale installazione di piezometri e prelievo di campioni per analisi di laboratorio.
- Classificazione dell'ammasso roccioso.
- Esecuzione di indagini sismiche a rifrazione e/o MASW o HVSR in corrispondenza della zona centrale di produzione.
- Esecuzioni scavi geognostici e/o prove penetrometriche per la caratterizzazione dei terreni di fondazione in corrispondenza della cabina elettrica.

A seguito della campagna di indagini potranno essere definite le migliori tipologie di fondazione per le opere in progetto e le modalità di ancoraggio della traversa alle sponde dell'alveo. In particolare potrebbe essere necessario, soprattutto in sponda destra, l'adozione di fondazioni di tipo indiretto (pali, micropali) per raggiungere il substrato roccioso compatto.

Una volta definiti i parametri geotecnici nominali dovranno quindi essere calcolati quelli caratteristici. Il valore caratteristico di un particolare parametro di calcolo (quale può essere ad esempio il peso specifico del terreno) e definito come quel valore al quale e associato una determinata probabilità di non superamento. Il valore caratteristico k rappresenta la soglia al di sotto del quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove. Ad esempio asserire che il peso dell' unita di volume di un terreno e pari a 20 kN/m^3, ed insieme dire che esso e il suo valore caratteristico, vuol dire che esiste una probabilità del 5% che il peso sia inferiore 20 kN/m^3.

In ottemperanza a quanto sancito dalle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (in vigore dal 1° Luglio 2009), dovranno quindi essere eseguiti i calcoli delle resistenze della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione in relazione alla tipologia di fondazioni prevista.

In fase di progettazione esecutiva tutte le fondazioni in progetto, ed in particolare quelle della centrale elettrica, dovranno essere verificate considerando i carichi effettivi di progetto, secondo quanto previsto dal Decreto 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (Stato Limite Ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$Ed < Rd$$

dove Ed è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre Rd è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

4.1. Stabilità dei fronti di scavo

La realizzazione delle opere in progetto prevede l'esecuzione di scavi profondi anche fino a -7÷8 m di profondità nei depositi alluvionali di natura ghiaioso sabbiosa con ciottoli. In base alle indagini svolte il substrato potrebbe trovarsi a quote inferiori e pertanto verrebbe intercettato dagli scavi. In ogni caso l'assetto stratigrafico locale verrà definito nel dettaglio nelle fasi progettuali successive.

Per garantire la stabilità dei fronti di scavo dovranno essere adottate a livello di progetto tutte le soluzioni progettuali atte al loro sostegno soprattutto nel caso in cui superino i 1,5÷2 m di altezza nei depositi sciolti, tenendo conto della possibile presenza di falda a partire da quote prossime a quella dell'alveo attivo.

Si rimanda alla progettazione definitiva la verifica di stabilità dei fronti di scavo e di eventuali scarpate che si verranno a creare al termine dei lavori.

4.2. Analisi geologico-tecnica delle singole opere in progetto

I rilievi svolti in corrispondenza di tutta l'area d'intervento hanno evidenziato una assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico relativamente omogeneo, anche se con caratteristiche locali talvolta differenti; a seguire verranno analizzati nel dettaglio i diversi interventi in progetto ed il loro inserimento nella specifica porzione di territorio di interessata.

4.2.1. Traversa fluviale

La traversa verrà realizzata a circa 760 m a valle del ponte, avrà un'altezza di 4 m ed una quota di coronamento a 539 m s.l.m.. E' prevista l'installazione di una paratia mobile che innalzerà la quota di coronamento a 541 m s.l.m.. in modo da ridurre la "pericolosità idraulica" dell'opera che potrà essere abbassata in caso di piena che per mantenere costante il livello di deposito di materiale alla quota di 539 m s.l.m.. A valle della traversa verrà realizzata una platea con massi non cementati con presenza di blocchi dissipatori sul lato di valle al fine di ridurre i fenomeni erosivi.

Dal punto di vista dell'assetto idraulico si verrà a creare un bacino che si stenderà sino a più di 150 m a monte del ponte (cfr. planimetrie di progetto) ed ovviamente avrà un impatto sul regime idraulico locale del corso d'acqua, L'effetto principale sarà il deposito di materiale alluvionale fino alla quota di coronamento fissa, 539 m s.l.m., garantendo un maggior riempimento in corrispondenza dei plinti di fondazione del ponte, attualmente soggetti ad intensa attività erosiva soprattutto in sponda destra, e riducendo la velocità della corrente. Attualmente il fiume scorre praticamente in uno stretto canale in sponda destra.

Dal punto di vista geotecnico la fondazione della traversa andrà realizzata preferibilmente sul substrato inalterato la cui profondità sul fondo alveo andrà determinata attraverso indagini geognostiche e/o geofisiche specifiche (cfr. sezione riportata a seguire).

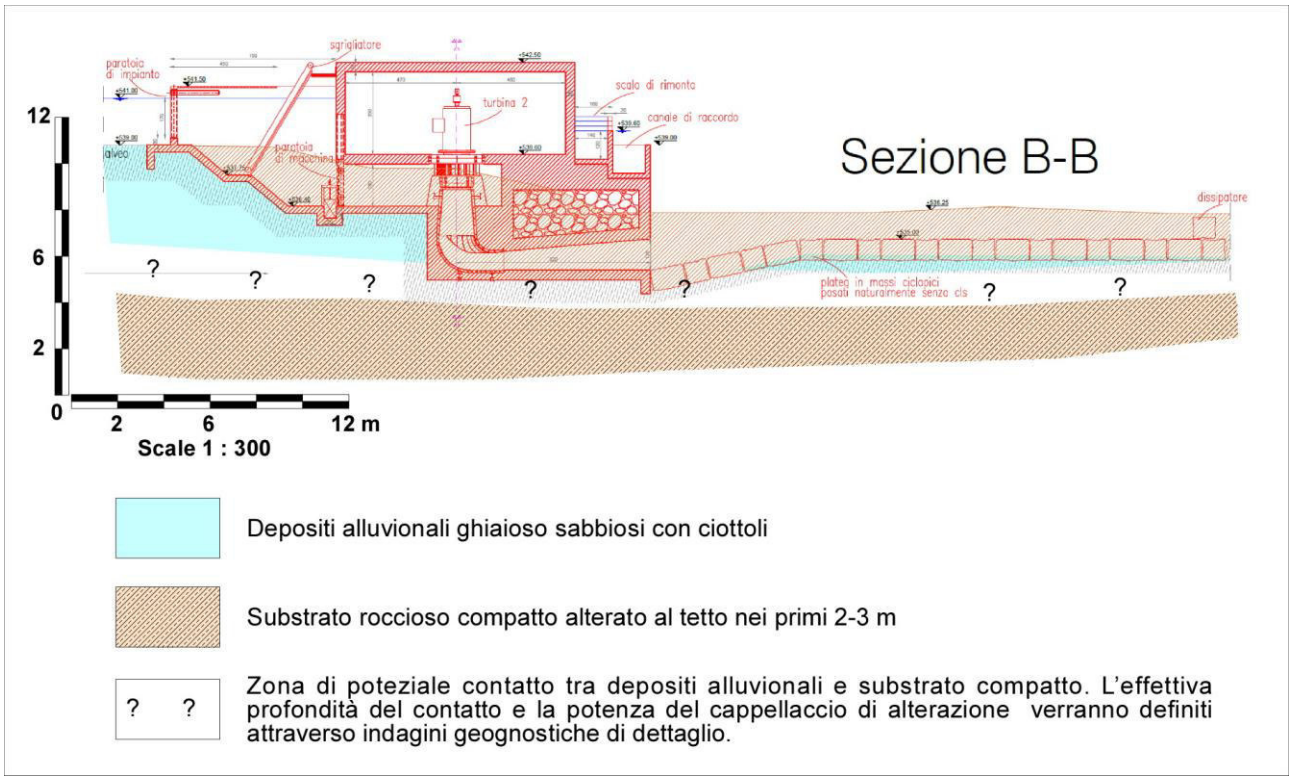
In base alle risultanze delle indagini si potrà optare per la realizzazione di fondazioni di tipo diretto o indiretto. Per quanto riguarda l'ancoraggio in sponda sinistra affiora diffusamente il substrato roccioso mentre in quella opposta si trova al di sotto di una coltre di depositi alluvionali. A seguito di specifiche indagini si valuterà la profondità del substrato e la tipologia di ancoraggio eventualmente attraverso l'utilizzo di fondazioni di tipo indiretto.

4.2.2. Centrale di produzione, opera di presa ed opere accessorie

L'opera di presa verrà realizzata in alveo nei pressi della sponda destra del F.Trebbia, sulla quale è prevista la costruzione della centrale.

Per quanta riguarda gli aspetti geotecnici vale quanto detto per l'ancoraggio della traversa fluviale in questo punto (cfr. sezione riportata a seguire). A protezione delle sponde è prevista la realizzazione di una scogliera in massi che prosegue anche verso monte.

In corrispondenza di questo settore è presente un piccolo impluvio: occorrerà prevedere la raccolta delle acque da esso trasportate ed il loro convogliamento in alveo attraverso opere e tubazioni opportunamente dimensionate.



Assetto stratigrafico in sponda destra del F.Trebbia su sezione B-B di porogetto

4.2.3. Cabina Elettrica e pista di accesso

Queste opera avranno un impatto minore rispetto alle precedenti e per la loro realizzazione occorrerà attenersi a semplici accorgimenti relativamente agli aspetti geotecnici e di regimazione delle acque superficiali.

5. CONCLUSIONI

Facendo riferimento a quanto descritto nei paragrafi precedenti, il presente capitolo illustra alcune considerazioni conclusive relativamente agli impatti sull'assetto geologico, idrogeologico e del suolo conseguenti all'attuazione del progetto che in estrema sintesi prevede la realizzazione di una traversa fluviale a circa 70 m a valle del Ponte per Fontanarossa, della centrale elettrica e dell'opera di presa in sponda destra del F. Trebbia.

I potenziali impatti sulle diverse componenti considerate vengono illustrati a seguire nel dettaglio.

- **Assetto Geologico e geomorfologico**: Per quanto riguarda l'assetto geologico-stratigrafico l'esecuzione delle opere comporterà la necessità di eseguire scavi nei depositi alluvionali lungo l'alveo ed in sponda destra del fiume, dove raggiungeranno profondità di circa -7 m rispetto al p.c. attuale, con la possibilità di incontrare il substrato roccioso. In sponda sinistra la traversa verrà immorsata nel substrato roccioso compatto. L'assetto stratigrafico locale andrà definitivo attraverso l'esecuzione di indagini geognostiche specifiche atte soprattutto a valutare le profondità del substrato, la potenza del cappellaccio di alterazione e le caratteristiche geotecniche delle formazioni individuate.

  Dal punto geomorfologico l'esecuzione delle opere non altererà in modo significativo lo stato dei luoghi e non influirà negativamente sulla stabilità dei versanti. Per quanto riguarda i diffusi dissesti esistenti a monte della S.S. 45, il cui accumulo si estende anche a valle della strada, si ritiene che i recenti lavori di messa in sicurezza realizzati dall'A.N.A.S. garantiscano una buona protezione del settore oggetto d'intervento. Oltre agli interventi di drenaggio profondo delle acque a monte sono stati realizzati interventi di stabilizzazione della strada attraverso la realizzazione di opere di sostegno ancorate su micropali proprio a monte della zona d'intervento, come si può intuire ad esempio per la presenza del cordolo di raccordo presente sul lato di valle della S.S. 45.

  Per quanto riguarda i dissesti presenti in sponda sinistra, ed in particolare quelli a monte del ponte, si tratta principalmente di fenomeni di scivolamento dei terreni di copertura dovuti alla forte acclività conseguente ed alla forte attività erosiva del corso d'acqua. Si valuterà la realizzazione di interventi di stabilizzazione attraverso tecniche di ingegneria naturalistica, lo scotico di terreni potenzialmente instabili ed eventuale protezione delle sponde.
- **Aspetti Geotecnici**: Sono stati valutati attentamente gli aspetti geotecnici in relazione alle diverse tipologie di opere in progetto e delle situazioni geologico-stratigrafiche locali, anche attraverso l'esecuzione di indagini specifiche. In fase di progettazione definitiva andrà realizzata una campagna di indagini geognostiche essenzialmente consistente in:
  - N° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo in corrispondenza dei punti di ancoraggio delle traversa fluviale alle sponde del F.Trebbia, con esecuzione di prove SPT, eventuale installazione tubazione piezometrica piezometri e prelievo di campioni per analisi di laboratorio. La profondità dei sondaggi dovrà garantire il raggiungimento del substrato roccioso compatto avente caratteristiche idonee a supportare i carichi indotti dalle opere in progetto.
  - Classificazione dell'ammasso roccioso.
  - Esecuzione di indagini sismiche a rifrazione e MASW in corrispondenza della zona centrale di produzione.
  - Esecuzioni scavi geognostici e/o prove penetrometriche per la caratterizzazione dei terreni di fondazione in corrispondenza della cabina elettrica.

Tutte le opere in progetto andranno quindi verificate considerando i carichi effettivi di progetto, secondo quanto previsto dal Decreto 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Particolare attenzione verrà posta relativamente al sostegno dei fronti scavo ed in particolare:

- verranno ridotti al minimo, così come i movimenti di terra e l'estirpo della vegetazione.
- verranno effettuati in modo da poter selezionare al meglio i materiali scavati; in particolare il terreno vegetale superficiale di scotico verrà separato da quello ghiaioso-sabbioso in modo da poterlo stendere in superficie al termine delle operazioni di ritombamento.
- il materiale di risulta degli scavi, non utilizzato in situ per il ritombamento degli stessi o per le opere di rimodellamento dell'area d'intervento previste dal progetto, dovrà essere allontanato dal sito e stoccato in apposita discarica. A tal propositi verrà redatto il "Piano di Gestione terre e rocce da scavo" così come previsto dalla normativa vigente in materia.
- qualora le altezze degli scavi in progetto presentino altezze o pendenze tali da non garantire, con adeguato margine di sicurezza, le condizioni di stabilità verificate dovranno essere previste, all'atto dello scavo, opportune opere provvisionali di sostegno.

- **Pericolosità sismica**: Dal punto di vista della sismicità locale i Comuni di Rovegno e Gorreto classificati in Zona 3 e pertanto per la definizione è stata valutata la pericolosità sismica locale attraverso indagini geofisiche secondo le metodologie indicate nelle N.T.C. 2008. Ulteriori approfondimenti verranno realizzati in sede di progettazione definitiva.
- **Assetto idrogeologico**: Sotto il profilo idrogeologico la maggior parte delle opere verranno realizzate in alveo o al margine di esso e pertanto influiranno con la falda di subalveo non creando impatti negativi sull'assetto idrogeologico locale. La realizzazione delle opere in alveo comporterà la necessità di deviare temporaneamente il flusso della acque del fiume e della falda di subalveo ad esso collegata.
- **Suolo**: L'effetto sul suolo è limitato allo scavo per la realizzazione delle opere in progetto ed al movimento terra necessario alla loro realizzazione; al fine di limitare gli impatti le superfici di scopertura dovranno essere limitate al massimo, così come gli scavi ed i movimenti terra ripristinando l'assetto originale. In particolare il terreno vegetale superficiale di scotico verrà separato da quello ghiaioso-sabbioso in modo da poterlo stendere in superficie al termine delle operazioni di ritombamento.
- **Dinamica fluviale**: Per quanto riguarda la dinamica fluviale ovviamente la realizzazione dell'opera avrà un impatto sulla dinamica fluviale del F.Trebbia andando a creare un invaso a monte della traversa che si estenderà oltre il Ponte per Fontanarossa verso monte. L'effetto principale, oltre ad una diminuzione della corrente a monte della traversa, sarà il riempimento di materiale alluvionale fino alla quota di coronamento dello sfioro (539,00 m s.l.m.) con conseguente ricoprimento delle strutture di fondazione del ponte, attualmente soggette ad erosione.

  Nel 1997 lo Studio di Progettazione Associato CRS di Genova ha realizzato il Progetto Esecutivo per gli "*Interventi urgenti necessari al ripristino delle originarie caratteristiche statiche dello schema strutturale del ponte sul Fiume Trebbia che collega la S.S. 45 con la Strada Comunale di Fontanarossa*" e al fine di migliorare la stabilità del sistema paleofrana/ponte lo studio geologico proponeva i seguenti interventi:

  1. Bonifica idrogeologica della frana attraverso regimazione superficiale e profonda delle acque a monte della S.S. 45.

2. Opere di contenimento rigide alla spalle e al di sotto del ponte adeguatamente immorsate nel substrato individuato a circa – 18 m dal p.c..
3. Protezione spondale in sponda destra del Trebbia a monte ed a valle per almeno 20 m oltre l'imposta dell'arco del ponte.

Ad oggi gli interventi 1 e 2 son stati realizzati. Anche se, come sopra descritto, la realizzazione delle opere in progetto avrà l'effetto di migliorare la stabilità del ponte, si ritiene che la realizzazione dell'Intervento di cui al punto 3 garantirebbe la naturale prosecuzione degli interventi già realizzati e soprattutto una maggiore protezione del punto di imposta del ponte in sponda destra anche durante gli eventi di piena.

Particolare attenzione verrà posta al mantenimento della funzionalità di impluvi minori che interferiranno con le opere in progetto.

Si rimanda comunque alla verifiche idrauliche allegate al progetto per la valutazione degli aspetti idraulici connessi alla realizzazione delle opere in progetto.

A seguito dell'analisi realizzate si ritiene quindi che la realizzazione dell'intervento sia compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico, geotecnico, idrogeologico esistente nel caso in cui ci si attenga rigidamente alle soluzioni progettuali prospettate allo scrivente ed ha quanto indicato nel presente studio.

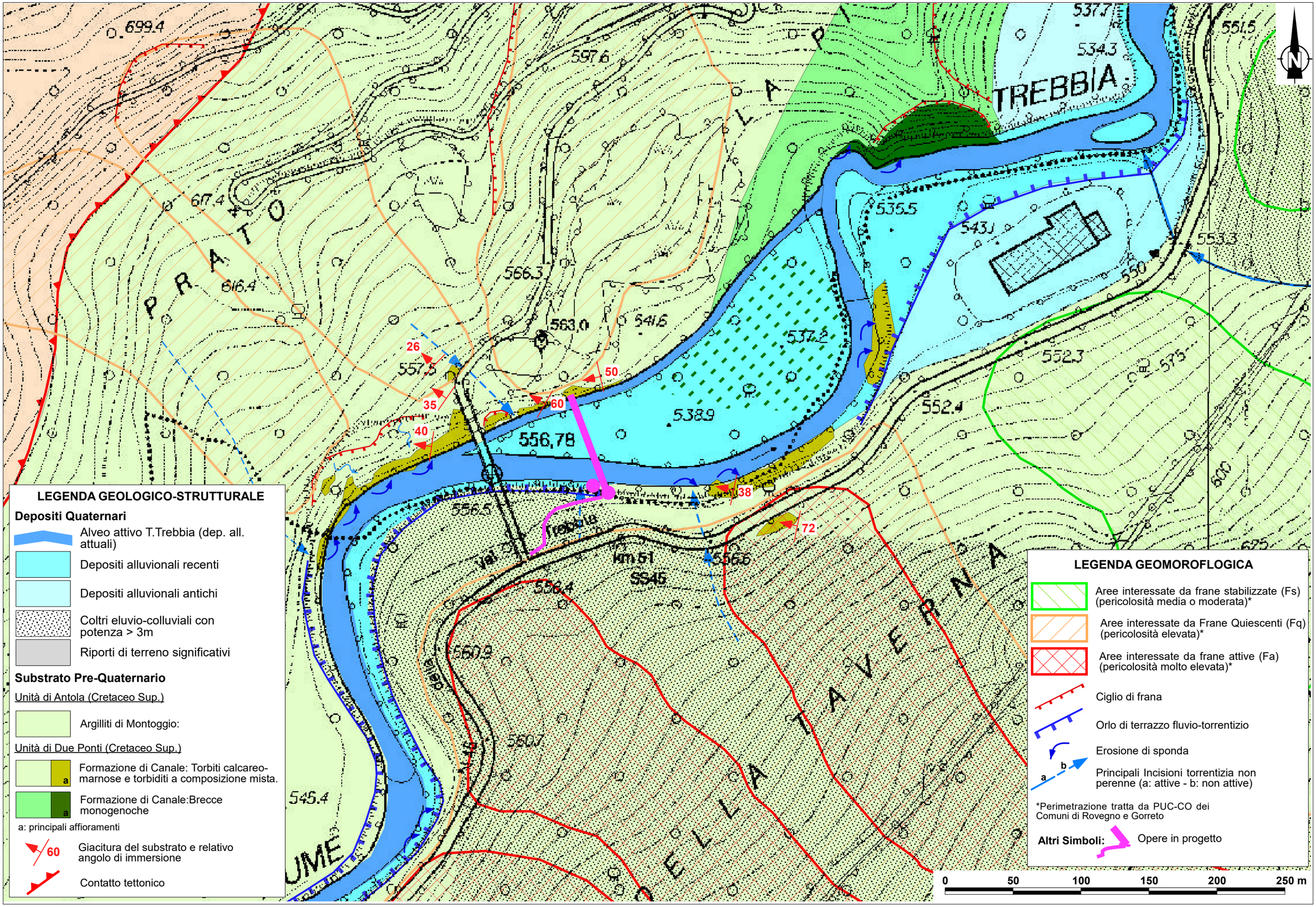
Peveragno, Febbraio 2017

Il Geologo, Dott. Andrea Bredy

ALLEGATI:

- ***"Carta Geologica e Geomorfologica"***
- ***"Carta Geomorfologica" (Realizzata dal Dip. Scienze dlelle Terra di Pisa su incarico della Regione Liguria - tratta da Geoportale Regione Liguria)***
- ***Allegato Fotografico***
- ***Report sismici stendimento L1***

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA - scala1:2.500



LEGENDA GEOLOGICO-STRUTTURALE

Depositi Quaternari

- Alveo attivo T.Trebbia (dep. all. attuali)
- Depositi alluvionali recenti
- Depositi alluvionali antichi
- Coltri eluvio-colluviali con potenza > 3m
- Riporti di terreno significativi

Substrato Pre-Quaternario

Unità di Antola (Cretaceo Sup.)

- Argilliti di Montoggio:

Unità di Due Ponti (Cretaceo Sup.)

- Formazione di Canale: Torbiti calcareo-marnose e torbiditi a composizione mista. (a)
- Formazione di Canale:Brecce monogenoche (a)

a: principali affioramenti

- 60 — Giacitura del substrato e relativo angolo di immersione
- Contatto tettonico

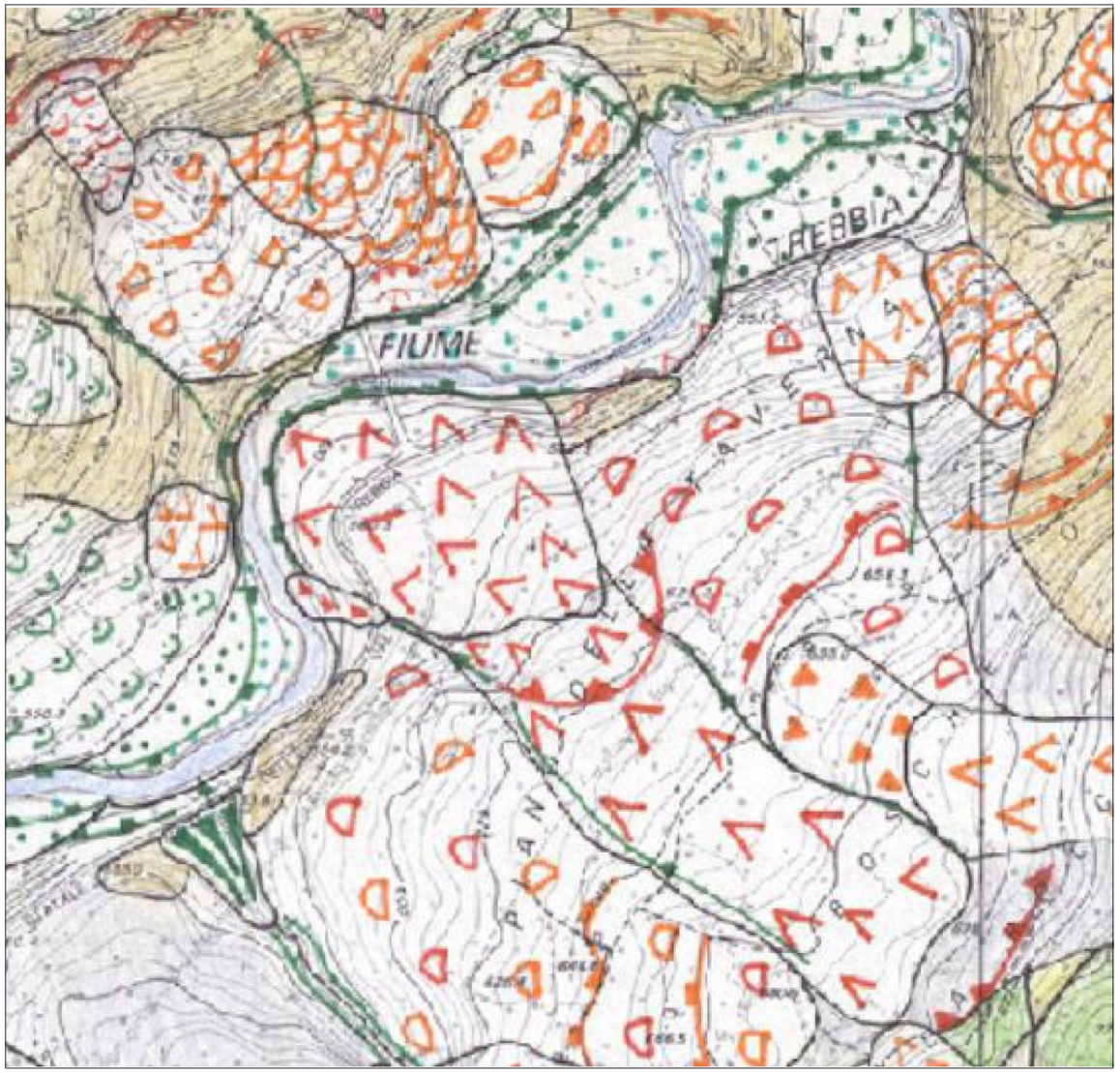
LEGENDA GEOMOROFLOGICA

- Aree interessate da frane stabilizzate (Fs) (pericolosità media o moderata)*
- Aree interessate da Frane Quiescenti (Fq) (pericolosità elevata)*
- Aree interessate da frane attive (Fa) (pericolosità molto elevata)*
- Ciglio di frana
- Orlo di terrazzo fluvio-torrentizio
- Erosione di sponda
- a — b — Principali Incisioni torrentizia non perenne (a: attive - b: non attive)

*Perimetrazione tratta da PUC-CO dei Comuni di Rovegno e Gorreto

Altri Simboli: Opere in progetto

ESTRATTO DELLA “CARTA GEOMORFOLOGICA” F°214040 ROVEGNO * (scala originale 1:10.000)



rocce prevalentemente calcaree
mainly clacareous rocks
(calcari a calpionelle)

0 100 200 300 400 m

Scale 1 : 5000

rocce costituite da alternanza (arenitico - pelitiche, pelitico - arenitiche marnose - arenitiche), argillitiche e calcarenitiche
rocks made up by , arenaceous- pelitic, pelitic - arenaceous marlsh - arenaceous,argillitic)
Formazione di Monte Antola, Formazione di Ronco, Formazione di Monte Lavagnola Formazione di Cassingheno, Formazione di Canale, Arenarie di Casanova Argilliti di Montoggio, Argille a Palombini, Scisti zonati della Forcella, Arenarie di Monte Gottero,)

sovrascorrimento
overthrust

orlo di terrazzo alluvionale
edge of alluvial terrace

deposito colluviale
colluvial deposit

deposito colluviale grossolano
coarse colluvial deposit

alluvioni del letto ordinario
(da sabbia a ghiaie a blocchi)
ordinary channel alluvial deposits
(from sand to boulders)

alluvioni del letto di piena
(da sabbia a ghiaie a blocchi)
present floodplain alluvial deposits
(from sand to boulders)

orlo di scarpata di degradazione
edge of *degradation scarp*

orlo di scarpata di frana
edge of landslide scarp

orlo di gradino di frana
edge of landslide step

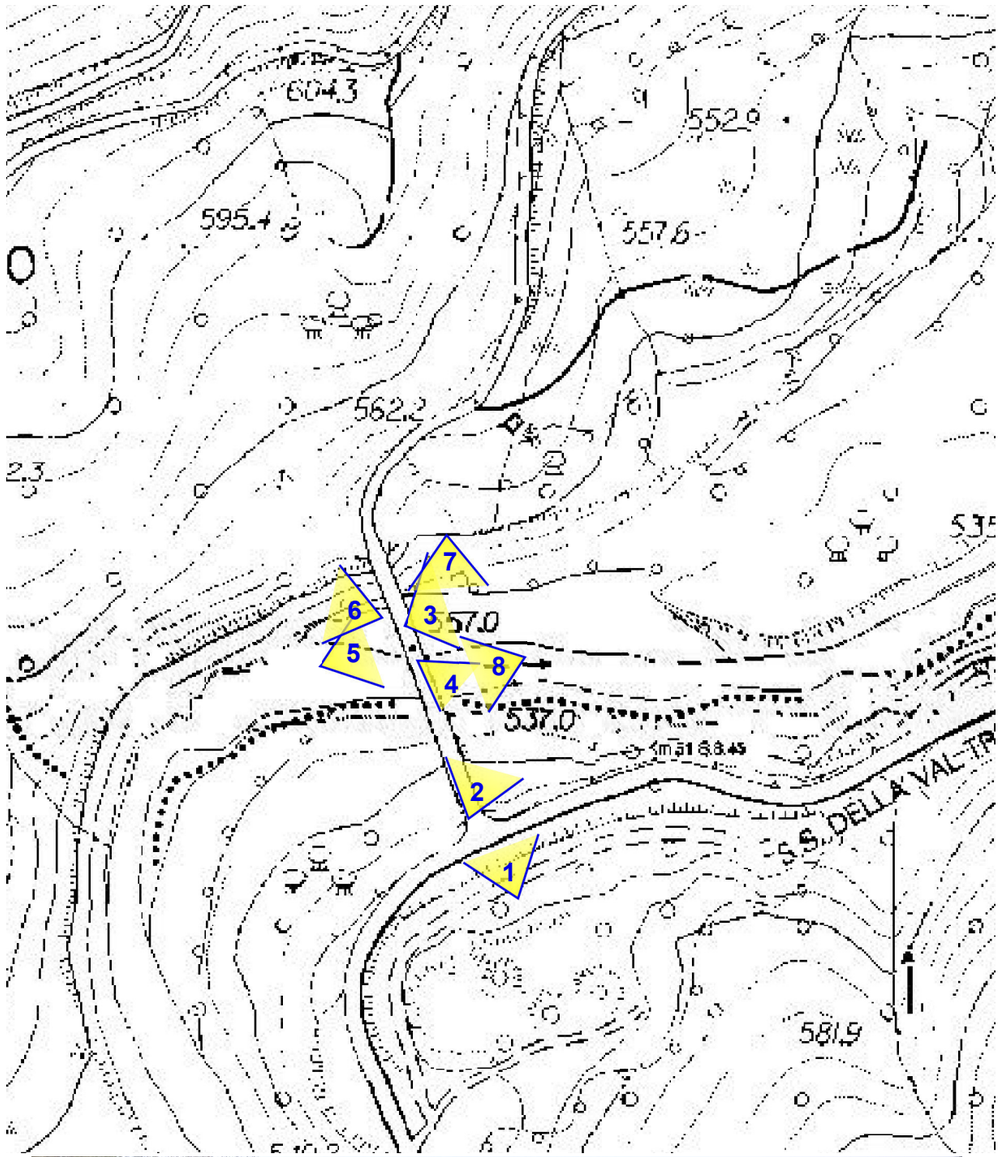
Contropendenza
counter sloope

	Attivo *active*	stabilizzato *stabilized*	quiescente *quiescent*
Corpo di frana per crollo o ribaltamento *(rock fall and topples)*			
Corpo di frana per scorrimento traslazionale *(slides)*			
Corpo di frana per scorrimento rotazionale *(slump)*			
Corpo di frana per colamento *(flows)*			
Corpo di frana complessa *(complex)*			

Frana non fedelmente cartografabile
(not mappable landslides)

*Realizzata dal Dip. Scienze dlelle Terra di Pisa su incarico della Regione Liguria (tratta da Geoportale Regione Liguria)

ALLEGATO FOTOGRAFICO



















REPORT TOMOGRAFIA SISMICA L1

