COMMITTENTE

SEAM - SOCIETA' ENERGETICA ALPI DEL MARE S.r.l.

C.so Garibaldi, 126
18038 SANREMO (IM)

Tel. +39 0184 503919 / cell. + 39 3291281635
mail : *seamenergia@gmail.com*
mail PEC : *amministrazione@pec.seamenergia.it*

SOCIETÀ ENERGETICA ALPI DEL MARE s.r.l. C.so Garibaldi, 126 C. F. e P. IVA 01422600088 SANREMO

OGGETTO

RIPRISTINO E POTENZIAMENTO A FINI IDROELETTRICI DELL'IMPIANTO ESISTENTE, DENOMINATO "POGLI" SUL TORRENTE ARROSCIA

COMUNE DI ORTOVERO
PROVINCIA DI SAVONA

REVISIONE

0

DATA

Febbraio 2017

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

N°

3

PROGETTISTI

NOVICONSULT s.a.s.
Via Novi 70/A - 15060 Basaluzzo AL
E-mail: info@noviconsult.it
tel: 0143 487735

Dott. Ing. Francesco Fossati

NOVICONSULT sas
di MARCHETTI LAURA & C.
Via Novi 70/A - 15060 BASALUZZO (AL)
Tel. 0143 487735 e 0143 487999 (anche fax)
Partita IVA = C.F. 01942220060
www.noviconsult.it

ORDINE INGEGNERI PROV. ALESSANDRIA SETTORI CIVILE AMB. INDUSTR. - INFORM. FRANCESCO FOSSATI INGEGNERE N° A-1079 SEZIONE A

QUESTO DOCUMENTO E' DI PROPRIETA' DELLA SOCIETA' SEAM S.r.l. - OGNI RIPRODUZIONE DEVE ESSERE ESPRESSAMENTE AUTORIZZATA

SEAM - SOCIETA' ENERGETICA ALPI DEL MARE S.r.l.

C.so Garibaldi, 126
18038 SANREMO (IM)
Tel. +39 0184 503919 / cell. + 39 3291281635

RIPRISTINO E POTENZIAMENTO AI FINI IDROELETTRICI DELL'IMPIANTO ESISTENTE denominato "POGLI" SUL TORRENTE ARROSCIA nel Comune di ORTOVERO (SV)

PROGETTO DEFINITIVO

3 RELAZIONE GEOLOGICA,GEOTECNICA E SISMICA

FEBBRAIO 2017

INDICE

1 - PREMESSA 3

2 - GEOLOGIA 4

3 - ANALISI GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI 10

4 - GEOMORFOLOGIA - ANALISI MORFOMETRICHICHE E IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLA PRESA 18

4.1- GEOMORFOLOGIA - DESCRIZIONE DELL'AREA INTERESSATA DALL'IMPIANTO IDROELETTRICO IN PROGETTO E DEI SITI DI CAMPIONAMENTO GRANULOMETRICO IN ALVEO 20

4.1.1 - AREA DI PRESA DELL'IMPIANTO IN PROGETTO – STAZIONE GRANULOMETRICA S.1 20

4.1.2 - PERCORSO DEL CANALE DI DERIVAZIONE 24

4.1.3 - AREA DI COSTRUZIONE DELLA CENTRALE E RILASCIO – STAZIONE GRANULOMETRICA S.3 29

4.1.4 CRITICITA' IDROGEOLOGICHE 31

5 - SPUNTI METODOLOGICI E CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DEI PARAMETRI DA UTILIZZARE NELLA MODELLAZIONE IDRAULICA 33

6 - VALUTAZIONI DI MASSIMA SULLA CAPACITÀ DI TRASPORTO DEL TORRENTE ARROSCIA 36

7 - GEOLOGIA-TECNICA 37

7.1 MODELLO GEOTECNICO 37
7.2 TERRE E ROCCE DA SCAVO 38
7.3 PIANI DI CONTROLLO E MONITORAGGIO 38

8 - ZONAZIONE SISMICA AI SENSI DELL'ORDINANZA P.C.M. N.3274 E S.M.I E DELLA D.G.R. 1308/2008 (O.P.C.M. 3519/2006. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE LIGURIA). 39

8.1 - CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE AI SENSI NTC-2008 39

9 – FATTIBILITÀ GEOLOGICA DI MASSIMA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO 40

9.1 OPERA DI PRESA E MANUFATTI IDRAULICI CONNESSI 40
9.1.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DALLA PRESA E DAI MANUFATTI IDRAULICI CONNESSI 43
9.2 CANALE DI DERIVAZIONE 43
9.2.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DAL CANALE DI DERIVAZIONE 45
9.3 CENTRALE E RILASCIO DELLA PORTATA TURBINATA 46
9.3.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DALLA CENTRALE, RILASCIO DELLA PORTATA TURBINATA E CABINA ENEL 49

10 - CONCLUSIONI 49

1 - PREMESSA

Il Dott. Geol. Marco Martolini è stato incaricato dalla Società S.E.A.M. S.r.l. di SANREMO (IM) di eseguire l'indagine geologica, al fine di ottenere la concessione idrica per la derivazione delle acque del torrente Arroscia a scopo idroelettrico e l'Autorizzazione Unica, per il ripristino e potenziamento dell'Impianto Idroelettrico esistente denominato "POGLI". Il progetto è a cura dello Studio Tecnico Noviconsult s.a.s. di Basaluzzo (AL).

L'intervento è interamente inserito nella frazione di Pogli del Comune di Ortovero (SV) e interessa un impianto idroelettrico esistente. Questo è composto da un opera di presa di tipo laterale posta a quota 75,30 m s.l.m. all'altezza di una traversa esistente in calcestruzzo, da un canale di derivazione a pelo libero in sponda sinistra lungo circa 450m e da un fabbricato contenente una piccola turbina che alimenta un impianto di sollevamento dell'acqua irrigua. Proprietario dell'impianto esistente è il Consorzio Irriguo Paraone Arroscia con sede in Pogli di Ortovero (SV), che è titolare della concessione di derivazione d'acqua per uso irriguo e forza motrice dal torrente Arroscia.

Il presente progetto prevede l'ampliamento della parte di concessione relativa alla forza motrice e il subentro da parte della SEAM s.r.l. che diventerà titolare della concessione idroelettrica, mentre la concessione per uso irriguo resterà al Consorzio Irriguo.

Le analisi svolte sono state dirette ad evidenziare le eventuali problematiche di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico presenti nell'areale ed in particolare nei luoghi direttamente interessati dall'impianto idroelettrico in progetto e nell'intorno (volume geologico significativo), e a valutare in prima analisi la compatibilità delle opere in progetto con la stabilità morfologica dell'alveo, delle sponde e dei versanti prospicienti il torrente Arroscia nel tratto d'interesse.

Le osservazioni di sopralluogo e le analisi svolte hanno permesso di accertare le condizioni attuali dell'alveo interessato dagli interventi in progetto (aspetti geomorfologici, idrologici ed idrogeologici) ed individuare quali possano essere, nel prosieguo della progettazione esecutiva degli interventi, le modalità meno invasive al fine di preservare l'alveo e le sponde da fenomeni erosivi e di non accrescere la suscettività al dissesto dei versanti. La corretta progettazione ed esecuzione degli interventi, tenuto conto delle esigenze di carattere idraulico connesse all'opera di presa e di rilascio, deve prevedere una mitigazione dell'impatto morfologico ed ecologico sull'equilibrio del corso d'acqua e del territorio circostante.

L'indagine geologico-tecnica è stata articolata nelle seguenti fasi:

a) Rilevamento geomorfologico e geologico di superficie (scala 1:5.000);

b) Classificazione granulometrica dei materiali presenti in alveo e sulle sponde;

c) Analisi delle particolarità geomorfologiche e valutazione preliminare della stabilità delle sponde e dei materiali d'alveo e delle possibili interazioni con le opere idrauliche esistenti ed in progetto;

d) Ricerca dei parametri da utilizzare nella modellazione idrologica e idraulica;

e) Valutazione di massima della capacità erosiva delle acque relativamente a tratti medi e alle sezioni d'alveo individuate dalle Stazioni di misura dei sedimenti.

f) Valutazione preliminare dell'idoneità geologico-tecnica del sito di costruzione della centrale idroelettrica e dell'ambito d'interesse.

g) Valutazione preliminare dell'idoneità geologico-tecnica del tracciato del canale esistente oggetto di ampliamento.

Si relaziona in osservanza del Piano di Bacino D.L. 180/1998 - CENTA (approvato con D.C.P. n. 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii. – ultima variante approvata con D.G.P. N.74 del 21/05/2012) e della normativa nazionale, per quanto concerne le indagini sui terreni D.M. 11/03/88. È stata inoltre eseguita una caratterizzazione in prospettiva sismica di massima ai sensi delle NTC-2008 delle aree interessate dalla realizzazione dei manufatti.
La verifica puntuale della compatibilità degli interventi in progetto con le previsioni di pericolosità e rischio idrogeologico del P. di B. CENTA, è stata svolta nei paragrafi del capitolo 9, relativi all'esame della fattibilità geologica dei manufatti e degli interventi inerenti la realizzazione dell'impianto idroelettrico e di analisi preliminare della pericolosità geologica delle aree d'interesse.
L'area interessata dalle opere di progetto non è compresa in zona soggetta a Vincolo Idrogeologico di cui al R.D.L. 30.12.1923 n°3267 (ved all. "Stralcio della Carta dei vincoli" del Piano Urbanistico Comunale di Ortovero); solo il punto d'inserimento in sponda destra della traversa esistente su cui è posta l'opera di presa peraltro non oggetto di lavori, rientra nel vincolo suddetto.

2 - GEOLOGIA

L'alveo del torrente Arroscia, nel tratto interessato dagli interventi in progetto, è caratterizzato dalla presenza di ridotti depositi alluvionali mobili di natura detritica grossolana con spessori generalmente medi e medio-sottili, localmente elevati (a tergo delle briglie), con diffusi affioramenti del substrato roccioso su entrambe le sponde. Sui pendii e sulle sponde del torrente Arroscia e dei suoi affluenti, incisi dall'erosione torrentizia, sono presenti affioramenti diffusi del substrato roccioso e dei depositi alluvionali recenti e antichi terrazzati (Es. Località Doneghi).
L'ambito geologico dell'area d'interesse è quello indicato in letteratura come Dominio Piemontese Ligure (Oceanico). Da questo dominio si ritiene provengano le falde formate da successioni ofiolitifere pre-cenomaniane e la maggior parte di quelle costituite da successioni flyschoidi, di età cretacea superiore, con i relativi "complessi di base", noti come "Flysch ad Elmintoidi della Liguria Occidentale". Esse sono costituite da un gruppo di quattro Unità sradicate, in posizione sommitale ed esterna, che occupano un'area vasta di forma triangolare, con vertice nella zona del Colle di Tenda e base parallela alla costa, fra Albenga e Bordighera; lungo il lato settentrionale le falde flyschoidi sono globalmente sovrapposte ad Unità piemontesi e brianzonesi; lungo il lato sud-occidentale esse si sovrappongono alla Zona delfinese-provenzale. Le successioni flyschoidi affiorano in posizione esterna (sud occidentale) dove costituiscono un gruppo di quattro unità tettoniche che occupano la posizione geometricamente più elevata nell'edificio a falde alpino 1) S. Remo-M.te Saccarello; 2) Moglio-Testico; 3) Borghetto d'Arroscia-Alassio; 4) Colla Domenica-Leverone.
Le prime tre sono raggruppate sotto la denominazione di "FLysch ad Elmintoidi della Liguria occidentale"; l'ultima, identificata solo recentemente, comprende terreni che la rendono affine sia con la Formazione di Albenga (tetto stratigrafico dell'Unità prepiemontese di Arnasco-Castelbianco), sulla quale riposa, sia con la successione di Borghetto d' Arroscia-Alassio, dalla quale è ricoperta. L'area di progetto si colloca all'interno dell'unita di Borghetto d'Arroscia–Alassio. Questa si estende, in una fascia ristretta di pochi chilometri in direzione WNW, dalla costa fino ad oltre il colle di Nava, ove i suoi affioramenti divengono discontinui e di incerta attribuzione. A vari livelli della successione, nella sua parte basale, nelle Quarziti di M. Bignone (QMB) e al tetto dei Calcari di Ubaga (UBA), si trovano masse di argilliti rimaneggiate (olistostromi e olistoliti) riferibili

alle Peliti di Ranzo (RAN) o ai "complessi di base" dei flysch ad Helmintoidi. L'età della successione, presumibilmente cretacea superiore nella sua porzione più antica, risulta cenozoica basale al tetto. I caratteri cronostratigrafici sembrano indicare più analogie con la Formazione di Albenga del dominio piemontese che con i flysch del dominio piemontese-ligure. L'attribuzione paleogeografica del bacino di Borghetto deve comunque tener conto anche dei dati litostratigrafici che indicano maggiore affinità piemontese-ligure a livello delle Peliti di Ranzo, mentre la porzione superiore della successione presenta forti analogie con le facies di entrambi i domini, forse maggiori con quelle piemontesi. Se ne può dedurre una collocazione al limite tra i due domini su un substrato di natura incerta (oceanica o continentale).
L'unita tettonica Borghetto d'Arroscia-Alassio è quella con storia deformativa meglio conosciuta. In essa è identificabile una prima fase multipla di trasporto verso l'esterno; il più antico evento deformativo ha prodotto una piega anticlinalica coricata di dimensioni chilometriche, a nucleo delle Peliti di Ranzo, con associate numerose parassite, con asse WNW/ESE e vergenza verso SSW. Alla prima fase avanvergente e riconducibile il successivo sviluppo di piani di taglio che hanno portato all'individuazione di elementi tettonici minori in alcune delle pieghe parassite maggiori con scorrimento, sempre verso l'esterno, delle parti superiori su quelle inferiori. La storia deformativa dell'Unità prosegue con una seconda fase retrovergente con pieghe aperte associate a faglie inverse; gli assi sono ancora disposti WNW/ESE, ma la vergenza diviene NNE. Una terza fase a vergenza "Appenninica", con asse direzione NNW e vergenza non pronunciata, sviluppa localmente pieghe blande. Nell'area di Ranzo la successione di Borghetto affiora con giacitura generalmente diritta in sponda destra del torrente Arroscia, mentre in sponda sinistra è presente una successione ribaltata alquanto irregolare con le Peliti di Ranzo che vengono a contatto, per probabili laminazioni tettoniche, con termini non basali della serie. Si è in presenza, cioè, del fianco diritto (sponda destra) e di quello rovesciato (sponda sinistra) della piega anticlinalica coricata che rappresenta il motivo tettonico dominante dell'Unità di Borghetto. La zona di cerniera complicata dalle deformazioni successive, è ubicata in corrispondenza del fondo valle.
I sovrascorrimenti all'interno dell'Unità su ambedue i versanti sono il prodotto delle deformazioni prevalentemente per piani di taglio ascrivibili agli eventi tettonici successivi (fase "Appenninica" esclusa).
Altri interessanti esempi di pieghe rovesciate sono osservabili lungo la strada Borghetto d'Arroscia – Ubaga e nell'area di Monte Frascinello.
Le formazioni, i litotipi ed i depositi quaternari presenti nell'area di interesse progettuale sono riassunti qui di seguito (la sigla indicata è quella utilizzata nella cartografia geolitologica del Piano di Bacino):
- cm UBA) Calcari di Ubàga, l'unità è cronologicamente attribuita su base lito e bio-stratigrafica al Cretaceo Sup. (Senoniano Sup, piano del Maastrictiano), ed è costituita da alternanze spesso ritmiche di calcari marnosi grigio-azzurri con Chondrites ed Elmintoidi, e di marne da calcaree ad argillose, di colore grigio cenere.



FOTO N. 1) Affioramento dei Calcari di Ubàga, in sponda destra dell'Arroscia, alcune decine di metri a monte della briglia di presa dell'impianto.

L'unità è caratterizzata da diverse facies non tutte distribuite uniformemente sul territorio, e riconducibili in senso verticale alla seguente successione, dal basso:
1) calcari a lente, in strati di 20-50 cm di spessore, con intercalazioni di lenti e banchi di conglomerati poligenici, anche molto grossolani e potenti; lo spessore è di circa 20-30 m; 2) strati sottili di calcari a lente, alternati con calcari scuri debolmente arenacei, finemente laminati, con intercalazioni di straterelli di arenarie (spesso ricche in inclusi contorti di peliti e siltiti torbiditiche e di conglomerati fini; spessore circa 50 m; 3) alternanze in strati sottili di banchi di calcari arenacei, con caratteristica struttura a lente, e di calcari marnosi e marne debolmente arenacee; spessore 15 m; 4) alternanze di calcari marnosi con Chondrites ed Elmintoidi e di marne da calcaree ad argillose, con prevalenza di calcari nella parte inferiore e di marne in quella superiore; spessore di almeno 150 m;5) marne più o meno argillose o calcaree, a stratificazione non evidente o in strati sottili 1-5 cm, di colore grigio-azzurro, con rare intercalazioni di calcari arenacei molto duri, grigionerastri, e di conglomerati fini poligenici contenenti fossili. Questa unità è stratigraficamente sovrapposta alle Quarziti di Monte Bignone (QMB).

- **as/qz QMB) Quarziti di Monte Bignone**, (as pelitici, qz quarziti) si tratta di quarziti di colore grigio chiaro e biancorosato, con sottili interstrati pelitici e intercalazioni di strati e lenti di conglomerati poligenici, particolarmente abbondanti nella parte alta dell'unità; localmente si hanno peliti siltose a stratificazione poco evidente, scagliose, talora alternanti con quarziti in strati sottili. L'unità è cronologicamente attribuita su base litostratigrafica al Cretaceo Sup. (Senoniano inf.), ed è suddivisibile in tre/quattro membri dotati di notevole continuità laterale, anche se con spessori e facies diverse: in particolare nella zona di Ranzo si distinguono dal basso: "argilliti inferiori", "quarziti inferiori", "argilliti mediane" e "quarziti superiori". Le "argilliti inferiori", le "quarziti inferiori" e le "argilliti mediane", costituiscono il membro informale noto in letteratura come *Peliti di Pogli*. Nell'area interessata dall'impianto sono state riconosciute le caratteristiche tipiche di quest'ultimo membro:
1) *Argilliti inferiori*, costituite da peliti argillose giallo-verdine, a laminazione fitta pianoparallela con abbondanti patine manganesifere, prive di intercalazioni significative; solo nella parte alta sono presenti fiammate color rosso vinaccia, che segnano il passaggio al successivo orizzonte quarzitico.



FOTO N. 2) *Particolare di un affioramento delle Argilliti inferiori, in prossimità della briglia ove è ubicata la presa dell'impianto.*

Inferiormente passano insensibilmente alle Peliti di Ranzo (asRAN) che presentano caratteristiche analoghe;
2) *Quarziti inferiori*, costituite da quarziti grigio-rosate da fini a molto fini, con grani arrotondati e prive di matrice; hanno cemento calcitico e strati di norma inferiori ai 40-50 cm, cui si intercalano giunti di argilliti verdine costituenti talvolta anche il 50-60% del totale;
3) *Argilliti mediane*, costituite da peliti argillose verdine, massicce, solo raramente e comunque scarsamente manganesifere, che contengono intercalazioni abbastanza frequenti di straterelli di quarziti e microconglomerati.



FOTO N. 3) *Particolare di un affioramento delle Argilliti mediane, in sponda sx dell'Arroscia nell'area di rilascio e costruzione della centrale. Qui gli straterelli argillitici presentano un colore rosato e sono intervallati da livelletti chiari quarzitici. Notare inoltre la presenza di inclusi (paraconglomerati a matrice pelitica).*

Caratteristica di questo orizzonte è la presenza di livelli di olistostromi, in cui sono presenti elementi provenienti dalle Peliti di Ranzo, frammenti di paraconglomerati a matrice pelitica e rari frammenti di basalti.

- **aa) Depositi ghiaiosi e sabbiosi debolmente limosi** di origine fluviale, di varia litologia, talora con una grossolana classazione, posti a varie altezze lungo le valli principali. Localmente è presente un ampio terrazzo alluvionale antico che interessa la località Doneghi ma che si sviluppa sia a monte che a valle dell'area d'interesse sia in sponda sinistra che destra con presenza di alluvioni da fini sabbioso-limose a più grossolane sabbioso-ghiaiose-ciottolose, per lo più reincise dal Torrente Arroscia e dai suoi affluenti. Questo terrazzo alluvionale si trova ad una quota mediamente più elevata di circa 20m rispetto all'alveo attuale del torrente Arroscia e presenta, dalle osservazioni di superficie uno spessore non uniforme variabile da sottile ad elevato

con potenze generalmente comprese fra 1÷4m, almeno sui bordi del terrazzo ove è possibile osservare la stratigrafia del deposito. Dall'esame in sito tali depositi possono essere descritti come eterogenici ed eterometrici scarsamente diagenizzati, con granulometria variabile dalla ghiaia sino ai massi di grandi dimensioni e matrice sabbiosa (sabbia grossa), e possono presentare una leggera cementificazione degli intervalli inferiori. Rappresentano alluvioni generalmente estranee alla dinamica attiva del corso d'acqua interamente "colonizzatate" dalla vegetazione arborea o utilizzate dall'uomo per i coltivi ortofrutticoli.

- **am) Alluvioni mobili, attuali**. Sono costituite prevalentemente da ghiaia molto grossa, ciottoli e massi di quarziti, arenarie, marne, calcari, calcari marnosi, che rappresentano i tipi litologici principali presenti nel bacino; Nell'area di studio la granulometria è sempre molto eterogenea in senso verticale e laterale, imposta dall'energia del corso d'acqua estremamente variabile in relazione al carico idraulico (tipica del regime torrentizio), e dalle condizioni morfologiche del corso d'acqua controllate localmente dalla presenza in alveo del substrato roccioso. Come specificato meglio nel capitolo successivo, le alluvioni mobili presenti nella zona di studio sono generalmente di scarso/medio spessore (la presenza di briglie ha modificato localmente lo spessore del deposito alluvionale sino a spessori elevati) è sono localizzate nei tratti a minor acclività o sono spalmate lungo barre laterali in posizioni protette che possono essere riattivate solo in occasione di piene non ordinarie.
- **dt) Coperture detritiche** di spessore medio ed elevato dovute ad alterazione in sito ed in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e sabbioso-ghiaiosa con estesa copertura pedogenetica, generalmente rimaneggiata. Nella loro variabilissima forma, estensione e origine, propongono aspetti variabili anche dal punto di vista composizionale, geotecnico e idrogeologico. Sotto il profilo dell'equilibrio geomorfologico di versante esse mostrano, in larga prevalenza, condizioni di stabilità.

L'alveo del torrente Arroscia, nel tratto interessato dagli interventi in progetto, è caratterizzato dalla presenza di ridotti depositi alluvionali mobili di natura detritica grossolana con spessori generalmente medi e medio-sottili, localmente elevati (a tergo delle briglie), con diffusi affioramenti del substrato roccioso su entrambe le sponde. Sui pendii e sulle sponde del torrente Arroscia e dei suoi affluenti, incisi dall'erosione torrentizia, sono presenti affioramenti diffusi del substrato roccioso e dei depositi alluvionali recenti e antichi terrazzati (Es. Località Doneghi).

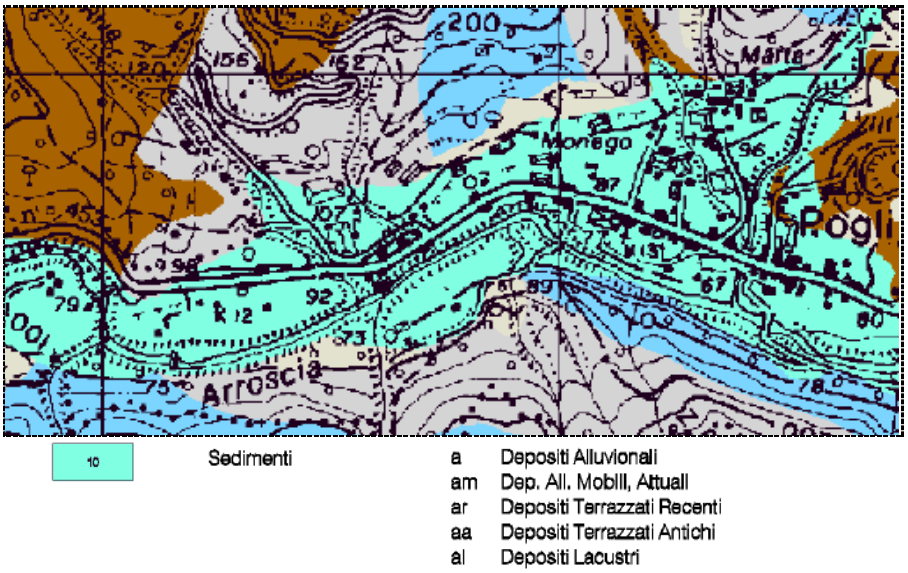


Figura 1) Estratto dalla Tav. 1 – Carta Geolitologica del Piano di Bacino stralcio sul bilancio idrico - BACINO CENTA – cod. 455.

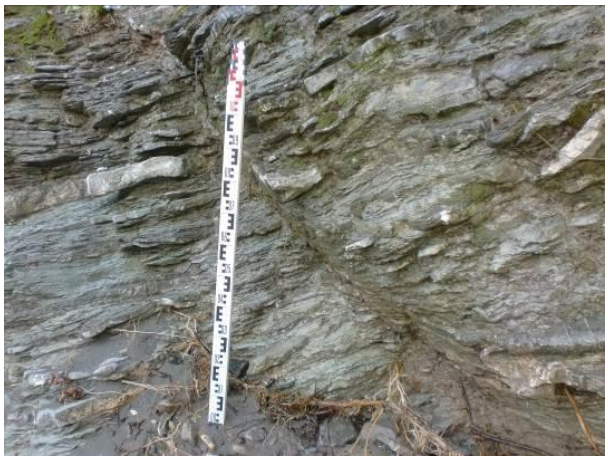


FOTO N. 4) Affioramenti di calcari marnosi e argille marnose alla restituzione in alveo e all'opera di presa.

L'ambito geologico dell'area di interesse è quello indicato in letteratura come Dominio Piemontese Ligure (Oceanico). Da questo dominio si ritiene provengano le falde formate da successioni ofiolitifere pre-cenomaniane e la maggior parte di quelle costituite da successioni flyschoidi, di età cretacea superiore, con i relativi "complessi di base", noti come "Flysch ad Elmintoidi della Liguria Occidentale".

Le successioni flyschoidi affiorano in posizione esterna (sud occidentale) dove costituiscono un gruppo di quattro unità tettoniche che occupano la posizione geometricamente più elevata nell'edificio a falde alpino 1) S. Remo-M.te Saccarello; 2) Moglio-Testico; 3) Borghetto d'Arroscia-Alassio; 4) Colla Domenica-Leverone.

Le prime tre sono raggruppate sotto la denominazione di "FLysch ad Elmintoidi della Liguria occidentale"; l'ultima, identificata solo recentemente, comprende terreni che la rendono affine sia con la Formazione di Albenga (tetto stratigrafico dell'Unità prepiemontese di Arnasco-Castelbianco), sulla quale riposa, sia con la successione di Borghetto d' Arroscia-Alassio, dalla quale è ricoperta. L'area di progetto si colloca all'interno dell'unita di Borghetto d'Arroscia–Alassio. Questa si estende, in una fascia ristretta di pochi chilometri in direzione WNW, dalla costa fino ad oltre il colle di Nava, ove i suoi affioramenti divengono discontinui e di incerta attribuzione. A vari livelli della successione, nella sua parte basale, nelle Quarziti di M. Bignone (QMB) e al tetto dei Calcari di Ubaga (UBA), si trovano masse di argilliti rimaneggiate (olistostromi e olistoliti) riferibili alle Peliti di Ranzo (RAN) o ai "complessi di base" dei flysch ad Helmintoidi.



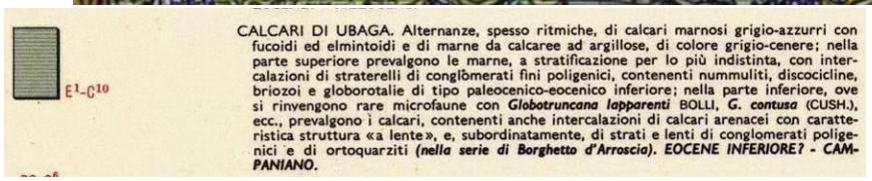


Figura 2) Estratto dal Foglio 92 Albenga della Carta Geologica d'Italia.

3 - ANALISI GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI

La morfologia di un corso d'acqua naturale e le sue caratteristiche idrauliche e biologiche dipendono dai materiali costituenti l'alveo. L'analisi granulometrica dei sedimenti è, quindi, necessaria e propedeutica allo studio di molteplici aspetti quali:

- Analisi della capacità di trasporto solido di fondo e stima della portata solida;
- Studio della scabrezza idraulica;
- Analisi delle condizioni di inizio del trasporto solido di fondo;
- Caratterizzazione e differenziazione tra tipologie morfologiche dei corsi d'acqua;
- Valutazione degli habitat fluviali.

Gli alvei torrentizi naturali sono caratterizzati da un insieme di elementi inerti (clasti), derivanti dalla disgregazione e fratturazione delle rocce presenti nella composizione geologica del bacino. La natura geologica delle rocce si pone quindi, come fattore predisponente la forma e le dimensioni degli elementi stessi. L'insieme del materiale si presenta eterogeneo: clasti di dimensioni maggiori sono immersi in un corpo di matrice di materiale più fine, a testimoniare la netta differenziazione diametrica e volumetrica. Così, nella caratterizzazione granulometrica si rinverranno particelle fini (sabbie, Ø<2mm) a contatto con clasti di dimensioni ragguardevoli (massi, Ø>256mm). Le caratteristiche granulometriche del letto dei torrenti concorrono più o meno direttamente, assieme a fattori quali pendenza, geometria della sezione e della valle e condizionamenti esterni, alla determinazione della tipologia morfologica, definibile come l'insieme degli elementi distintivi assunti dall'alveo in uno specifico tratto.

L'individuazione del materiale formante il letto del torrente e la determinazione dei suoi parametri diametrici in termini statistici, ha richiesto il rilievo degli elementi costituenti lo strato superficiale dell'alveo stesso. Lo scopo principale del rilievo è quello di derivare dall'analisi campionaria dell'intera popolazione dei clasti presenti, quei parametri statistici specifici, in grado di rendere operativa l'applicazione di procedure analitiche volte all'analisi idrologica ed idraulica. Risulta evidente come l'estrazione del campione debba rappresentare l'intera popolazione, soprattutto in torrenti dotati di tratti a elevata eterogeneità granulometrica, come nel caso in esame, cercando quindi di definire un campione con caratteristiche il più possibile veritiere, e che sia rappresentativo dei materiali costituenti il letto. La procedura di campionamento adottata è stata di tipo numerale con rilievo del solo strato superficiale del torrente. Il dato ottenuto è, in effetti, rappresentativo dello strato superficiale del letto del corso d'acqua, spesso caratterizzato da una granulometria più grossolana rispetto ai sedimenti sottostanti protetti dalla corrente (corazzamento). La scelta di tale metodologia è obbligata poiché i diametri più rappresentativi del sedimento sono inseribili nell'ordine della ghiaia grossa/molto grossa con la presenza di numerosi ciottoli e localmente con significativa/esclusiva presenza di massi. Ciò ha escluso l'applicabilità del metodo ponderale, basato cioè sul prelievo diretto del materiale d'alveo, con successiva vagliatura e pesatura finale. Il metodo ponderale si applica infatti, per il rilievo in torrenti caratterizzati da sabbia e ghiaia, dove i pesi e di conseguenza il sedimento campionabile, risulta di modesta entità. Il metodo numerale invece, si applica per alvei ghiaiosi o ciottolosi, con massi. Si provvede alla misura diretta in campo del diametro medio di ogni elemento, attraverso specifici metodi di campionamento. Si tratta di individuare le frequenze numerali dei diametri all'interno del campione, ovverosia il numero delle particelle appartenenti ad una determinata classe diametrica. A tal proposito per far rientrare ogni elemento in un specifica classe, derivandone poi la frequenza in termini relativi e assoluti, si adotta la classificazione dei sedimenti proposta dall'American Geophysical Union (AGU). Viene suggerito l'utilizzo della scala di Wentworth, un sistema di classificazione basato su una progressione esponenziale dei diametri:

$$D = 2^{-\varphi} \quad (1)$$

$$-\varphi = \log \quad (2)$$

in cui,

D = diametro medio espresso in mm, e $-\varphi$ = indice (intervallo pari a 0,5).

Tipo di sedimento	Indice: - ϕ $2^{-\phi}$	Classe diametrica D (mm)
Massi molto grossi	$2^{12} - 2^{11.5}$	4096 – 2896
Massi molto grossi	$2^{11.5} - 2^{11}$	2896 – 2048
Massi grossi	$2^{11} - 2^{10.5}$	2048 – 1448
Massi grossi	$2^{10.5} - 2^{10}$	1448 – 1024
Massi medi	$2^{10} - 2^{9.5}$	1024 - 724
Massi medi	$2^{9.5} - 2^{9}$	724 – 512
Massi piccoli	$2^{9} - 2^{8.5}$	512 – 362
Massi piccoli	$2^{8.5} - 2^{8}$	362 – 256
Ciottoli grossi	$2^{8} - 2^{7.5}$	256 – 181
Ciottoli grossi	$2^{7.5} - 2^{7}$	181 - 128
Ciottoli piccoli	$2^{7} - 2^{6.5}$	128 – 90
Ciottoli piccoli	$2^{6.5} - 2^{6}$	90 – 64
Ghiaia molto grossa	$2^{6} - 2^{5}$	64 – 32
Ghiaia grossa	$2^{5} - 2^{4}$	32 – 16
Ghiaia media	$2^{4} - 2^{3}$	16 – 8
Ghiaia fine	$2^{3} - 2^{2}$	8 – 4
Ghiaia molto fine	$2^{2} - 2^{1}$	4 – 2
Sabbia molto grossa	$2^{1} - 2^{0.5}$	2 – 1.4
Sabbia grossa	$2^{0.5} - 2^{-1}$	1.4 – 0.5
Sabbia da media a molto fine	$2^{-1} - 2^{-4}$	0.5 – 0.06
Limo	$2^{-4} - 2^{-8}$	0.06 – 0.004
Argilla	$2^{-8} - 2^{-12}$	0.004 – 0.002

Con valori di φ compresi tra -12 e +12 si completa l'intero range diametrico dei clasti presenti nei corsi d'acqua, con variazioni tra 4096 mm (massi molto grossi) e 0.002 mm (argilla). Assai spesso, la distribuzione di frequenza dei diametri risulta essere di tipo log – normale: è quindi, opportuno trasformarla in una distribuzione normale (gaussiana o a campana). La caratterizzazione statistica della distribuzione log normale è più difficoltosa rispetto ad una distribuzione normale, per la quale invece sono presenti procedure standards (Vianello, 2005). A tal proposito la scala di Wentworth procede alla conversione secondo la tabella seguente:

Scala granulometrica di Wentworth.

Particolare attenzione si pone sull'effettivo e corretto diametro del clasto da misurare. Paragonando un singolo clasto ad un ellissoide, come evidenziato nella figura sottostante, si rinvengono tre assi tra loro perpendicolari. L'asse intermedio (b) è tale da consentire il passaggio dell'elemento attraverso un ipotetico vaglio ed è pertanto quello oggetto di misura.
La valutazione non corretta dell'orientamento di tale diametro da parte dell'operatore è la principale fonte di errore.

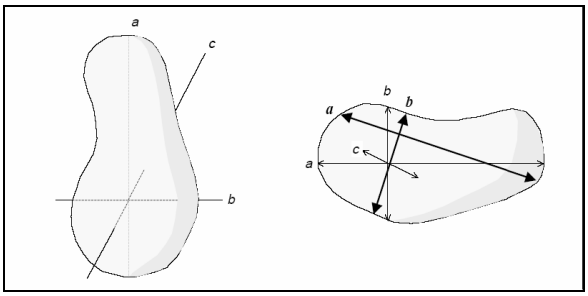


Figura 3) Definizione degli assi delle particelle. (Yuzyk 1986 e Yuzyk e Winkler 1991).

Esistono diverse tipologie e modalità di esecuzione del campionamento numerale, sulla base di quanto proposto da vari autori, si è scelto di operare con il metodo a reticolo (Wolman 1954) opportunamente dimensionato per tener conto delle condizioni d'alveo e delle granulometrie presenti. Secondo questa metodologia (grid by number o grid counts) le particelle sono misurate sotto una griglia che ricopre una superficie prestabilita. Si procede alla misurazione degli elementi seguendo uno schema a maglie quadre di lato pari all'unità spaziale di riferimento adottata. La griglia così formata presenta dei nodi (i vertici dei quadrati) dal cui incrocio si individua a terra l'elemento lapideo da misurare. Questo metodo si applica principalmente in tratti d'alveo larghi, dove la realizzazione della griglia non pone problemi di spazio ma opportunamente dimensionato è adattabile anche ad alvei di dimensioni contenute. Questo metodo rispetto a quello a linea (censimento dei clasti lungo una linea parallela al flusso della corrente) o a zig-zag (censimento dei clasti lungo una linea che passa obliquamente da una sponda all'altra del corso d'acqua) riesce a censire con maggior discriminazione i clasti, poiché il rilievo viene distribuito su una superficie e tralasciando particolari zone di accumulo a granulometria uniforme (generalmente più ampia è la superficie maggiore e la qualità del campionamento).
Nel nostro caso ai fini progettuali considerata le ingenti portate del periodo con conseguente difficoltà d'accesso all'alveo e sommersione del deposito, è stato scelto un solo sito di campionamento posto poco a valle presa ed uno nella zona di rilascio e tenuto conto dei seguenti aspetti:

- L'unità spaziale di riferimento (passo), cioè la misura dell'interdistanza tra elementi è generalmente posta pari a 1÷2 volte il Dmax al fine di evitare fuorvianti doppi conteggi.
- È stato rispettato il numero di elementi da campionare; secondo la letteratura scientifica per avere un campione statisticamente rappresentativo, è opportuno censire almeno 80÷100 elementi; superare eccessivamente tale quota non è sempre remunerativo dal punto di vista statistico.

I dati raccolti devono essere interpretati in relazione anche alle caratteristiche morfodinamiche dell'alveo in cui sono state eseguite le stazioni di misura, come precisato successivamente. In particolare si è operato creando una griglia a maglia quadra, con l'ausilio di cordella metrica e metro rigido posto perpendicolarmente alla stesa, campionando un punto ogni 0,50m, misurando il diametro b (diametro intermedio) del clasto in quel punto. Il rilievo è proseguito per 80-82 punti/nodi, coprendo una superficie minima di 16mq.



Figura 4) Schematizzazione del reticolo di misura nella stazione S.1.

La stazione tipo è, quindi, composta di un allineamento principale parallelo al flusso del corso d'acqua cui sono interspaziati dei transetti ortogonali.
I transetti sono stati ottenuti posizionando ortogonalmente alla linea principale un metro rigido da un lato e dall'altro dell'allineamento ottenendo, cinque misure per transetto. Le campionature sono state svolte sui sedimenti esposti sulla superficie del letto ove in secca o in sub-sommergenza ed i clasti misurati con il calibro o metro a seconda delle dimensioni. Le misure dei diametri medi sono state restituite in via analitica e grafica ed hanno consentito di realizzare le curve granulometriche di frequenza relativa (percentuale di ogni classe diametrica rispetto alla totalità del campione) e assoluta (percentuale di sedimento più fine per una determinata classe diametrica). Per rendere il confronto possibile tra più campioni è stato indispensabile individuare i diametri caratteristici o percentili (Dx), ovvero il diametro (D) corrispondente alla percentuale (x) di sedimento passante, con procedura analitica attraverso interpolazione lineare secondo la nota equazione:

$$\varphi_x = \varphi_{inf} + ((\varphi_{sup} - \varphi_{inf}) / (F_{sup} - F_{inf})) * (F_x - F_{inf})$$

in cui,

φ_x = indice relativo al percentile F_x incognito;

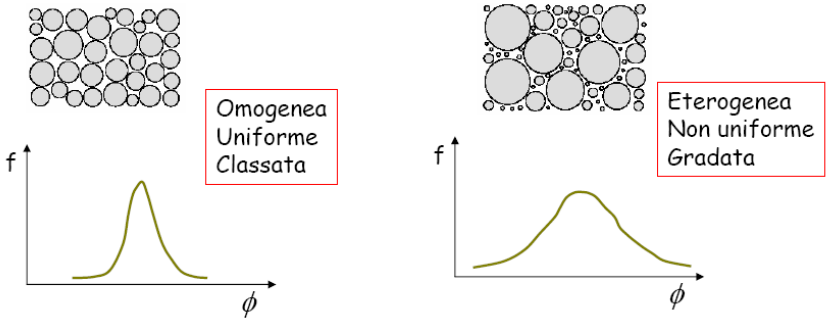
φ_{inf} e φ_{sup} = indici immediatamente inferiori e superiori ricavabili dai dati di frequenza campionati.
Per ogni stazione è stata realizzata, con un foglio di calcolo, una scheda di rapporto in cui sono visualizzate le misure diametriche, sia in mm che in indice -ϕ secondo la Scala granulometrica di Wentworth, e sono riportate la curva relativa e cumulata, ed i principali parametri statistici che descrivono la granulometria del sedimento:

- tendenza centrale (moda, media, mediana);
- ampiezza della distribuzione (deviazione standard, modulo di uniformità);

- simmetria.

Si ricorda che:

- la moda indica la frequenza relativa maggiore, cioè la classe diametrica prevalente (picco della distribuzione) che secondo alcuni autori è quella che rappresenta meglio il sedimento soprattutto se costituito da ghiaie. In effetti, la classe diametrica di moda è quella maggiormente distribuita arealmente sul letto del corso d'acqua e, quindi, influisce in modo determinante sulle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua.
- Il diametro medio del sedimento rappresenta il baricentro della curva di frequenza.
- La mediana rappresenta il centro della distribuzione cumulata e corrisponde al diametro che divide la curva in due parti equivalenti in termini di area, corrispondenti al D_{50}.
- L'ampiezza della distribuzione o curva granulometrica, definisce l'uniformità e l'eterogeneità del campione analizzato in ogni stazione. Quanto più una miscela granulometrica è eterogenea (granulometrie fini e grossolane), minore è il grado di uniformità e il grado di classazione, come di seguito raffigurato.



Nel dettaglio i parametri statistici sono stati valutati con le seguenti relazioni generalmente usate nelle analisi granulometriche, e ritenute rappresentative del sedimento anche per analisi di tipo numerale secondo Bunte e Abt (USDA-2001) e Vianello (2005):

❖ Il diametro medio si calcola come media pesata:

$$D_m = \varphi_m = (\Sigma\ f_i\ \varphi_i)/100$$

dove il diametro medio in mm è dato dalla seguente $D_m = 2^{-\varphi m}$

❖ Il coefficiente di Uniformità è ben rappresentato dalla seguente relazione:

$$U = D_{60}/D_{10};$$

Per valori di $U<1,35$ la distribuzione è ritenuta uniforme.

❖ Coefficiente di classazione (Folk&Ward - 1957) =

$$s_{F\&W} = \left|(\varphi_{84} - \varphi_{16})/4)\right| + \left|(\varphi_{95} - \varphi_5)/6.6)\right|$$

È un parametro molto "sensibile" perché tiene conto dei percentili estremi (D_5 e D_{95}) della distribuzione granulometrica (code della distribuzione). I valori ottenuti sono stimati secondo la seguente tabella:

Coefficiente di Classazione $s_{F\&W}$	Grado di Classazione
>4	estremamente basso
2÷4	molto basso
1÷2	basso
0,71÷1	moderato
0,50÷0,71	moderatamente elevato
0,35÷0,50	elevato
<0,35	molto elevato

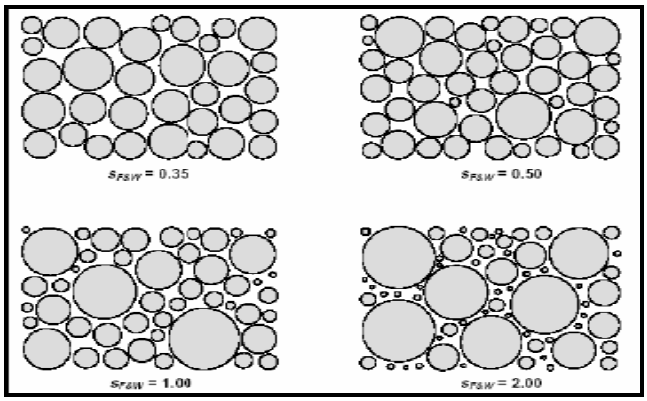


Figura 5) Rappresentazione grafica del coefficiente di classazione $s_{F\&W}$

- Coefficiente di asimmetria (Folk&Ward - 1957) =
- $sk_{F\&W} = [(\varphi_{84} - \varphi_{50})/ (\varphi_{84} - \varphi_{50})] - [(\varphi_{50} - \varphi_{5})/ (\varphi_{95} - \varphi_{5})]$

I valori ottenuti sono descritti da Folk e Ward nel modo seguente:

Coefficiente di asimmetria $sk_{F\&W}$	Descrizione
-1 ÷ -0.3	Molto asimmetrica verso il fine
-0,3 ÷ -0,1	Asimmetrica verso il fine
-0,1 ÷ 0,1	Quasi simmetrica
0,1 ÷ 0,3	Asimmetrica verso il grossolano
0,3 ÷ 1	Molto asimmetrica verso il grossolano

Nella tabella seguente sono raccolti i principali parametri calcolati nella stazione di misura (per i percentili D_{95},D_{60}, D_{16} e D_5 si rimanda alle schede allegate):

Sito di Misura		GRANULOMETRIE ALVEO								PARAMETRI STATISTICI		
Stazione	Sez. progetto *(Quota media m s.l.m.)*	D_{90} [mm]	D_{84} [mm]	D_{70} [mm]	D_{50} [mm]	D_{30} [mm]	D_{10} [mm]	Diametro medio D_m [mm]	MODA *classe diametrica prevalente* (mm)	Coeff. di Uniformità U	Coeff. di Asimmetria $sk_{F\&W}$	Coeff. di Classazione $S_{F\&W}$
S.1	9÷9 10÷10 *(≈71)*	323	239	150	58	28	7	54	Ghiaia molto grossa (64 ÷ 91)	11,76	-0,154	2,251

Le particolari condizioni di piovosità dell'inverno 2013-2014 che hanno determinato una costanza di portate elevate non ha consentito, come indicato, di misurare la granulometria su più barre detritiche poste in condizioni d'alveo differenti. Si rileva tuttavia che nel tratto d'interesse a valle della briglia ove è posta la presa dell'impianto, l'alveo del torrente Arroscia presenta un andamento pressoché monocursale rettilineo senza particolare variazioni di fondo, si ritiene, quindi, che i valori rilevati siano sufficientemente rappresentativi della granulometria complessiva movimentata nel tratto. I valori indicati risentono tuttavia delle condizioni stagionali e del grado di corrazzamento. Si riassumono qui di seguito le caratteristiche geormorfologiche della stazione di campionamento che sono meglio specificate nel paragrafo 4.1:

- La S.1 è rappresentativa del materiale depositato in sponda sinistra, ed è stata svolta su di una barra laterale posta circa 25m a valle della briglia su cui è posta la presa dell'impianto. Questo tratto d'alveo susseguente la briglia si presenta rettilineo con pendenza media intorno al 0,007%. L'alveo a monte della presa compie fra due briglie susseguenti una ampia S che porta il flusso sulla briglia di presa curvando verso sinistra. La sponda sx si trova, quindi, in una zona a minor energia che dovrebbe favorire il deposito del carico detritico ma ciò non si verifica, essendo presente, altresì, una condizione di sostanziale equilibrio dinamico. La barra, in effetti, pare dall'esame delle cartografie e foto aeree e dal confronto con fotografie scattate dallo scrivente alcuni anni orsono, sostanzialmente stazionaria. Si ritiene, quindi, il materiale sedimentato rappresentativo del trasporto detritico medio. Attualmente ad un esame visivo, il materiale costituente la barra pare in parte depositato in una piena recente (materiale più fino), in parte (materiale più grossolano) è stato solo rimaneggiato in superficie dagli ultimi eventi di piena.



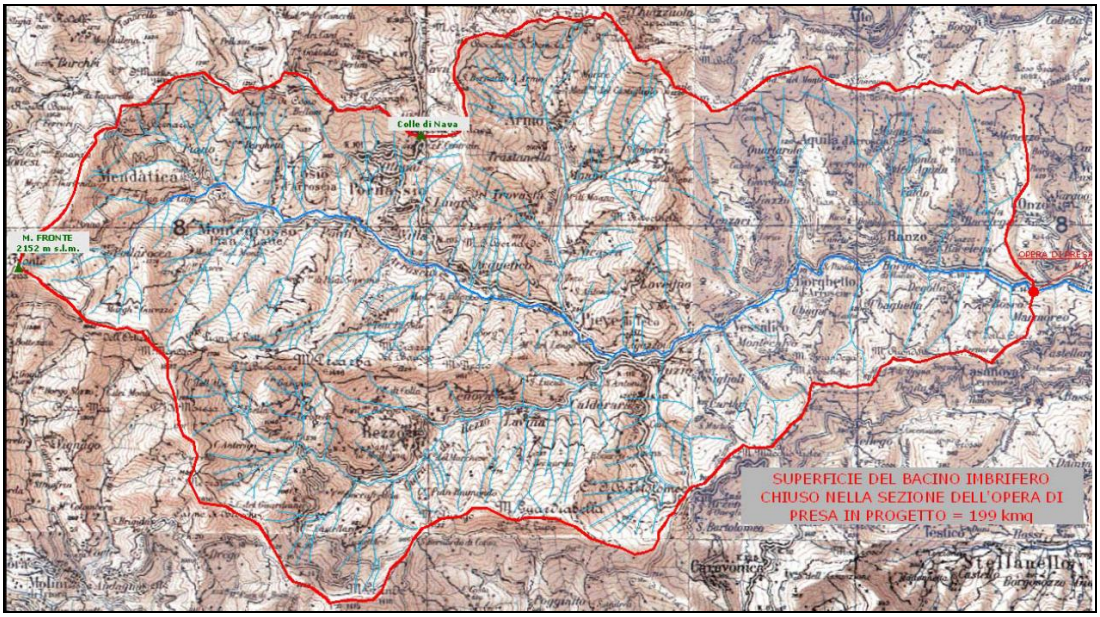
FOTO N. 5) *Particolare della barra su cui è stata svolta l'analisi granulometrica S.1*

La presenza di vegetazione colonizzante la barra non sradicata dalla piena ma con evidenti segni di sommersione, indica che probabilmente è necessaria una piena eccezionale per mobilitare profondamente questa barra (osservazioni analoghe sono state svolte anche su altre piccole barre laterali poste più a valle sempre in sponda sx).

Si ritiene in ogni caso che la diffusa presenza sulle sponde ed in tratti nell'alveo del substrato roccioso indichi la possibilità che in piene eccezionali possa essere mobilitato profondamente e quasi completamente almeno in alcuni tratti, il sedimento in alveo.
I parametri statistici denotano una distribuzione granulometrica con una lieve asimmetria verso il materiale fine in accordo con la distribuzione caratteristica dei tratti terminali di pianura dei corsi d'acqua.
Come già indicato, il campionamento numerale è una fotografia dell'alveo attuale, e non consente di verificare, a meno della rimozione della copertura, le granulometrie al disotto dello strato superficiale (corazzamento) e, quindi, i risultati dell'analisi granulometrica possono mutare a seguito di piene con differente capacità di trasporto, ancorché come indicato la barra in cui è stata svolta la stazione N.1 pare mantenere nel tempo una condizione stazionaria.

4 - GEOMORFOLOGIA - ANALISI MORFOMETRICHICHE E IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLA PRESA

Il Bacino idrografico del Torrente Arroscia interessa anche la Provincia di Savona e la Provincia di Cuneo ed ha una superficie complessiva alla foce ad Albenga, dopo la confluenza nel fiume Centa, di 432 kmq. La porzione imperiese del bacino del Centa ha una superficie di circa 210 kmq, mentre quella savonese raggiunge una superficie di circa 197 Kmq; la parte piemontese circa 25 kmq. Relativamente al solo bacino del Torrente Arroscia sotteso alla confluenza con il fiume Centa presenta una superficie complessiva di circa 237 kmq con una pendenza media del corso d'acqua intorno al 5,4%. Il bacino in esame si estende in direzione ovest-est ed ha forma irregolare, molto ampia nella parte alta a monte dell'abitato di Pieve di Teco e più ristretta a valle di Borghetto D'Arroscia sino alla confluenza con il Centa. Lungo lo spartiacque piemontese la fascia settentrionale confina con il bacino del Tanaro, a sud-ovest con il bacino del Torrente Argentina e a sud con quello del Torrente Impero.



Il punto più alto dello spartiacque è rappresentato dal Monte Frontè (2152 m. s.l.m.) nell'estremo settore occidentale; procedendo da monte verso valle il limite di bacino è poi definito a nord da Cima Garlenda (2143 m.), Cima Caruetta (1800 m.), Poggio La Croce (1332 m.), Poggio S. Martino (1401 m.), Poggio Carpano (1401 m.), Poggio Ciappa del Cuco (1303 m.), Colla dei Boschetti (1226 m.), Poggio delle Forche (1193 m.), Poggio Possanghi (1174 m.), Colle di Nava (933 m.), Poggio Richermo (1206 m.), Colla S. Bernardo (1057 m.), Monte Ariolo (1221 m.), Bric Castagnino (1216), Passo di Prale (1243 m.), Colla Caprauna (1379 m.), Rocca delle Penne (1502 m.), Rocca Tramontina (1482 m.), Monte Bello (1318 m.), Rio Pennavaire, Cima Autero (852 m.). Mentre verso sud i rilievi più significativi sono: Colle di Garezzo (1771 m.), Cima dell'Ortica (1810 m.), Poggio Pearza (845 m.), Monte Monega (1881 m.), Rocca dell'Agnello (1789 m.), Monte Bussana (1701 m.), Cima di Donzella (1636 m.), Monte Arborea (1549 m.), Carmo di Brocchi (1610 m.), Monte Pizzo (1418 m.), Monte Fenaira (1458), Monte Carpasina (1413 m.), Monte Grande (1418 m.), S. Bernardo di Conio (987 m.), Monte Aurigo (1123 m.), Monte delle Vallasse (1207 m.), Monte Guardiabella (1219 m.), Picco Ritto (927 m.), Colle S. Bartolomeo (926 m.), Monte Mucchio di Pietre (770 m.), Torre d'Ubaga (827 m.), Monte Riondo (771 m.).
Il bacino si sviluppa quindi in un ambiente principalmente montano e collinare con il fondovalle che si sviluppa su quote modeste solo a partire dall'abitato di Pieve di Teco (quota alveo intorno a 200m). Il Torrente Arroscia nasce nei pressi dell'abitato di Poilarocca ad una quota di circa 1400 m.s.l.m. e si snoda con andamento sinuoso secondo una direzione W-E. Il reticolo idrografico si presenta di tipo dendritico, con le aste principali dei torrenti disposte a raggiera, e si apre a ventaglio dall'abitato di Ponterotto verso monte. L'asta principale dell'Arroscia misura una lunghezza di circa 38 Km sino alla confluenza con il torrente Neva, posta intorno alla quota assoluta 7m, da cui si origina il Fiume Centa.
L'organizzazione del reticolo evidenzia spesso valli parallele la cui impostazione sembra dettata da eventi tettonici, in particolare da una serie di faglie con direttrice NE-SW; talvolta si comporta differentemente seguendo percorsi dettati probabilmente dalla diversa erodibilità dei terreni. Nei pressi di Pieve di Teco confluiscono nell'Arroscia, il Torrente Arogna (tributario sinistro) e poco più a valle il Torrente Giara di Rezzo (tributario destro)che costituiscono i due sottobacini principali. La classificazione dell'ordine gerarchico del reticolo idrografico dei corsi d'acqua principali del bacino risulta secondo Strahler (Dati desunti dai P.T.A. del torrente Arroscia Imperia e Savona):

- Torrente Arroscia all'altezza della presa dell'impianto in progetto: ordine 6
- Torrente Arogna in prossimità della confluenza con il torrente Arroscia: ordine 5
- Torrente Giara di Rezzo in prossimità della confluenza con il torrente Arroscia: ordine 5.

Relativamente alla morfometria del bacino sino alla sezione di presa dell'impianto idroelettrico in progetto, si riportano i seguenti dati:

- Superficie totale del bacino imbrifero sotteso all'opera di presa 199 kmq;
- Altitudine massima: 2.152 m s.l.m. (Monte Fronte);
- Quota all'opera di presa: 75,00 m s.l.m.;
- Altitudine media del bacino sotteso dalla sezione di presa 1014 m. s.l.m.;
- Lunghezza dell'asta principale sino all'opera di presa circa 29 km;
- Pendenza media dell'alveo sino alla sezione di presa 7,2%;
- Pendenza Media versanti circa 23%.

Il Torrente Arroscia considerate le caratteristiche di bacino montano e la notevole estensione areale presenta un notevole trasporto solido. I depositi alluvionali di fondovalle acquistano potenze significative a valle dell'abitato Pieve di Teco raggiungendo potenze elevate in prossimità della confluenza con il fiume Centa. Per quanto riguarda le aste secondarie, attualmente la

deposizione avviene prevalentemente nei tratti più a valle delle aste, con alveo in erosione nella parte a monte. La presenza di briglie sull'asta principale dell'Arroscia e dei suoi affluenti principali ha però localmente modificato profondamente i fenomeni di erosione e deposito dei sedimenti anche se attualmente pare essere stato raggiunto un sostanziale equilibrio. Si è cercato di stimare il trasporto solido medio annuo in sospensione utilizzando la nota formulazione di Fournier (1961) che dipende dal regime pluviometrico oltre che dalle caratteristiche morfologiche del bacino (S_{tot}, H_{med}, i_{med}) :

$$LogE = 2{,}65 \cdot Log\left(\frac{P^2}{P_m}\right) + 0{,}46 \cdot LogH^0 \cdot TgI_m - 1{,}56$$

Dove: I_m = altezza media del bacino = 1014m, e per i valori pluviometrici si è fatto riferimento ai valori medi della Stazione di Pieve di Teco con i seguenti valori: - Precipitazione del mese più piovoso P ≈ 180 mm; - Precipitazione media annua Pm≈ 1.179 mm; - Altezza media della stazione di misura H°≈260m slm. Si è ottenuta una erosione media annua per unità di superficie pari a: $T_{uFournier}$ =181,3 ton/kmq*anno che secondo la classificazione di Fournier è considerato un grado di erosione medio. Alla sezione di presa (bacino sotteso) si ottiene, quindi, una quantità complessiva di trasporto solido in sospensione T_{tot}= 36077 ton*anno e ponendo una densità media del sedimento di 2,6t/mc si ottiene un volume complessivo di detrito V_{tot}=13876mc. Se si considera, inoltre, un valore medio della densità della coltre di copertura superficiale di 1,8t/mc si ottiene un valore della profondità d'erosione media del bacino di 0,10 mm*anno. La formula di Fournier è stata sviluppata su bacini di elevata estensione che presentano tratti montani contenuti rispetto all'estensione totale del bacino, ed é quindi lecito attendersi nel caso in esame dove il bacino si sviluppa essenzialmente in un ambiente montano e collinare, una sottostima del valore del trasporto solido anche di un fattore 2. È evidente, inoltre, che nel caso in esame lo sviluppo di un singolo fenomeno di frana sui versanti connesso al reticolo idrografico (erosioni di sponda) o lo svilupparsi di una colata detritica in uno dei numerosi affluenti in occasione di eventi alluvionali, può modificare radicalmente e repentinamente il valore del trasporto solido, rendendo inefficaci tutti i tentativi di stima del fenomeno.

4.1- GEOMORFOLOGIA - DESCRIZIONE DELL'AREA INTERESSATA DALL'IMPIANTO IDROELETTRICO IN PROGETTO e DEI SITI DI CAMPIONAMENTO GRANULOMETRICO IN ALVEO

In questa fase d'indagine i sopralluoghi sono stati mirati alla porzione di bacino interessata direttamente dalla realizzazione dell'impianto idroelettrico: - area di presa e tratto di alveo percorribile del torrente Arroscia a valle della presa; -percorso del canale a pelo libero; -area di costruzione della centrale e rilascio. In particolare, come già detto, è stata eseguita lungo il corso d'acqua una stazione di misura dei sedimenti presenti in alveo. Nel dettaglio procedendo da monte verso valle, l'indagine di campagna ha consentito di rilevare le seguenti particolarità sedimentologiche, geomorfologiche e geologiche (Ved. All. Carta Geologica).

4.1.1 - AREA DI PRESA DELL'IMPIANTO IN PROGETTO – STAZIONE GRANULOMETRICA S.1

La presa dell'impianto idroelettrico in progetto potenzia quella esistente posta intorno alla quota assoluta 75m all'altezza di una traversa. Il profilo dell'alveo dell'Arroscia in questo tratto è stato profondamente modificato dalla realizzazione di una serie di traverse che hanno alterato la

preesistente dinamica torrentizia di tipo erosivo, favorendo l'attuale stato di sostanziale equilibrio fra deposito e trasporto del sedimento.



FOTO N. 6) *Alveo del torrente Arroscia all'altezza della presa (75m). Si noti come una grande parte del deflusso catturato dalla presa in sponda sx sia rilasciato subito a valle, non essendo il canale in grado di gestire tutto il deflusso. Come si vede affiora diffusamente il substrato roccioso appartenente alle Quarziti di Monte Bignone (QMB) su entrambe le sponde.*

In quest'area affiora diffusamente in entrambe le sponde in erosione il substrato roccioso appartenente alle Quarziti di Monte Bignone (QMB), mentre in alveo sono presenti spessori da medio-sottili ad elevati di depositi detritici alluvionali (am) concentrati generalmente in barre detritiche laterali mobili. Il sedimento, come già indicato, presenta una dimensione media della ghiaia molto grossa e sono presenti anche blocchi rocciosi rotolati di dimensioni generalmente inferiori al metro, disposti con asse maggiore ortogonale al flusso della corrente. Questi depositi nei tratti d'alveo di maggior ampiezza possono formare localmente degli isolotti, si veda nell'immagine area sottostante (Foto N.5) nel tratto sotteso fra le due briglie (traverse). A valle delle traverse il flusso in cascata genera delle ampie pozze che si approfondiscono anche di 3m rispetto al profilo del corso d'acqua.

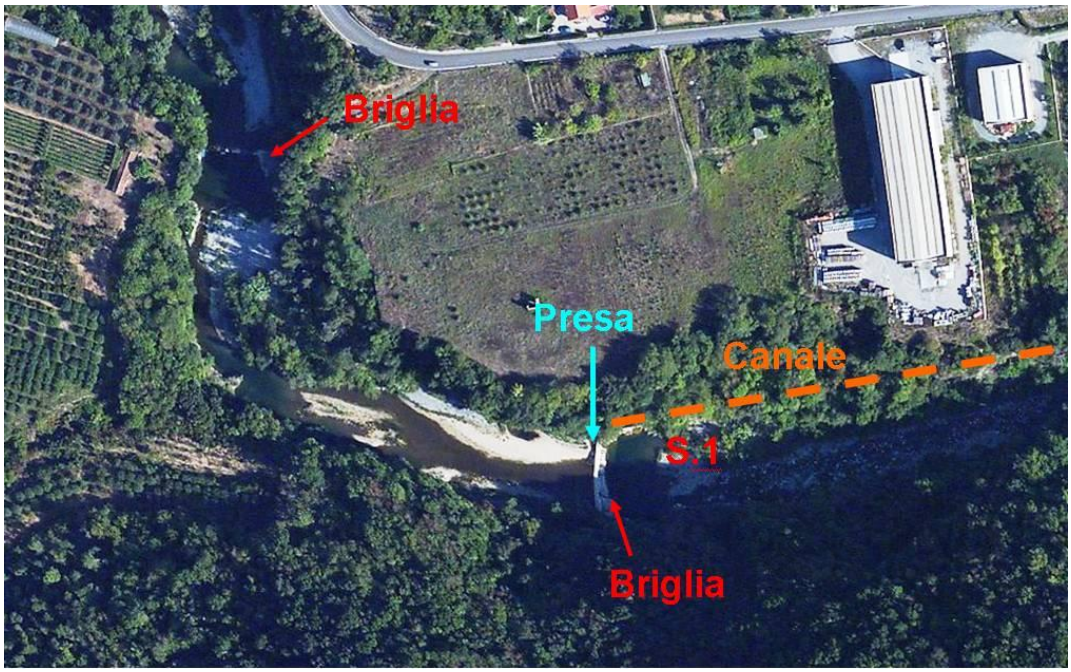


Figura 6) In questa immagine aerea si può notare in un periodo di magra la disposizione delle barre e delle zone di pozza alla base delle briglie (traverse). È ben visibile la presa in sponda sinistra a tratto arancione è stato indicato il percorso del canale a pelo libero.

Come indicato la traversa su cui è posta la presa è profondamente immorsata nel substrato roccioso appartenente alla Quarziti di Monte Bignone (QMB): in sponda sinistra affiorano i termini pelitici delle argilliti inferiori (QMB) con striature color vinaccia.



FOTO N. 7) *Affioramento delle Argilliti inferiori dell'unità delle Quarziti di Monte Bignone (QMB) nel punto d'innesto della traversa in sponda sinistra dove è presente la presa.*

Le argilliti inferiori pur presentando generalmente un aspetto compatto, mostrano degli evidenti piani di scistosità che sottoposti agli agenti atmosferici, tendono in superficie a sfogliarsi e a rinnovare progressivamente il versante con piccoli crolli di materiale lapideo. Queste presentano localmente una direzione della stratificazione intorno a 90° N con immersione verso Sud e inclinazione intorno a 20°. L'ammasso localmente è quindi disposto a franapoggio verso l'asta dell'Arroscia.

Poco a monte della traversa in sponda destra è visibile il passaggio stratigrafico fra le Quarziti di Monte Bignone ed i sovrastanti i Calcari di Ubàga (UBA). Questi pur presentando analoga direzione intorno a 90°N immergono verso Nord con una inclinazione prossima a 45°.



FOTO N. 8) *Passaggio stratigrafico fra la Quarziti di Monte Bignone (QMB) ed i sovrastanti Calcari di Ubàga cm(UBA).*

A valle della briglia è presente una zona di pozza scavata dalla flusso in cascata che localmente, secondo quanto rilevato, raggiunge la profondità di circa 3m rispetto al fondo alveo più a valle. La perdita di energia porta alla formazione di una barra detritica poco più a valle che si sviluppa essenzialmente in sponda sinistra.
Come indicato questa barra laterale pare mantenere una certa stabilità nel tempo ma è soggetta a modificazioni anche profonde in occasione di piene non ordinarie.
Il campionamento S1 è stato eseguito, su questa barra laterale ben organizzata che si estende attualmente per circa una decina di metri dalla sponda sinistra, ed è posta in continuità con il corso d'acqua subito a valle della pozza.



FOTO N. 9) *Barra laterale sulla quale è stata svolta la stazione granulometrica S1*.

La granulometria prevalente rilevata nella Stazione N.1 è costituita da ghiaia molto grossa, ed essendo in continuità con il fondo dell'alveo, il sedimento non è uniforme e presenta un grado di classazione molto basso. La curva granulometrica è risultata asimmetrica verso il materiale più fine. In alveo, in effetti, il materiale detritico più fino delle dimensioni della sabbia è presente solo in particolari condizioni di corazzamento (è coperto o protetto da blocchi rocciosi e massi), oppure in zone protette dal deflusso ordinario.



FOTO N. 10) L'alveo a valle della pozza in una foto scattata nell'agosto del 2009. Si notino la grossolanità del sedimento con presenza anche di grossi massi con asse maggiore intorno al metro. Sono visibili in prossimità della sponda destra affioramenti in alveo del substrato roccioso (QMB).

Le granulometrie più fini rilevate in questa stazione si sono sedimentate probabilmente nella fase terminale dell'ultima piena del 17 gennaio 2014, ma localmente il materiale più grossolano non pare aver subito trasporto e la vegetazione arbustiva posta sulla barra se pur sommersa dalle acque non è stata sradicata. Come si può constatare dal confronto fra le foto scattate nell'agosto del 2009, e quelle scattate in occasione dell'ultimo sopralluogo di marzo 2014, pur nella variabilità delle condizioni d'alveo imposte dalle piene del torrente si mantiene una certa continuità deposizionale sia nel sedimento che nelle forme.

4.1.2 - PERCORSO DEL CANALE DI DERIVAZIONE

Il canale prende avvio dall'opera di presa alla quota assoluta 75m in sponda sinistra. Su questa sponda, come già indicato, affiora diffusamente il substrato roccioso delle Quarziti di Monte Bignone (QMB), su di una parete strapiombante. Pochi metri più a valle il versante si addolcisce con la presenza di un terrazzamento contenuto da un muro in pietra a secco di altezza di poco superiore al metro.



FOTO N. 11) *A valle della presa dopo un primo tratto con parete rocciosa strapiombante, il versante sia addolcisce. Il blocco sopra il canale serve ad evitare che il materiale detritico e flottante trasportato dalle piene dell'Arroscia possa occludere un lungo tratto di canale. In questo punto il canale è praticamente in continuità con l'alveo.*

In questo tratto lungo circa 130m non si ravvisano particolari problematiche geologiche e geotecniche. Il percorso del canale nel primo tratto segue parallelamente la sponda sinistra, ad una quota di poco superiore a quella dell'alveo. All'altezza circa della progressiva 140m dalla presa, si raggiunge un tratto lungo circa 30m, di una certa pericolosità geomorfologica, data dalla presenza di un versante strapiombante con roccia affiorante (QMB), che rilascia periodicamente materiale

roccioso brecciode e che si accumula alla base della parete sul percorso del canale, che ivi scorre in una condotta protetta da una copertura in calcestruzzo.



FOTO N. 12) Tratto lungo circa 30m con versante strapiombante che rilascia materiale breccioide (Stratificazioni di QMB con disposizione tendenziale a frana poggio). Il canale in tutto questo tratto è stato intubato e protetto da una copertura in calcestruzzo.

La parete presenta in prossimità della sommità il passaggio alle alluvioni antiche terrazzate (aa) che costituiscono l'ampio terrazzo alluvionale di regione Doneghi. Si tratta di alluvioni antiche che individuano ampi terrazzi sub-orizzontali sia in sponda destra che sinistra, spesso alternati rispetto all'asta torrentizia, per tutta la bassa valle dell'Arroscia.



FOTO N. 13) Particolare della parete in prossimità del ciglio del terrazzo ove si nota il passaggio alle sovrastanti alluvioni antiche (aa) che costituisco il pianoro di località Doneghi.

Questo terrazzo si trova ad una quota mediamente più elevata di circa 20m rispetto all'alveo attuale del torrente Arroscia e presenta, dalle osservazioni di superficie uno spessore non uniforme variabile da sottile ad elevato con potenze generalmente comprese fra 1÷4m, almeno sui bordi del terrazzo ove è possibile osservare la stratigrafia del deposito. Anche questi depositi sono soggetti al rilascio in parete a seguito del crollo delle quarziti sottostanti. Sulla sponda opposta affiora diffusamente il substrato roccioso delle Quarziti di Monte Bignone (QMB). Si ritiene che in questo punto lo spessore delle alluvioni mobili (am) in alveo non sia uniforme per la presenza di affioramenti del substrato roccioso e in ogni caso non superi i 3m.



FOTO N. 14) *Vista della sponda dx; in questo punto l'alveo è stretto fra due pareti subverticali con substrato roccioso affiorante (QMB) su entrambe le sponde.*

Il canale in questo tratto, come già indicato, scorre in una condotta protetta da uno strato di calcestruzzo, per evitare i continui interventi manutentivi di rimozione del materiale lapideo rilasciato dalla parete rocciosa. Superata questa zona si raggiunge un breve tratto in cui il versante è arretrato rispetto al canale e non presenta particolari pericolosità: in questo punto è possibile raggiungere la sommità del terrazzo alluvionale attraverso un breve sentiero che consente di stimare lo spessore delle alluvioni antiche.



FOTO N. 15) *Il substrato QMB raggiunge quasi la sommità del ciglio del terrazzo alluvionale di località Doneghi, lo spessore dell'alluvione è ridotto minore di 2m.*



FOTO N. 16) *Particolare della parete completamente ricoperta da concrezioni di travertino intorno alla progressiva 220m.*

Dopo questa rientranza si presenta un ulteriore e ultimo tratto con parete strapiombante con la particolarità di una diffusa percolazione di acque ricche di carbonato di calcio che concrezionano la parete e la vegetazione. Localmente l'ammasso roccioso presenta delle stratificazioni pelitiche di color grigio scuro simili all'ardesia con direzione di strato intorno a 310°Nord, immersione verso NW ed inclinazione intorno a 20°

Non si ravvisa la pericolosità geologica del tratto precedente, in effetti alla base del versante non si notano allo stato attuale accumuli detritici di una certa importanza ma il canale scorre comunque incanalato in una condotta coperta da calcestruzzo, ciò fa pensare che anche questa parete occasionalmente è soggetta a rilascio di materiale. Questo tratto è lungo meno di 30m, poi intorno alla progressiva 240m la valle si amplia e per un tratto lungo circa 80m è presente in sponda sinistra un terrazzo alluvionale non più inserito nella dinamica torrentizia ma potenzialmente allagabile in occasione di piene eccezionali. Il terrazzo è posto alcuni metri sopra l'alveo attuale ed il canale esistente riprende il suo corso a cielo aperto.



FOTO N. 17) *Superata la parete concrezionata la valle si amplia, non vi sono più particolari problemi geologici e geotecnici, il canale è nuovamente a cielo aperto.*

Superato questo tratto, intorno alla progressiva 390m e sostanzialmente sino alla centrale in progetto, si ritrovano nuovamente condizioni con versante in roccia affiorante generalmente acclive a tratti strapiombante ma non si sono evidenziate particolari condizioni di pericolosità geomorfologica.



*FOTO N. 18**)** Particolare del canale visto da valle verso monte nel punto in cui il versante sx dell'Arroscia aumenta nuovamente la sua acclività, si noti la presenza del substrato roccioso (QMB) sia sul versante sovrastante che sottostante.*

In questo tratto prima dell'attraversamento del Rio Di Capitolo *(indicato anche come Rio delle Rive)* il canale scorre "immorsato" nel substrato roccioso (QMB), e si misurano direzioni di strato con Direzione 5°N ed immersione verso W con inclinazione variabile fra 45÷50°. L'assetto strutturale è quindi ad attraversopoggio generalmente favorevole alla stabilità del versante.



*FOTO N. 19**)** Particolare del canale visto da valle verso monte poco prima del ponticello di attraversamento del Rio Di Capitolo (Rio delle Rive). Affiora diffusamente il substrato (QMB) in questo tratto il canale esistente a delle perdite che si riversano in modo diffuso sulla sponda dell'Arroscia le cui acque s'intravedono fra la vegetazione.*

In prossimità della confluenza del Rio Di Capitolo con l'Arroscia, intorno alla progressiva 430m rispetto alla presa, la valle si amplia e si riduce l'acclività del versante a monte del canale. Nell'alveo e sulle sponde la copertura detritica è in ogni caso ridotta da sottile a media e affiora a tratti sia sulle sponde sia in alveo il substrato roccioso (QMB).



*FOTO N. 20**)** Il canale nel punto di attraversamento del Rio Di Capitolo (Rio Delle Rive), lo spessore della copertura alluvionale è ridotta, affiora a tratti il substrato roccioso (QMB).*

L'impalcato e le spalle del pontino paiono in sufficienti condizioni di manutenzioni, ed anche l'alveo è mantenuto in sufficienti condizioni: non sono presenti occlusioni di materiale detritico e/o vegetale.

Circa quindi metri dopo la confluenza si giunge all'area ove è prevista la realizzazione della centrale intorno alla progressiva 440m). In questo tratto il substrato roccioso (QMB) affiora diffusamente con direzione delle stratificazioni sempre intorno 0°N ed immersione verso Ovest con inclinazione intorno a 46°.



FOTO N. 21) Il canale nell'ultimo tratto sino all'area prevista per la realizzazione della centrale intorno alla progressiva 440m. Affiora sul versante a tratti strapiombante, diffusamente il substrato roccioso (QMB), a tratti rivestito da muri a secco .

La stratificazione della parete rocciosa sovrastante, a tratti rivestita da un muro a secco, presenta anche in questo punto un assetto ad attraversopoggio rispetto al versante e non sono presenti sintomi o segni sia nel versante sia nei manufatti esistenti che indichino la presenza di movimenti di massa nel pendio.

4.1.3 - AREA DI COSTRUZIONE DELLA CENTRALE E RILASCIO – STAZIONE GRANULOMETRICA S.3

L'area di costruzione della centrale idroelettrica in progetto è ubicata in adiacenza all'antico ed esistente fabbricato in cui è collocata la centralina idroelettrica esistente e la stazione di pompaggio del Consorzio Irriguo Paraone Arroscia ed in prossimità alla Strada Statale N.453 della Valle Arroscia. Il vecchio ed in nuovo fabbricato si inseriscono in un contesto geologico stabile con substrato roccioso affiorante, costituito dalle Quarziti di Monte Bignone (QMB).

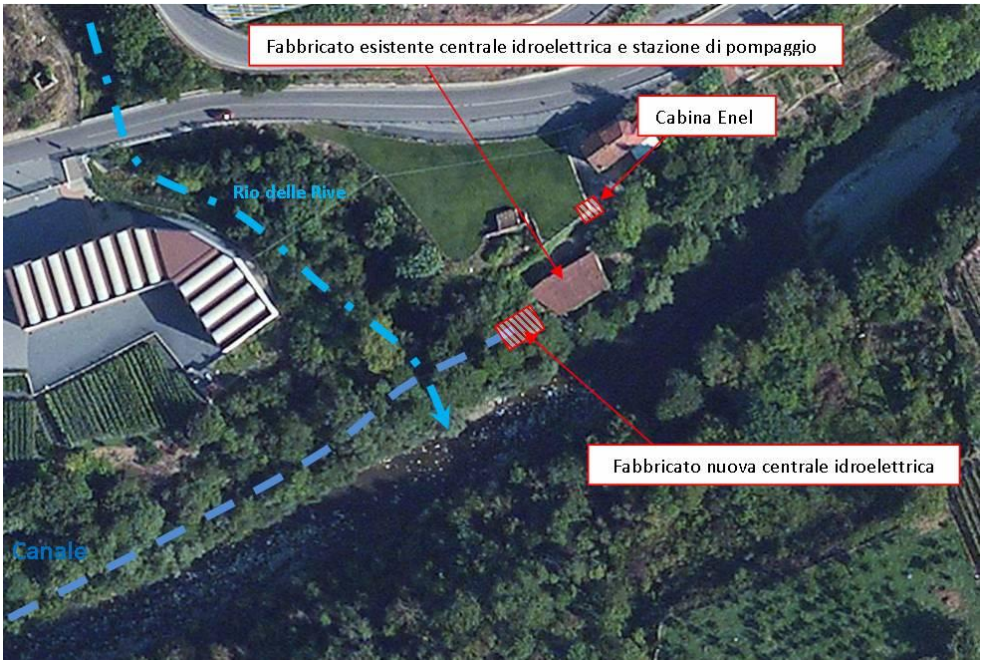


Figura 7) Immagine aerea dell'area di costruzione della centrale, estratta da Bing-maps.

Il versante si presenta molto acclive e come già indicato all'altezza del canale esistente, si misurano sull'ammasso roccioso giaciture della stratificazione con direzione intorno a 0°N ed immersione verso Ovest con inclinazione intorno a 46°. Il substrato affiora sino all'alveo dell'Arroscia (Quota assoluta rilascio≈69m) dove sotto un arco in pietra in fondazione del vecchio fabbricato (Quota ≈70,5m) è possibile osservare la facies delle *Argilliti mediane* delle QMB. Queste localmente affiorano in straterelli da centimetrici a decimetrici blandamente deformati, con direzione prevalente intorno a 35°N ed immersione verso NE con inclinazione intorno a 40°.



*FOTO N. 22**)** Affioramento della facies delle Argilliti mediane delle Quarziti di Monte Bignone, in fondazione del fabbricato della centrale esistente del consorzio irriguo. Sono visibili livelletti centimetrici di quarzo (Si veda il particolare nella Foto N.3).*

Quest'ultima giacitura è anomala rispetto a quelle osservate lungo il canale e a monte del fabbricato è indotta probabilmente da una ondulazione della sequenza, ivi facilmente deformabile per la presenza di straterelli pelitici. In ogni caso l'assetto strutturale dell'ammasso è localmente favorevole alla stabilità del pendio essendo la disposizione della stratificazione da attraversopoggio a reggipoggio. Il manufatto in progetto posto a filo dell'argine esistente, sarà quindi inserito interamente nel substrato roccioso, sia in fondazione che nei tre lati interrati.



FOTO N. 23) Il possente muro portante del fabbricato del consorzio irriguo, lungo la sponda sinistra dell'Arroscia: questo costituisce nelle piene l'argine sinistro. Si noti a monte del fabbricato, lo scarico delle acque del canale. Questo regola l'afflusso in eccesso o versa interamente i alveo il deflusso nella fase di fermo dell'impianto. A monte dello scarico è prevista la realizzazione del nuovo manufatto di centrale seminterrato e allineato all'argine esistente, la freccia a tratto rosso ne indica l'ubicazione.

Si sottolinea nuovamente che anche in questa zona ancorché la cartografia geolitologica del Piano di Bacino non indichi la presenza del substrato roccioso affiorante, sono visibili le stratificazioni delle Quarziti di Monte Bignone (QMB) su entrambe le sponde.



FOTO N. 24) Affioramento delle Quarziti di Monte Bignone anche in sponda destra. L'immagine è stata scatta all'altezza del fabbricato della centrale esistente.

Le alluvioni antiche (aa) indicate nel P. di B. in sponda destra affiorano solo sulla sommità della sponda e sono di ridotto spessore, almeno nella zona di ciglio visibile dall'alveo.

4.1.4 CRITICITA' IDROGEOLOGICHE

In merito alla potenziale capacità di infiltrazione del DMV nel tratto sotteso dal canale di derivazione in progetto, si evidenzia che i sopralluoghi hanno consentito di rilevare che non è presente un vero e proprio materasso alluvionale profondo e continuo, tale da costituire un subalveo, con una sostanziale capacità di infiltrazione ed immagazzinamento con deflusso in falda e/o dispersione laterale. Ciò è attestato dalla documentazione fotografica inserita nella presente relazione.



FOTO N. 25) Foto scattata ad agosto 2009, a valle della traversa. Sulla sinistra idrografica si nota la piccola barra, su cui è stato eseguito nel 2014 il campionamento dei sedimenti (Stazione S.1). Si notano gli affioramenti del substrato su entrambe le sponde su cui poggia la traversa.

Si specifica che i depositi detritici in alveo, costituiti essenzialmente da sedimenti alluvionali mobili (am) ove presenti con spessori rilevanti (al massimo 3,50 m) sono di estensione areale limitata a qualche metro quadrato. Sono generati essenzialmente all'artificialità del tratto in esame del corso d'acqua, caratterizzato da una serie di sbarramenti artificiali, che hanno modificato l'originaria dinamica torrentizia. Inoltre la rettifica del profilo del corso d'acqua ha portato, nel tempo, ad una ridistribuzione dei sedimenti alluvionali, che hanno colmato precedenti depressioni (probabili pozze d'erosione fluviale), creando nuove pozze e barre laterali, generando allo stato attuale un nuovo sostanziale equilibrio nella dinamica di trasporto dei sedimenti.

Sono presenti zone di accumulo anche rilevanti a monte delle briglie/traverse e profonde pozze di erosione a valle delle stesse, lungo il canale di deflusso. Sempre a valle delle briglie/traverse, ma ai lati delle pozze, sono presenti delle aree, definibili di calma, in cui avviene il deposito laterale dei sedimenti, nella fase terminale delle piene. Ne è un esempio la barra in sponda sinistra, che costituisce zona di calma, dove è stato effettuato il campionamento sedimentologico (Stazione S.1).



FOTO N. 26) Foto scattata a fine giugno 2015 sempre valle della traversa, poco più a valle della precedente foto. Si noti come la situazione sia sostanzialmente immutata. Sono evidenti gli affioramenti del substrato (qzQMB) che si protendono nell'alveo, in prossimità della sponda destra.

Il substrato roccioso è costituito, lungo tutto il tratto sotteso, dalle Quarziti di Monte Bignone (qzQMB), formazione argillitica sostanzialmente impermeabile, che nei livelli più lapidei e stratificati (Quaziti inferiori) può risultare semipermeabile per fratturazione, ma si ritiene che mantenga sempre valori estremamente bassi di permeabilità con K<10-4 cm/sec.
Il substrato affiora pressoché con continuità sia in sponda destra che in sponda sinistra, sia dove è presente la traversa per l'opera di presa, che lungo il tratto sotteso dall'impianto, fin oltre la zona di rilascio.
Il Torrente Arroscia, nel tratto sotteso dal canale di derivazione, scorre in un alveo pressoché rettilineo, con sponde incise nel substrato roccioso. Si configura quindi come un canale d'erosione con sponde verticalizzate, il cui alveo è coperto a tratti da uno strato di sedimenti alluvionali mobili, particolarmente evidenti nelle zone di calma o di ritenuta, come presso le barre laterali o a monte delle briglie/traverse, ove presentano spessori consistenti ed una certa stabilità.
Si può quindi affermare con sicurezza che non vi sono perdite di deflusso sotterraneo apprezzabili nel tratto sotteso dal canale di derivazione, o comunque significative ai fini del calcolo del DMV.
Si può, altresì rilevare che, lungo il contatto tra le alluvioni antiche (aa) poste sul pianoro in Località Doneghi e la sottostante formazione argillitica (qzQMB), anche in periodo asciutto sono presenti venute d'acqua minuscole che drenano verso l'alveo. La linea di contatto si sviluppa, in effetti, sul versante scosceso, in prossimità delle sponde ed è assimilabile ad un apporto idrico di falda, ancorché modesto, sul tratto sotteso del corso d'acqua.

5 - SPUNTI METODOLOGICI E CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DEI PARAMETRI DA UTILIZZARE NELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

Esiste una recente ed ampia bibliografia sugli interventi in alveo e di sistemazione dei corsi d'acqua che prende spunto da metodologie sviluppate dall'U.S. Army Corps of Engineers (1994-1997) per la progettazione di canalizzazioni stabili, successivamente riprese e sviluppate in ambiente alpino da autori italiani fra cui Armanini (1999), Pica (2000) e D'Agostino (1996-2006).
In generale ed in prima approssimazione, la ricerca della configurazione di equilibrio con riferimento ad un corso d'acqua monocursale sub-rettilineo in cui predomina il trasporto di fondo e senza sensibili erosioni laterali, può essere semplificata dividendo l'asta del corso d'acqua in tratti omogenei e valutando la pendenza d'equilibrio, in modo tale da garantire l'uguaglianza tra il volume solido in ingresso al tronco in esame e il volume solido che il tronco stesso è in grado di trasportare (capacità di trasporto), con riferimento ad un'ampia scala temporale (Bilancia di Lane - 1955). Tale pendenza è nota in letteratura come pendenza di *compensazione* (Pica, 1974) ed è indice di una configurazione di equilibrio dinamico, per la quale i volumi solidi depositati in certi periodi ed erosi in altri, sono di entità tale che compensandosi danno luogo ad un assetto del fondo mediamente stabile. Nella pratica, a causa della variabilità naturale delle portate liquide e degli apporti solidi, una determinazione della pendenza di compensazione strettamente legata alla definizione precedente sarebbe alquanto difficoltosa, ed ai fini pratici improponibile, essendo necessario un complesso studio delle vicende evolutive dell'assetto morfologico del corso d'acqua esteso ad un periodo di riferimento di durata sufficientemente lunga. Pertanto si fa spesso riferimento in letteratura al deflusso di una opportuna portata di riferimento Q_r , assunta costante nel tempo, con la quale si ricerca quel valore di pendenza, detta di *equilibrio*, in corrispondenza della quale in un alveo di forma nota è possibile arrestare il materiale di assegnate dimensioni (Ferro, 2002), o meglio è possibile assistere alla sostanziale inamovibilità del materiale di dimensioni superiori a quelle di riferimento caratterizzate dal diametro d_X. Tuttavia tale pendenza, seppure vicina a quella di compensazione, non può essere immediatamente ritenuta tale, a causa della difficoltà di definire con attendibilità i valori di riferimento delle grandezze in gioco, cui si aggiunge la complessità della condizione di incipente movimento soprattutto in presenza di materiale d'alveo di granulometria assortita e di fenomeni di corazzamento.
In uno studio realizzato nell'ambito di un progetto di ricerca congiunto tra il Politecnico di Torino e il C.N.R., finanziato dalla Direzione Difesa del Suolo della Regione Piemonte, da R.Fabrizio e G.Bianco (2004), è stata messa a punto una metodologia speditiva che permette di valutare in prima approssimazione l'evoluzione morfologica di un corso d'acqua, nei riguardi delle variazioni altimetriche del fondo alveo. Si suddivide il corso d'acqua in esame in un certo numero di tratti a ciascuno dei quali possano essere assegnati un valore di pendenza costante, una forma e una dimensione della sezione trasversale, un valore di portata Q_r costante, i valori del diametro d_{90} e del diametro di riferimento d_x del materiale d'alveo che si intende mantenere in moto incipiente. Sotto le ipotesi che in ciascuno dei suddetti tratti il moto della corrente solido-liquida sia assimilabile ad uniforme, che il trasporto al fondo sia il meccanismo di trasporto dominante e che siano assenti apporti laterali ed erosioni di sponda, l'equazione del moto della fase liquida è:

$$Q_r = k_S \, C \, R^{7/6} \, (\tau/\gamma)^{0,5}$$

nella quale, oltre alla già definita Q_r , sono: C = Ω / R il contorno bagnato, rapporto tra l'area della sezione trasversale Ω e raggio idraulico R, $k_s = 26/(d_{90})^{1/6}$ coefficiente di resistenza, τ/γ = Ri con i pendenza motrice.
Utilizzando per le condizioni di moto incipiente della classe granulometrica rappresentata dal diametro di riferimento d_X, il valore di θ'_{CR} pari al θ_{CR} di Shields opportunamente corretto per tener conto della sommergenza, pendenza, assortimento granulometrico e corazzamento (Armanini, 1999), si ottiene:

$$Q_r - \{k_S\, C\, R^{7/6} [\theta'_{CR}\, ((\gamma_S/\gamma_W)-1)\, d_x]^{0,5}\} = 0$$

che può essere risolta iterativamente rispetto all'altezza d'acqua h, dopo aver espresso R e C in funzione di h stessa. Nota l'altezza d'acqua e di conseguenza il raggio idraulico, è possibile calcolare il valore della pendenza di equilibrio relativa alla portata Q_r ed al diametro d_x adottati attraverso la:

$$i = [\theta'_{CR}(\gamma_S - \gamma_W)\, d_x\,] / (\gamma_W\, R)$$

Sono presenti in letteratura altre formule per valutare i parametri suddetti, che sono state validate su specifici corsi d'acqua, in relazione alle granulometrie di riferimento, alle condizioni morfologiche quali la pendenza e la forma del canale, la larghezza dell'alveo, e al regime pluviometrico del bacino. Il progettista, nella modellazione idraulica, deve, quindi, scegliere la metodologia e le formule che meglio rappresentano le condizioni reali di deflusso del corso d'acqua in esame, o che possano meglio prevedere l'evoluzione dello stesso a seconda delle opere di correzione previste.
La portata Q_r indicata nelle formule è sostanzialmente una *portata rappresentativa* (Ferro, 2002), ai fini del modellamento, dell'intera gamma di portate effettivamente defluenti in alveo (Pica, 2000). In letteratura si ritrovano le seguenti indicazioni: portata *formativa* (Brath e Maione, 1996), portata *dominante* (Lamberti et al., 1984) portata di *modellamento*, portata *indice* (Pica, 2000). Dal punto di vista pratico, per la *portata formativa* Brath e Maione (1996) indirizzano verso la portata massima annuale di tempo di ritorno 2-3 anni circa. Pica (2000) indica come *portata indice* la media dei massimi annuali della portata al colmo, precisando che in alternativa si può fare ricorso alla portata con tempo di ritorno 2 anni, che lo stesso Autore ritiene poco diversa dalla precedente. Lo stesso Pica (2000), riferendo del *Manuale per la progettazione di canalizzazioni stabili* edito dall'A.S.C.E. e redatto da U.S.Army Corps of Engineers (1997), indica che, nel caso dei corsi d'acqua naturali, viene assunta come portata di progetto quella *dominante* posta uguale alla portata a piene rive, cui può essere attribuito un tempo di ritorno compreso fra 1,5 e 2 anni. Ferro (2002) assume come portata rappresentativa quella di tempo di ritorno pari a 2 anni. Lamberti et al. (1984), analizzando 21 corsi d'acqua dell'arco alpino, ricavano invece che in 14 casi la *portata dominante* è maggiore della biennale, in sei casi minore di essa e in un caso sostanzialmente la medesima, mostrando che la portata dominante varia da un corso d'acqua all'altro e ciò in relazione alle peculiarità del singolo corso d'acqua.
Pare opportuno, visti i molteplici approcci presenti in letteratura, fissare alcuni concetti base del modello concettuale esposto da Wolman e Miller (1960) sulla dinamica dei corsi d'acqua:
- La morfologia di un alveo mobile viene modificata da tutte le portate capaci di trasportare;

- Gli eventi di piena più grandi (Q_{50}-Q_{100} ecc), trasportano grandi quantità di sedimenti in tempi brevi, ma la loro frequenza è così bassa che la quantità di sedimenti trasportata è in realtà una piccola porzione della quantità totale trasportata nel lungo periodo;
- Le portate più efficaci nel conferire ad un corso d'acqua il suo assetto morfologico sono quelle che trasportano una moderata quantità di sedimenti, ma che si verificano con maggior frequenza.

Secondo alcuni autori (Leopold et al. 1964) è possibile individuare la portata formativa nella portata ad alveo pieno, "bankfull discarge", che è associata alle condizioni di trasporto al fondo necessario a mantenere la geometria del canale in equilibrio con la quantità dell'alimentazione dei sedimenti e la loro granulometria. In un alveo ghiaioso, tipicamente il materiale di fondo inizia a muoversi con un flusso pari a circa il 60% della portata al bankfull, e l'80% della quantità annuale di materiale trasportato al fondo viene mobilizzata con flussi compresi tra 0,8 e 1,6 volte la portata al bankfull (Billi – 2005).

Relativamente al diametro caratteristico d_X cui far riferimento per la ricerca della pendenza di compensazione, Ferro (2002), a seguito di verifiche di campo, suggerisce di orientarsi verso frattili elevati della curva granulometrica d_{84} o d_{90}. Nel manuale dell'A.S.C.E. sopra citato, si fa riferimento invece al d_{50}. Pica (2000), nel proporre dei criteri per la progettazione di canalizzazioni stabili, fa uso del diametro medio ponderale pari circa al d_{60}.

Secondo quanto indicato in recenti pubblicazioni da V. D'Agostino (2006), nella progettazione d'interventi di correzione dei corsi d'acqua in ambiente alpino, il dimensionamento delle opere longitudinali e trasversali dovrebbe essere eseguito su portate con tempi di ritorno compresi fra 10 e 30 anni e i diametri medi ponderali di riferimento sono quelli compresi fra d_{50} e d_{90}. Lo stesso Autore individua i seguenti limiti applicativi dei parametri suddetti, che sono d'indirizzo alla scelta progettuale:

Percentili e Portate di riferimento	Scelta progettuale
d_{50} e Q_{30}	**più prudenziale**
d_{90} e Q_{10}	**meno conservativa**

È evidente che la scelta delle grandezze Q_r e d_x da utilizzare per la ricerca di un valore attendibile della pendenza di compensazione risulta abbastanza problematica, essendo possibile assumere più coppie di valori Q_r, d_x seppure compresi negli intervalli sopra definiti.

A causa del grado di arbitrarietà insito nella scelta dei valori Q_r e d_x, non si può quindi ritenere a priori che la pendenza di equilibrio calcolata per fissati valori di Q_r e d_x corrisponda alla pendenza di compensazione. Affinché ciò si possa affermare, occorre fare un confronto tra i volumi solidi medi annui potenzialmente trasportabili in ogni tronco. Come noto, se non c'è scompenso tra il volume in ingresso e il volume in uscita dal tratto considerato, esso è in equilibrio; se il volume medio annuo potenzialmente trasportabile è sostanzialmente uguale a quello che caratterizza i tratti antecedenti e seguenti, l'insieme indica una porzione di corso d'acqua in sostanziale stato di equilibrio alla scala temporale ampia, scelta per l'analisi. La coppia di valori Q_r e d_x che, nei suddetti tratti in equilibrio, fornisce un valore della pendenza calcolata pari alla pendenza reale, potrà essere utilizzata per esaminare i restanti tratti, permettendo di trarre utili indicazioni circa la tendenza evolutiva di questi ultimi. Se la pendenza reale risulta maggiore della pendenza calcolata, il tratto può essere soggetto a fenomeni di erosione, anche per valori di portata inferiori a Q_r ; se le due pendenze pressappoco coincidono, il tratto è praticamente in una situazione di

equilibrio dinamico; se la pendenza reale è minore della pendenza calcolata, il tratto può essere potenzialmente soggetto al deposito di eventuale materiale proveniente da monte.
È chiaro che queste valutazioni non tengono conto di potenziali fenomeni d'erosione laterale che possono mobilizzare grandi quantità di materiale provocando lo scoscendimento delle sponde e dei versanti, con modifiche profonde della morfologia dell'alveo. Normalmente questi fenomeni sono collegati ad eventi parossistici le cui conseguenze sono di difficile previsione e quasi mai implementate nei calcoli di progetto. La quantità di materiale mobilizzato e le modifiche alle condizioni di deflusso (mutamenti della morfologia del corso d'acqua, ostruzioni, aggiramenti, scalzamenti d'argini ecc.) possono modificare in modo rilevante la portata di riferimento, la scabrezza dell'alveo ed anche la stessa densità della massa liquida può aumentare in modo significativo (colate di fango/detriti), inficiando le previsioni di progetto.

6 - VALUTAZIONI DI MASSIMA SULLA CAPACITÀ DI TRASPORTO DEL TORRENTE ARROSCIA

Sono presenti in letteratura diverse metodologie e formule di calcolo che consentono di valutare il trasporto solido ma secondo alcuni autori queste analisi, più che alla stima, in genere non attuabile per l'indisponibilità di misure di campo, servono a "*confrontare la risposta di esse in termini di concordanza degli andamenti dei valori di volumi solidi calcolati nei vari tra*tti" (R.Fabrizio e G.Bianco - 2004). La loro risposta in assenza di misure dirette (stazioni di misura del trasporto solido) è quindi in termini più qualitativi e consente di confrontare osservazioni in campo e valutazioni geomorfologiche e idrauliche. Per valutare il trasporto solido possono essere seguiti due tipi di approccio, l'uno fa corrispondere la degradazione specifica del bacino idrografico (erosione del suolo e delle rocce) al trasporto solido che il corso d'acqua raccoglie nel bacino stesso e fa transitare attraverso una sezione di misura, mentre l'altro si basa sulla valutazione della reale capacità di trasporto del corso d'acqua in esame su diverse sezioni di misura.
In quest'ultimo caso deve essere realizzata un'accurata schematizzazione della rete idrografica e dei fenomeni del trasporto che in essa si svolgono, e ciascun corso d'acqua (asta principale ed affluenti) deve essere suddiviso in tratti significativi, individuati sulla base di conoscenze geometriche (pendenza, larghezza, raggio idraulico), morfologiche (tipologia fluviale), idrauliche (regime delle portate liquide) e sedimentologiche (natura e dimensione dei sedimenti). All'interno di ciascun tratto tutte queste grandezze devono mantenersi abbastanza uniformi, non si devono riscontrare discontinuità geometriche (brusche variazioni di pendenza o di sezione), morfologiche, idrauliche (non comprendono immissioni o derivazioni) o sedimentologiche. Nel caso in esame si ritiene si possa applicare tale metodologia per una valutazione di massima del trasporto solido. Nel tratto del corso d'acqua in esame, considerate le caratteristiche dei materiali costituenti l'alveo, prevalentemente grossolane (ghiaie grosse – massi), il trasporto in sospensione è in occasione di eventi parossitici, è da considerarsi modesto rispetto al trasporto solido di fondo per trascinamento (rotolamento, strisciamento, saltazione). In letteratura sono state proposte numerose formule, ma nessuna di queste fornisce un criterio di stima del trasporto solido che possa ritenersi del tutto affidabile e adeguatamente accurato per gli scopi tecnici (Gomez e Church, 1989; Paris,2000). Si ritiene che nei successivi approfondimenti in fase esecutiva, si possa applicare la formula di Formula di Schoklitsch (1962), che è considerata da molti autori particolarmente idonea per alvei torrentizi composti da materiale grossolano (ghiaia, ciottoli e

massi), e nonostante la sua semplicità risulta relativamente attendibile (Paris, 1998). Questa fornisce la capacità di trasporto istantanea Q_S [Kg/s] relativa alla portata liquida Q_{cr} [m3/s]:

$$Qs = 2500\ S^{3/2}\ (Q - Q\ cr)$$

dove Q_{cr} [mc/s] rappresenta la portata critica di inizio del moto dei sedimenti *(moto incipiente)*, ed è data da:

$$Q_{cr} = 0.6\ B\ (D_{40}^{3/2} / S^{7/6})$$

dove: - *B* [*m*] = larghezza dell'alveo attivo;
- D_{40} [*m*] = diametro rappresentativo dei sedimenti;
- *S* [-] = pendenza del fondo.

Le analisi sul corso d'acqua con l'applicazione della formula di Schoklitsch saranno svolte, ove richiesto, nelle successive fasi di progettazione esecutiva dell'impianto, ma si può già affermare con tutta sicurezza che le granulometrie prevalenti misurate nella stazione di misura, in occasioni di eventi parossistici sono completamente mobilizzabili, almeno a livello superficiale ma piene eccezionali, a parere dello scrivente, possono provocare la mobilizzazione completa del deposito in alveo che si ricorda dalle osservazioni svolte pare generalmente essere inferiore a 3m. La costruzione delle traverse lungo il corso d'acqua ha indotto una riduzione dei fenomeni erosivi in alveo e sulle sponde generando nel tratto d'interesse un sostanziale equilibrio dei fenomeni di trasporto/deposito del sedimento, almeno in questi ultimi anni. Il materiale in alveo e le barre laterali pur soggette a modificazioni stagionali, paiono mantenere una certa costanza sia nell'ubicazione che nella quantità e qualità del materiale depositato.

7 - GEOLOGIA-TECNICA

L'indagine svolta ha permesso di constatare le attuali condizioni dell'alveo e delle sponde e pur nella variabilità spaziale delle caratteristiche geotecniche del substrato e dei depositi presenti in alveo e sulle sponde, sulla scorta delle osservazioni fatte, si ritengono sufficienti in questa fase, ai fini della modellazione idraulica e di una stima della fattibilità geologica degli interventi in progetto, i dati geologici e geotecnici di massima a conoscenza dello scrivente desunti da studi interessanti l'areale per i litotipi d'interesse progettuale e dalle analisi granulometriche svolte nella stazione di misura.

7.1 MODELLO GEOTECNICO

- **coltri eluvio-colluviali (dt)**: densità y_n = 1,6÷2,0 t/mc, coesione c'= 0,00÷0,05 Kg/cmq, angolo di attrito ø' = 27° ÷30°; (Coltre eluvio-colluviale e riporti di eguale natura).

- **depositi alluvionali (am)**: densità y_n = 1,8÷2,1 t/mc, coesione c'= 0,00 Kg/cmq, angolo di attrito ø' = 30°÷42°; (Alluvioni mobili e recenti localmente mutuamente imbriciate, di granulometria generalmente grossolana ben gradata, le alluvioni recenti localmente si presentano ben addensate e saturate da materiale fino limoso-sabbioso e possono presentare una modesta coesione).

- **alluvioni antiche terrazzate (aa)**: densità y_n = 1,8÷2,1 t/mc, coesione c'= 0,00÷0,20 Kg/cmq, angolo di attrito ø' = 30°÷42°; (Alluvioni terrazzate sabbioso-ghiaiose-ciottolose con livelli limoso-sabbiosi, talvolta livelli grossolani con cementazione calcarea)

- **substrato roccioso (QMB)**: densità in sito y_n = 2,3÷2,6 t/mc, c' ≥ 0,6 Kg/cmq, ø' = 33÷45°; (secondo la classificazione di Bieniawski, generalmente l'ammasso, nelle aree di progetto presenta caratteristiche geotecniche generalmente con qualità da scadente a discreta, Classe IV-III; Localmente il livello d'alterazione e

di fratturazione a livello superficiale può determinare un deciso scadimento delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso con livelli che lungo le superfici di giunzione presentano coesione pressoché nulla e angolo di attrito residuo, intorno a 19°. Dove sono presenti aree a pendenza elevate e/o sottoposte all'azione erosiva della corso d'acqua, l'elevata energia dell'ambiente tende a rinnovare la superficie del substrato eliminando le porzioni dell'ammasso maggiormente degradate o riducendo lo spessore dei livelli d'alterazione. Come si osserva lungo il percorso del canale).

Si conferma, in ogni caso, che i parametri suddetti sono solo indicativi e nella fase di rilascio delle autorizzazioni comunali e nella fase esecutiva strutturale di calcolo del c.a. degli interventi in progetto, dovranno essere svolti tutti gli approfondimenti geologi previsti dal Piano Urbanistico Comunale e dalle normative vigenti in materia di indagini sui terreni D.M. 11/03/88 e sotto il profilo geotecnico e sismico ai sensi delle NTC-2008.

7.2 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per la realizzazione del progetto sono previsti circa 1.000 m^3 di volume di scavo, che saranno riutilizzati interamente per i riempimenti di progetto. Il materiale di scavo è costituito prevalentemente da ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa-limosa e massi appartenenti prevalentemente alle alluvioni mobili (am) ma anche in minor misura da quelle antiche (aa), ed al materiale brecciode di disgaggio o gia franato delle pareti rocciose (QMB).

7.3 PIANI DI CONTROLLO E MONITORAGGIO

Secondo il capitolo 6.2.5 delle NTC-08, il monitoraggio è da prevedere, in relazione alla tipologia dell'opera e dell'interazione opera-terreno, per opere di nuova realizzazione.

Sono di nuova realizzazione l'opera di presa, la vasca di carico, il canale, il fabbricato di centrale, la cabina di connessione ENEL, e il manufatto di reimmissione delle acque turbinate.
Il controllo geomorfologico delle strutture in progetto sarà svolto periodicamente da un tecnico abilitato e finalizzato al buon funzionamento delle opere dell'impianto.

8 - ZONAZIONE SISMICA AI SENSI DELL'ORDINANZA P.C.M. N.3274 E S.M.I E DELLA D.G.R. 1308/2008 (O.P.C.M. 3519/2006. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE LIGURIA).

L'O.P.C.M. n.3274/2003 e s.m.i. ha definito il valore dell'accelerazione sismica orizzontale (ag) relativamente alle diverse zone sismiche e venne adottata dalla Regione Liguria con D.G.R. 530/03. Questo valore è attribuito a formazioni litoidi con velocità media di propagazione nei primi 30m di profondità delle onde sismiche di taglio (Vs30) maggiore di 800 m/s. La mappa di pericolosità di riferimento a livello nazionale, è stata sucessivamente modificata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004, e la stessa è stata adottata con l'O.P.C.M. n.3519 del 28 aprile 2006 con l'aggiornamento dei criteri generali di classificazione sismica. La Regione Liguria, in osservanza di quest'ultima ordinanza, ha approvato con D.G.R. 1308/2008, la riclassificazione sismica del territorio della Regione Liguria. Nel caso in esame sì evidenza che il Comune di Ortovero è stato classificato in Zona 3A (bassa pericolosità) con un valore dell'accelerazione massima al suolo (suolo rigido di riferimento) con probabilità di eccedenza del 10% in 50anni, pari a pga=0,150g.

8.1 - CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE AI SENSI NTC-2008

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, (NTC-2008 § 7.11.3.) In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. L'identificazione della categoria di sottosuolo, si ottiene in base ai valori della velocità equivalente Vs,30 di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Questa profondità è riferita al piano d'imposta delle fondazioni superficiali, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso d'opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione. In questa fase di progettazione non essendo state esperite prove in sito si possono sono indicare in via generale e preliminare rispetto alle condizioni stratigrafiche e topografiche rilevate in fase di sopralluogo relativamente al sito di costruzione della presa e della centrale. La presa come indicato, è posta in un sito in cui affiora diffusamente sulle sponde l'ammasso roccioso QMB, che rappresenta il substrato rigido di riferimento con velocità delle onde trasversali vs>800m/s. Sono presenti in alveo in prossimità della sponda sinistra ridotti accumuli di deposito alluvionale valutati in un spessore massimo inferiore a 3m. In queste condizioni considerato che l'attuale briglia è ancorata nel substrato roccioso e le opere di fondazione del potenziamento dell'opera di presa saranno "immorsata" anch'esse in roccia si ritiene che possa essere attribuita ai sensi delle NTC-2008, la Categoria di suolo A, cioè *"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m".* Considerato inoltre che il sito è posto nel fondovalle può essere attribuita una superficie topografica di categoria T1 *"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi*

isolati con inclinazione media i ≤ 15°", quindi, un coefficiente di amplificazione topografica nullo, S_T =1,00.
La centrale idroelettrica in progetto come già indicato sarà fondata direttamente sul substrato roccioso QMB, che costituisce localmente il substrato rigido di riferimento e che presenta generalmente velocità delle onde trasversali vs>800m/s. In queste condizioni considerato si potrà attribuire al sito di edificazione della centrale, ai sensi delle NTC-2008, la Categoria di suolo A, cioè *"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m".* Anche in questo caso il sito è posto in prossimità al fondovalle ad una quota inferiore a 30m dallo stesso, quindi può essere attribuita una superficie topografica di categoria T1, con coefficiente di amplificazione topografica nullo, S_T =1,00.
Si sottolinea che anche i muri di contenimento previsti in progetto ed la cabina elettrica rientrano anch'essi ai sensi delle NTC-2008 nella Categoria di suolo A con coefficiente di amplificazione topografica nullo, S_T =1,00.

9 – FATTIBILITÀ GEOLOGICA DI MASSIMA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Le problematiche connesse alla realizzazione di opere in alveo sono molteplici, poiché possono determinare un profondo mutamento della morfologia e della dinamica del corso d'acqua con conseguenze negative sulla stabilità dell'alveo e delle sponde, ma possono essere superate con una serie di accorgimenti che consentano di mantenere o favorire il ripristino successivo della diversità ambientale esistente e che non inneschino processi d'erosione delle sponde e possano influire sulla funzionalità dei manufatti idraulici presenti.
In particolare nel prosieguo della progettazione e nella esecuzione degli interventi dovrebbero essere seguiti i seguenti criteri ambientali, ove compatibili con la modellazione idraulica (rischio di esondazione, fenomeni erosivi ecc.):

- *Si deve mantenere l'attuale quota di base del deflusso evitando la realizzazione di opere in alveo che inducano modifiche (innalzamenti/depressioni) troppo ampie del profilo del corso d'acqua.*
- *L'eventuale asportazione di materiale in alveo o il "rimodellamento" dello stesso dovrà avvenire sulla porzione eccedente rispetto all'alveo di magra.*
- *Deve essere realizzato un raccordo dolce fra l'alveo modificato e l'area circostante, evitando discontinuità nette (gradini) sulle sponde.*
- *Si deve conservare, ove possibile, almeno una sponda "naturale", operando con gli scavi solo sulla sponda opposta per favorire i processi di rinaturalizzazione.*

In questa fase di progetto connessa all'ottenimento della concessione di derivazione, il presente studio ha già tenuto conto dei suddetti criteri e permesso in relazione alle esigenze idrauliche, di individuare l'ubicazione migliore sia sotto il profilo ambientale che geologico-geomorfologico per i manufatti necessari alla realizzazione dell'impianto idroelettrico.

9.1 OPERA DI PRESA E MANUFATTI IDRAULICI CONNESSI

L'impianto in progetto prevede di utilizzare l'attuale opera di presa posta in corrispondenza di una briglia esistente intorno alla quota assoluta 75 m. La nuova opera di presa ricalca quindi il

manufatto esistente adeguandone le sezioni in relazione alle nuove esigenze e viene realizzata, inoltre, una rampa di risalita dei pesci in prossimità della sponda sinistra ove, come già indicato, minore è l'energia del flusso delle acque dell'Arroscia (ansa interna). L'opera si inserisce quindi in un ambito antropizzato, e non modifica in modo sostanziale la morfodinamica del corso d'acqua, e l'assetto idrogeologico dei versanti.

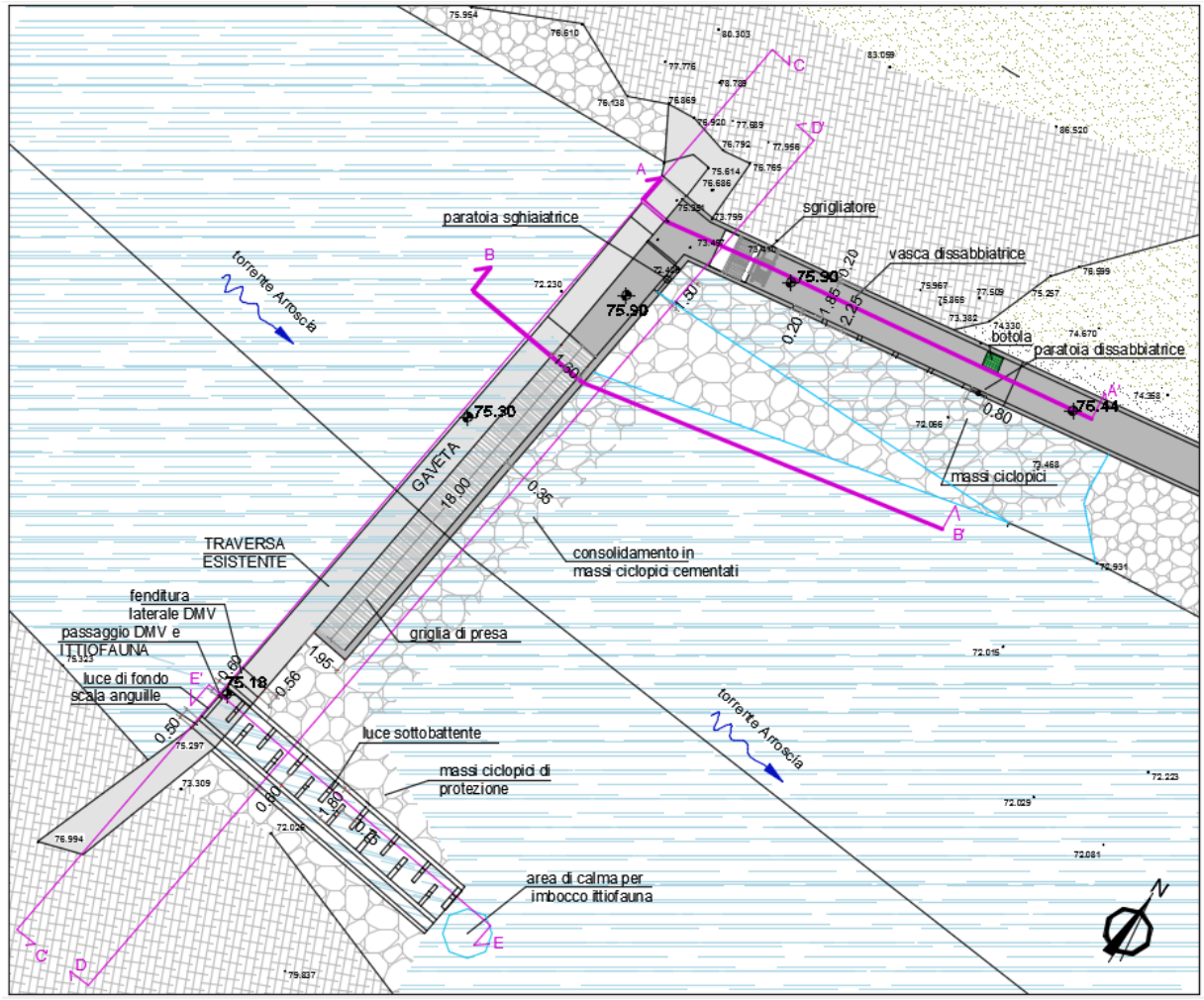
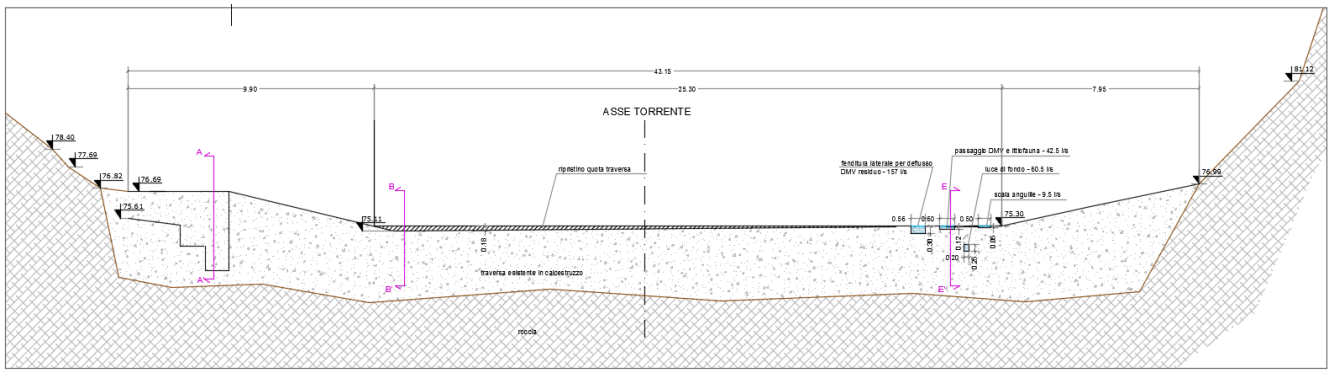


Figura 8) Pianta della presa e dei manufatti idraulici connessi.

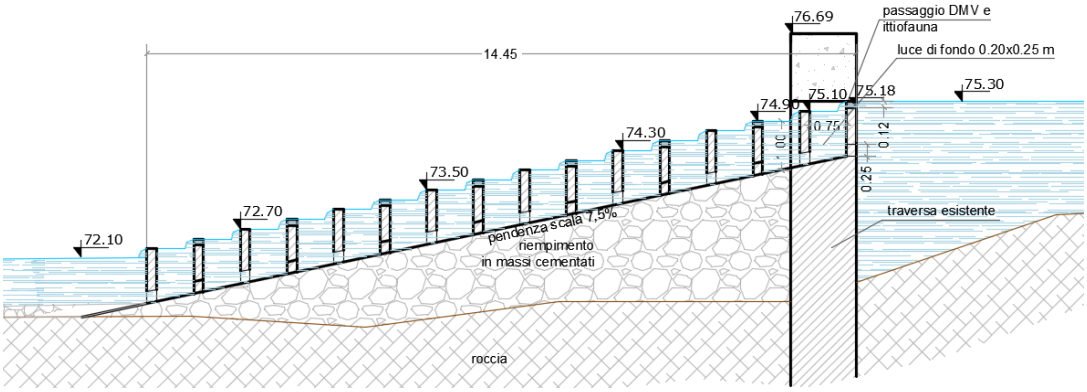
L'ubicazione presenta, quindi, diversi aspetti positivi, anche sotto il profilo geologico-geomorfologico e geologico-tecnico che possono essere riassunti nei seguenti aspetti:



- La sezione di presa è facilmente raggiungibile in fase di costruzione sia attraverso il tracciato del canale esistente di cui è prevista la completa ricostruzione sia attraverso una rampa esistente posta più a monte in sponda destra, realizzata nel passato per la manutenzione delle briglie esistenti e che può essere riattivata con modesti lavori. In fase esecutiva potrebbe essere previsto un intervento di manutenzione della traversa esistente ad esempio con l'eventuale realizzazione di una scogliera in massi ciclopici di protezione al piede. In effetti come già indicato il flusso in cascata tende a scavare una profonda pozza che può raggiunge anche i tre metri dal livello medio dell'alveo.

- Gli interventi in progetto non incidono in modo negativo sull'attuale stato di naturalità del corso d'acqua perchè non sono eseguiti significativi movimenti di terra sia in alveo che sulle sponde o tagli di piante di alto fusto.

- Il corso d'acqua nel tratto d'interesse prima della profonda modificazione del profilo con la costruzione delle traverse, scorreva probabilmente interamente in erosione sul substrato roccioso localmente rappresentato dalle Quarziti di Monte Bignone (QMB). Le QMB nei termini pelitici sono pressoché impermeabili ed essendo la briglia esistente profondamente ammorsata nel substrato roccioso la presa può raccogliere l'intero deflusso sotteso dal bacino poichè assente o limitatissima la perdita nel sub-alveo o laterale.



- La scala di risalta per l'ittiofauna è posta in prossimità della sponda destra in zona protetta dal flusso anche in occasione di piene ordinarie, e non si prevedono particolari problematiche geologiche per la sua realizzazione.

- La sponda sinistra come già indicato, è più protetta essendo all'interno dell'ansa torrentizia, ciò consente di operare alla realizzazione delle opere di presa e della vasca di carico, in assoluta tranquillità rispetto al deflusso ordinario.

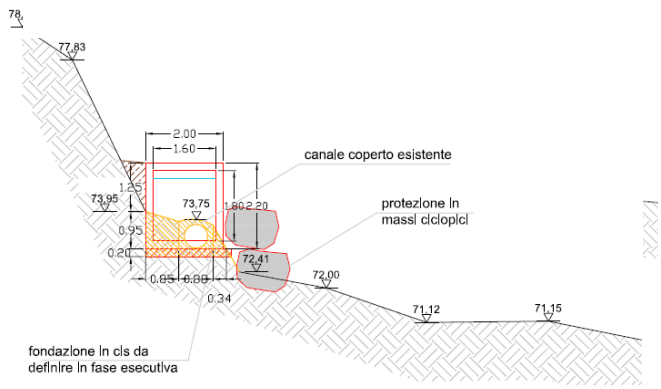
9.1.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DALLA PRESA E DAI MANUFATTI IDRAULICI CONNESSI

Il sito in cui è ubicata la traversa e la presa nella cartografia geologica del Piano di Bacino del CENTA, è inserito in sponda destra correttamente nelle Quarziti di Monte Bignone, mentre in sponda sinistra erroneamente nelle alluvioni antiche (aa) (vedere all. Stralcio Carta Geolitologica del Piano di Bacino). Il sito per quanto attiene la suscettività al dissesto è compreso interamente in area di grado medio Pg_2, senza gravi problematiche di carattere idrogeologico. In queste aree l'art.16.10 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.di B. prevede che: *"Nelle aree a suscettività al dissesto media (Pg2), bassa (Pg1) e molto bassa (Pg0) si demanda ai Comuni, nell'ambito della normativa geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante*"; inoltre presenta un grado di rischio geomorfologico lieve o trascurabile Rg_0 (Vedere All. Stralcio Carta della Pericolosità e Carta del Rischio Idrogeologico del P.di B.).
A tal fine in base alle osservazioni di sopralluogo, ancorché non siano state svolte tutte le indagini esecutive, si ritiene che le cautele indicate nelle tavole progettuali relative alla sistemazione delle sponde e dell'alveo nella zona di presa siano del tutto sufficienti a garantire il mantenimento/miglioramento delle attuali condizioni di stabilità idrogeologica dell'area, tenuto conto anche della presenza superficiale sulle sponde del substrato roccioso appartenente all'unità delle Quarziti di Monte Bignone (QMB), e che la traversa esistente e la presa sono ancorata profondamente nelle stesse. Pertanto si ritiene l'opera ed i manufatti di presa compatibili con le previsioni di pericolosità e rischio geomorfologico del P. di B. del CENTA e alle N.T.A. di cui dovranno essere svolti gli approfondimenti previsti/richiesti.

9.2 CANALE DI DERIVAZIONE

Il tracciato del canale a pelo libero ricalca interamente il tracciato esistente per una lunghezza complessiva di circa 438m e presenta una sezione costante interna 2,88mq (L=1,60m, H=1,80m), ed ingombro esterno con una sezione di 4,4mq (L=2,00m, H=2,20m). Il canale in progetto, è stato inserito nella sponda sx con la cura di evitare scavi che potessero incidere sulla stabilità del versante e della sponda. In particolare il primo tratto dalla presa a quota 75m, e lungo circa 130m (Sezione Trasversale 8-8), non presenta alcuna problematica realizzativa e la progettazione si è fatta cura di proteggere il manufatto da flussi di piena non ordinaria, con una protezione di massi ciclopici che consentono anche una mitigazione dell'impatto visivo. Intorno alla progressiva 131m il versante aumenta l'acclività ed in questo tratto già il canale esistente addossato al versante, era stato intubato e coperto da calcestruzzo (Sezione

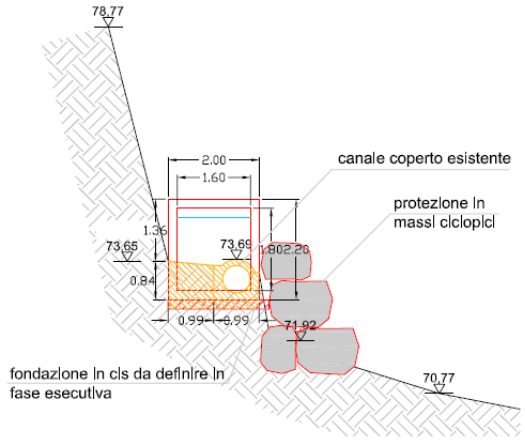
SEZIONE TRASVERSALE 8-8 - progr. 45,36 m
SEZIONE TRASVERSALE 7-7 - progr. 131,80 m
scala 1:100



Trasversale 7-7). Si segnala che in questo tratto sarà necessario per far operare le maestranze in sicurezza, eseguire un intervento di messa in sicurezza del versante per una superficie massima di circa 450mq (L_{max}=30m; H_{max}=15m), da valutarsi con precisione in fase esecutiva con l'ispezione in parete di personale specializzato. Nel dettaglio dovrà essere eseguito un disgaggio del materiale pericolante e messa in opera una rete paramassi a doppia torsione localmente rinforzata con cavi di acciaio ancorati nel substrato roccioso.

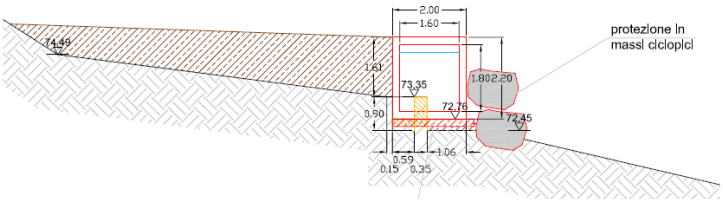
Come già descritto da questa parete sono rilasciati periodicamente frammenti di roccia soprattutto in occasione di eventi meteo intensi per il dilavamento della parete operato da flussi d'acqua che provengono dal pianoro sovrastante di località Doneghi.

SEZIONE TRASVERSALE 6-6- progr. 217,74 m
scala 1:100

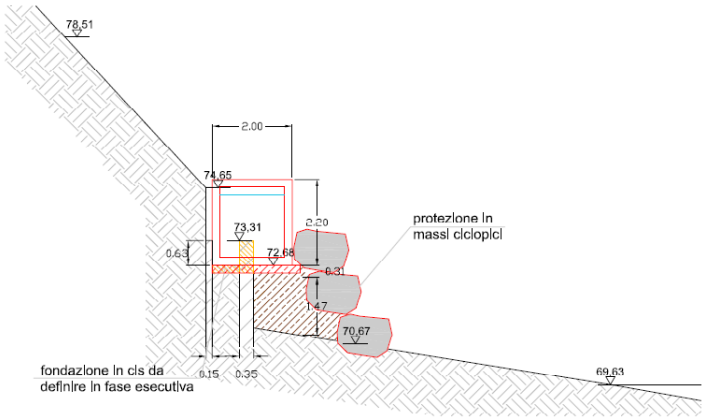


Più avanti intorno alla progressiva 220m è presente un altro tratto con parete subverticale interessato da percolazioni continue probabilmente provenienti sempre dal pianoro sovrastante ma generati da deflussi più profondi arricchiti in carbonato di calcio che concrezionano completamente la parete (Sez. Trasv. N.6-6). In fase di sopralluogo la parete in questo tratto pare stabile ma valutazioni più accurate dovranno essere svolte in fase di cantiere con l'ispezione della parete ad opera di personale specializzato. Anche in questo tratto l'esecuzione del nuovo canale non presenta particolari problematiche geologiche e geotecniche, il substrato roccioso (QMB) in fondazione è affiorante sub-affiorante.

SEZIONE TRASVERSALE 5-5 - progr. 291,55 m
scala 1:100



SEZIONE TRASVERSALE 5-5 - progr. 392,01 m
scala 1:100



Come già indicato nella descrizione geomorfologica delle aree attraversate dal tracciato del canale, superato questo tratto con parete subverticale la valle si amplia e non si ravvisano particolari problematiche di carattere geologico o costruttivo (Sez. Trasv. N.6-6). Si evidenzia però come già recepito dal progettista che è necessario che i riempimenti messi in atto a monte del canale in c.a. presentino una pendenza verso l'asta dell'Arroscia. Questa pendenza per favorire il deflusso naturale delle acque meteoriche ed evitare ristagni o erosioni deve presentare un inclinazione intorno al 3÷4%. A partire della progressiva 390m il pendio si verticalizza nuovamente ed affiora quasi sempre sia sul versante superiore al canale che sottostante il substrato roccioso (QMB) come rappresentato dalla Sezione 5-5 di progetto.



*FOTO N. 27**)** Ponte canale in attraversamento del Rio delle Rive (Rio di Capitolo). Le spalle in pietra a secco, poggiano in fondazione direttamente sul substrato roccioso (QMB).*

In questo tratto, come in tutto il percorso, la progettazione ha cercato di individuare soluzioni che potessero ridurre al minimo gli impatti sull'assetto idrogeologico del versante, evitando di incidere la parete rocciosa. Questa soluzione è possibile perché il canale è posto sempre in corrispondenza o in prossimità del piede del pendio e con opere limitate per ingombro e complessità strutturale è possibile allargare il sedime del canale di poco più di un metro verso valle. Tale ampliamento sarà protetto localmente, ove necessario (la sezione 5-5 rappresenta la condizione peggiore di questo tratto anche se diffusa), con la posa di massi ciclopici. In questo ultimo tratto sino alla centrale l'unico punto di una certa complessità è quello relativo all'attraversamento del Rio delle Rive (Rio Di Capitolo).
Come già indicato il ponte canale presenta delle spalle fondate direttamente sul substrato roccioso (QMB), non vi sono quindi limiti geologici e geotecnici alla fattibilità di qualsiasi soluzione di ripristino e/o potenziamento con demolizione e ricostruzione dello stresso.

9.2.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DAL CANALE DI DERIVAZIONE

Il percorso del canale di derivazione nella cartografia del Piano di Bacino CENTA, come sopra descritto non interessa zone che presentano gravi problematiche di carattere geologico, ostative alla realizzazione dell'impianto. Per quanto attiene la suscettività al dissesto il canale attraversa aree generalmente con un grado di pericolosità medio (Pg_2), e presenta un grado di rischio idrogeologico generalmente lieve o trascurabile (Rg_0) (Vedere All. Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio del P.di B.). Nelle aree a pericolosità Pg_2 l'art.16.10 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.di B. del CENTA prevede che: *"Nelle aree a suscettività al dissesto media (Pg2), bassa (Pg1) e molto bassa (Pg0) si demanda ai Comuni, nell'ambito della normativa geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di*

dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante.".

La realizzazione del canale di derivazione in considerazione di quanto sopra evidenziato, nonché delle cautele indicate nelle tavole progettuali relative alla sistemazione delle aree interessate dal tracciato, si ritiene compatibile con le previsioni di pericolosità e rischio geomorfologico del P. di B. del CENTA, e alle N.T.A. di cui dovranno essere svolti gli approfondimenti previsti/richiesti.

9.3 CENTRALE E RILASCIO DELLA PORTATA TURBINATA

Il fabbricato della centrale è previsto intorno alla quota assoluta 79,50 m rispetto all'estradosso del canale di adduzione, con rilascio intorno alla quota alveo 69m in sponda sx del Torrente Arroscia.

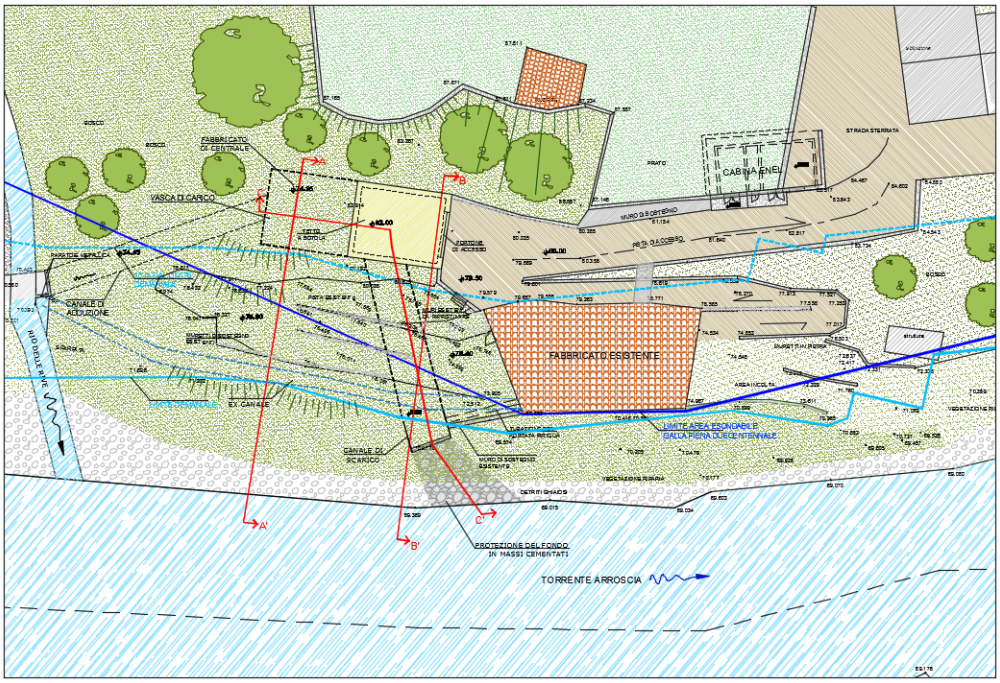
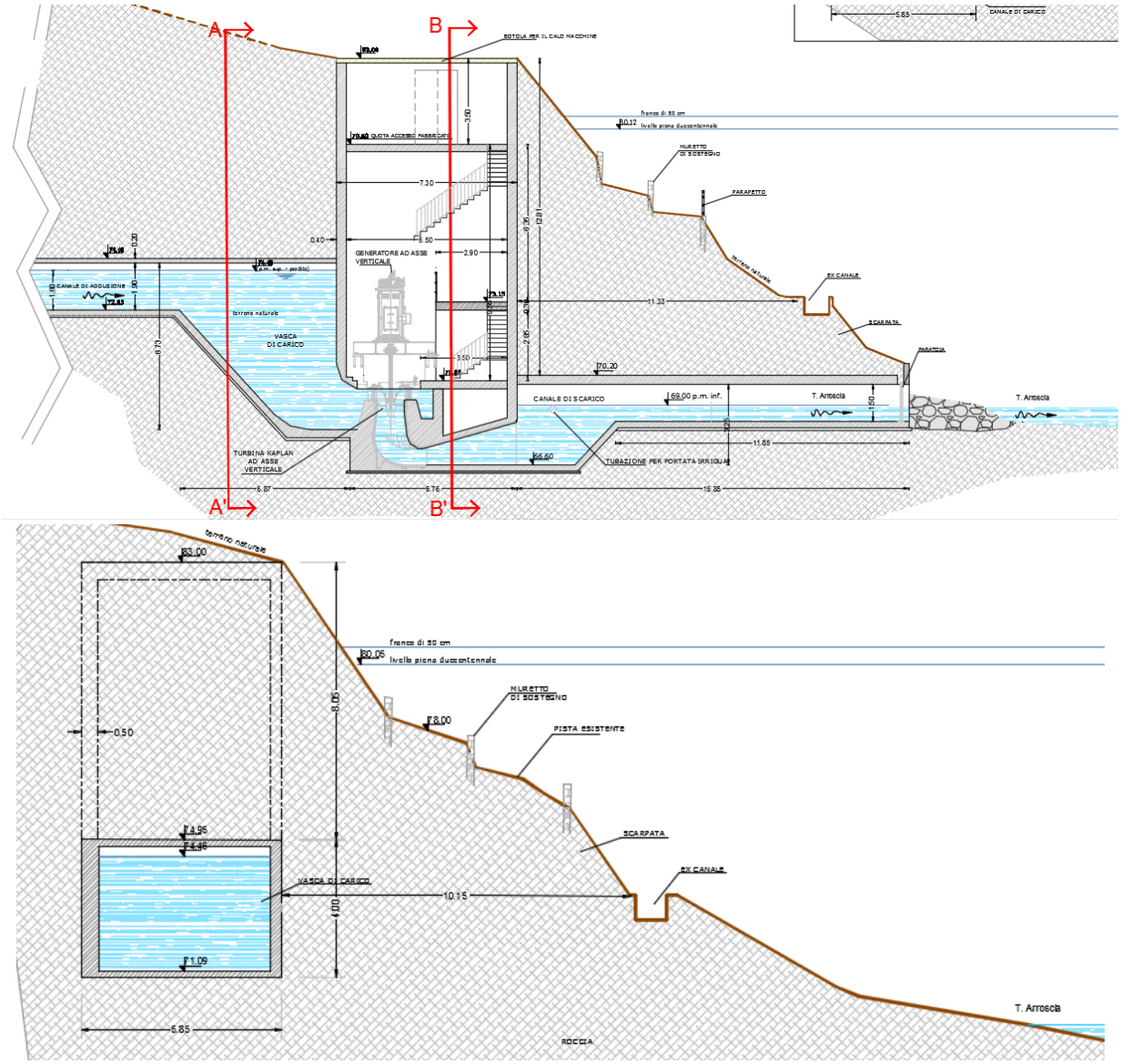


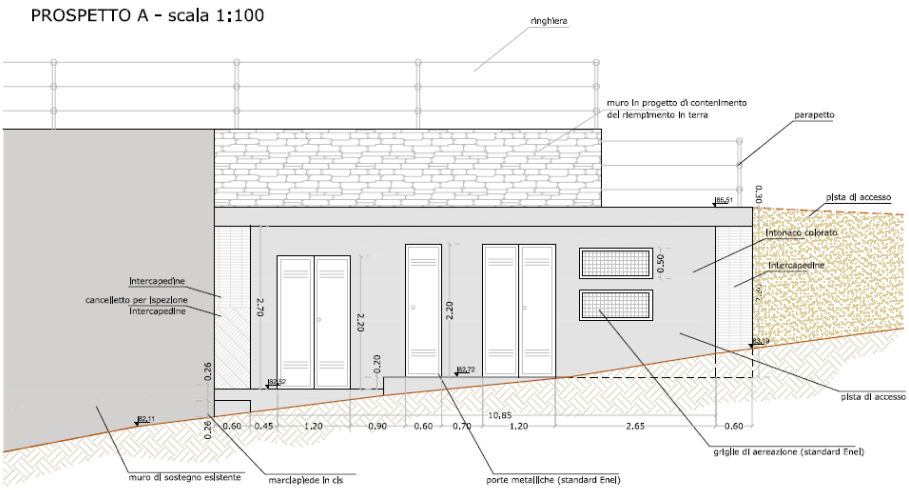
Figura 9) Pianta dell'area interessata dalla centrale idroelettrica e dal rilascio delle acque turbinate.

Si accede alla centrale direttamente dalla Strada Statale N.453 attraverso una breve rampa in cui è stata inserita seminterrata la cabina elettrica con annesso locale misure Enel.



Non vi ravvisano particolari problematiche alla realizzazione della centrale idroelettrica sia per quanto concerne l'accessibilità e la predisposizione del cantiere, sia per quanto concerne gli aspetti geologici geomorfologici, che comunque già in questa fase tesa all'ottenimento della concessione idroelettrica, la progettazione si è fatto carico di affrontare anche se in via preliminare. Si vuole rilevare che la Carta Geolitologica del P.di B. inserisce l'area di costruzione della centrale nelle alluvioni antiche (aa), ma come già documentato le opere inerenti il fabbricato di centrale saranno quasi interamente scavate nel substrato roccioso delle Quarziti di Monte Bignone (QMB) che ivi affiorano con disposizione ad attraverso-poggio e con inclinazione della stratificazione intorno 40÷46°. In effetti gli spessori di copertura detritica localmente sono limitati poiché, come già indicato, affiora diffusamente in alveo, sulle sponde e negli intagli del versante il substrato roccioso. In particolare si misurano sugli affioramenti posti all'altezza del canale e sul retro del fabbricato di centrale esistente (Fabbricato del Consorzio Irriguo Paraone Arroscia), mediamente giaciture intorno a O°N con immersione verso NW ed inclinazione intorno a 45°. In

fondazione del fabbricato esistente sul lato SE in fregio all'alveo dell'Arroscia si misurano direzioni intorno a 35°N con immersione verso NE ed inclinazione intorno a 40°. Sono quindi possibili locali marcate variazioni della giacitura della stratificazione soprattutto nei termini pelitici con stratificazioni sottili appartenenti alla facies delle Argilliti mediane delle Quarziti di Monte Bignone. La progettazione ha già indicato una serie di interventi atti a mitigare l'impatto dell'opera soprattutto per quanto concerne l'aspetto idraulico, avendo posto il fabbricato in posizione allineata alla sponda ed al fabbricato esistente senza ridurre in modo apprezzabile la sezione di deflusso dell'alveo del Torrente Arroscia. Per quanto concerne la stabilità del pendio, ancorché l'assetto stratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche consentano di poter operare con scavi a campioni, considerata anche la presenza del vecchio fabbricato di centrale si consiglia l'esecuzione di un preventivo intervento di consolidazione del fronte di scavo. Si può predisporre, ad esempio, una berlinese costituita da pali ammorsati per 4m sotto la quota di base dello scavo (lunghezza palo prevista max 14m), che potranno essere chiodati con barre al diwidag ancorate nel substrato QMB per 6-8m. Si consiglia di estendere la berlinese oltre il fronte di scavo sui due lati, in particolare sul lato prossimo al fabbricato esistente (da evitare chiodature sul lato fabbricato), che collegati dall'armatura in c.a. in testa pali costituiranno una sorta di contrafforti.
Per quanto concerne il rilascio del deflusso turbinato non vi sono limitazioni alla sua realizzazione, come indicato la sponda sx presenta spessori di depositi alluvionali ridotti 1÷2m poggianti sul substrato roccioso QMB, che affiora sulle sponde.



Cabina elettrica

Per quanto concerne il locale seminterrato in cui saranno poste le apparecchiature di misura e la cabina Enel, questo è posto in adiacenza alla rampa di accesso alla centrale in un ambito con coltre di copertura di spessore massimo intorno a 2m, ove presente, che poggia direttamente sul substrato roccioso QMB. Le opere di scavo potranno essere realizzate in tutta sicurezza operando anche a tutto fronte considerata la limitata estensione dello stesso. Anche questo manufatto sarà interamente fondato nel substrato roccioso QMB.
È evidente che in fase di approvazione architettonica e strutturale degli interventi in progetto, dovranno essere eseguiti tutti gli accertamenti e le indagini geologico-tecniche necessarie per la modellazione geologica e geotecnica e la definizione del rischio geologico puntuale anche ai sensi delle NTC-2008.

9.3.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DALLA CENTRALE, RILASCIO DELLA PORTATA TURBINATA E CABINA ENEL

Per quanto attiene la suscettività al dissesto il sito di costruzione presenta un grado di pericolosità medio (Pg_2), e presenta un grado di rischio idrogeologico generalmente lieve o trascurabile (Rg_0) (Vedere All. Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio del P.di B.). Nelle aree a pericolosità Pg_2 l'art.16.10 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.di B. del CENTA prevede che: *"Nelle aree a suscettività al dissesto media (Pg2), bassa (Pg1) e molto bassa (Pg0) si demanda ai Comuni, nell'ambito della normativa geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante."*.
La realizzazione della centrale, del manufatto di rilascio della portata turbinata e la cabina/locale misure/allaccio Enel, in considerazione di quanto sopra evidenziato, nonché delle cautele indicate nelle tavole progettuali relative alla sistemazione delle aree interessate, si ritiene compatibile con le previsioni di pericolosità e rischio geomorfologico del P. di B. CENTA, e alle N.T.A. di cui dovranno essere svolti gli approfondimenti previsti/richiesti.

10 - CONCLUSIONI

L'indagine svolta ha permesso di definire ai fini del presente progetto le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche dell'area d'intervento.
In relazione alle conoscenze dello scrivente, alle indagini geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrologiche già eseguite nell'areale (Piano di Bacino CENTA e Piano di Tutela delle Acque ARROSCIA Provincia di Imperia e CENTA Provincia di Savona), alle analisi granulometriche eseguite con metodo di campionamento numerale, ed alle osservazioni e misure svolte in fase di sopralluogo in alveo e sulle sponde, sugli affioramenti del substrato, sui depositi alluvionali e sulle coltri di copertura, sono stati indicati i parametri geotecnici medi ai fini della modellazione geologica e geotecnica preliminare dei manufatti connessi all'impianto idroelettrico, e forniti suggerimenti per la modellazione idraulica.
Le aree interessate dalle opere in progetto ed in particolare la presa ed i manufatti annessi, il canale, la centrale ed il rilascio del deflusso turbinato, sono da considerarsi generalmente stabili. L'esame della Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino CENTA, relativamente alle aree d'interesse ha consentito di verificare la compatibilità degli interventi in progetto (opera di presa, canale, centrale e rilascio, cabina Enel), in attesa comunque degli approfondimenti che gli Uffici preposti ritenessero richiedere.
Nei sopralluoghi si è potuto accedere direttamente all'alveo dell' Arroscia, come ampiamente documentato, ed in particolare ai tratti attinenti alla progettazione dell'impianto idroelettrico. L'alveo del torrente Arroscia è stato nel passato interessato da fenomeni d'erosione di fondo e di sponda che sono stati quasi interamente stabilizzati dal profilo indotto dalle traverse esistenti. Queste hanno consentito nel tempo la formazione di barre di materiale detritico alluvionale con variabilità stagionale ma mediamente stabili. Si è potuto constatare che allo stato attuale questi fenomeni erosivi, avendo inciso prevalentemente il substrato roccioso (QMB), non inducono

particolari problematiche alla stabilità d'assieme dei versanti, ma possono indurre dissesti localizzati e superficiali *(crolli di materiale lapideo)* che sono stati documentati e recepiti dai progettisti.
La progettazione degli interventi e la presente relazione geologica redatta ai fini del rilascio della concessione di derivazione d'acqua a scopo idroelettrico, hanno già raggiunto un elevato grado di approfondimento consentendo la predisposizione di soluzioni quasi esecutive agli interventi in progetto. Si evidenzia, altresì, che nella fase di progettazione esecutiva dei singoli interventi, dovranno essere svolti ulteriori approfondimenti sotto il profilo geologico, idrologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, anche ai sensi delle N.T.A del P. di B. CENTA e delle NTC-2008.
L'intervento in progetto ricalca quasi integralmente l'impianto esistente e nella progettazione è stata posta particolare attenzione a minimizzare gli effetti delle nuove opere e di quelle eccedenti il sedime esistente sia sulla stabilità d'assieme dei versanti prevedendo ridotti volumi di scavo e riporto, sia sul corso d'acqua evitando modifiche sostanziali alle sezioni di deflusso e alla naturalità, migliorando altresì le attuali condizioni della vita acquatica con la realizzazione di una scala di risalita.
Si attesta, pertanto, in osservanza delle indicazioni tecniche descritte e in osservanza delle previsioni del Piano di Bacino CENTA, assumendosene la piena responsabilità, la fattibilità di massima degli interventi previsti in progetto ai fini del rilascio della autorizzazione/concessione di derivazione acqua per scopo idroelettrico, sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico e geologico-tecnico.

Sanremo, 11/08/2015

Dott. Geol. Marco Martolini



La relazione è composta da numero 51 pagine a cui sono allegate di seguito *(Per le cartografie tecniche progettuali idrauliche ed idrologiche si rimanda al Progetto NOVICONSULT s.a.s.)*:
- Carta Geologica;
- Carta Geolitologica del P. di B;
- Stralcio della Carta Conduttività del P. di B.;
- Stralcio della Carta degli Interventi del P.di B.;
- Stralcio della Carta della Pericolosità o Suscettività al dissesto del P. di B.;
- Stralcio della Carta del Rischio Geomorfologico del P.di B.;
- Stralcio della Carta dei Vincoli del P.U.C. di Ortovero;
- N.1 Scheda di campionamento analisi granulometrica (Stazione di misura);
- Foglio di calcolo "Erosione Fournier".

NOVICONSULT s.a.s.
Via Novi 70/A - 15060 Basaluzzo AL
E-mail: info@noviconsult.it
tel: 0143 487735