Westgeo D.Minuto & Associati
Vado Ligure (SV)
Via Verdi 6
westgeominuto@katamail.com

IPS scpa
Insediamenti Produttivi Savonesi
Savona

Comuni di Cengio e Millesimo

Studio geologico e ambientale inerente il potenziale stato di contaminazione dell'area denominata "Pertite" nei Comuni di Cengio e Millesimo con connessa caratterizzazione fisico – meccanica preliminare dei terreni e delle rocce.

RAPPORTO FINALE

Westgeo D.Minuto & Associati
Vado Ligure (SV)
Via Verdi 6
westgeominuto@ katamail.com

INDICE

1. **Introduzione e finalità**

2. **Il contesto territoriale e geografico**

3. **Inquadramento dell'area nel PAI e sotto il profilo geologico**

4. **Il quadro geologico e geomorfologico generale**

5. **Indagini ed accertamenti operati : sintesi**

6. **Qualità ambientale di suolo e sottosuolo**

7. **Caratterizzazione fisico – meccanica preliminare del sottosuolo**

8. **Compatibilità idraulica della esistente canalizzazione sotterranea**

9. **Conclusioni**

Westgeo D.Minuto & Associati
Vado Ligure (SV)
Via Verdi 6
westgeominuto@ katamail.com

1. Introduzione e finalità

IPS scpa di Savona ha incaricato Westgeo D.Minuto & Associati di Vado Ligure nella persona dello scrivente professionista della redazione del presente documento che ha per argomento la caratterizzazione ambientale del suolo e del sottosuolo dell'area Pertite nei Comuni di Cengio e Millesimo (SV) nonché la caratterizzazione fisico – meccanica preliminare dei terreni e delle rocce locali.

Si provvede altresì a definire l'inquadramento del sito nell'ambito del vigente PAI (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po) , a valutare la compatibilità idraulica di una canalizzazione idrica sotterranea esistente e a fornire alcuni cenni sulla caratterizzazione del sottosuolo sotto il profilo del rischio sismico.

Si è quindi provveduto ad effettuare :

A. Un esame bibliografico della letteratura geologica ed ambientale pertinente
B. La programmazione delle diverse tipologie di indagine e test ritenute significative e necessarie sia a fini ambientali che geotecnici
C. L'acquisizione della documentazione tecnica e cartografica disponibile
D. L'analisi e la interpretazione finale delle informazioni complessivamente ottenute

I riferimenti normativi principali sono stati quelli attualmente in vigore sul territorio nazionale e, principalmente, per i temi geotecnici, il D.M. 14.01.08 "NTC '08" mentre, per le tematiche ambientali il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 così come aggiornato nel Decreto Legislativo del 16 marzo 2009, n. 30 e pubblicato nella GU n. 79 del 4-4-2009.

Conseguentemente si sono operati gli accertamenti in sito nei mesi di Settembre – Ottobre con le conseguenti verifiche di laboratorio chimico e geotecnico.

A tal proposito si ricorda come il presente elaborato trovi il proprio completamento nel dossier elaborato da CPG snc – Promogeo srl incaricate dalla Committenza della fattiva esecuzione degli accertamenti e prove.

2. Il contesto territoriale e geografico

La vallecola delle Pertite è identificabile lungo l'andamento terminale, in sponda destra del fiume Bormida, dell'omonimo rio in un intervallo ipsometrico di riferimento compreso tra i 440,00 m slm e i 460,00 m slm.

Trova essa la propria collocazione, inoltre, in prossimità del confine amministrativo tra i territori del Comune di Cengio e del Comune di Millesimo.

Trattasi di una ampia incisione (si veda la caratterizzazione geologica e geomorfologica generale) colmata nell'ultimo ventennio da abbondanti riporti artificiali finalizzati all'ottenimento di una ampia area, perlopiù pianeggiante con una subordinata gradonatura nella porzione più prossima al tracciato della strada provinciale , per una superficie complessiva di circa 48000 mq.

Foto 1 (Google Earth) – L'area delle Pertite (si individua l'ampia area pianeggiante in basso e la installazione industriale esistente)

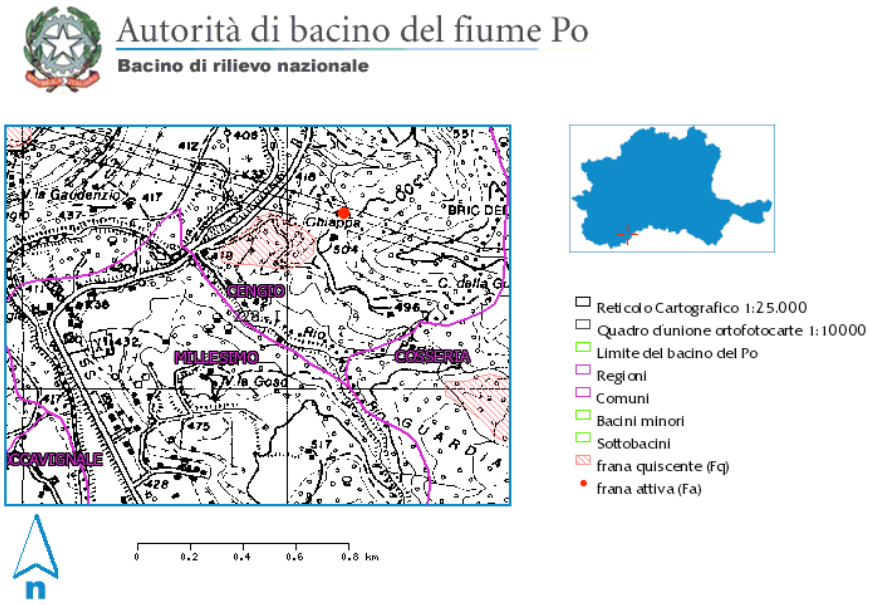


3. Inquadramento dell'area nel PAI e nella pianficazione territoriale comunale sotto il profilo geologico

Nella successiva Fig.1 (www.adbpo.it) si può apprezzare la ubicazione della vallecola delle Pertite nel contesto del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po).

In tale ambito è possibile evidenziare l'assenza lungo la porzione terminale dell'asta del Rio Pertite (in sponda destra del Bormida) di particolari problematicità (la zona rigata rossa – che evidenzia una frana quiescente – aggetta la strada provinciale a monte della nostra zona di interesse).

Fig.1 – Inquadramento dell'area in ambito PAI



4. Il quadro geologico e geomorfologico generale

L'assetto generale dei territori comunali interessati (Cengio e Millesimo), da un punto di vista geologico generale, pur essendo caratterizzato da un certo grado di complessità generale sulla macroscala , in quanto inglobante un numero significativo di differenti unità tettonico-stratigrafiche (con particolare riferimento a Millesimo) afferenti a differenti domini paleogeografici e di formazioni geologiche s.s , si segnala , nel contesto specifico, per una sostanziale semplicità litostratigrafica e formazionale .

Ciò che infatti evidenziamo come dato di base è la assenza di litologie metamorfiche e la sola presenza di orizzonti sedimentari relativamente giovani (terziario).

Nella letteratura geologica l'ambito di riferimento è noto come Bacino Terziario Piemontese (BTP), rappresentante un enorme bacino marino deposizionale a carattere subsidente, con una conseguente successione stratigrafica potente sino a oltre 4000 m, (Gelati 1968, Francani et al. 1971 Faletti et al. 1984, Gnaccolini 1980, Cazzola et al. 1981) evolutosi a partire dall'oligocene inferiore e posteriormente all'impilamento delle unità tettoniche interessate dall'orogenesi alpina. L'areale di puntuale interesse (Rio Pertite) è caratterizzato da una successione - associazione sedimentaria conglomeratico - marnosa identificabile come rappresentata da un contatto stratigrafico tra le due formazioni di Monesiglio e di Rocchetta (Aquitaniano – Oligocene) . Sulla sponda sinistra del Rio Pertite infatti si apprezzano evidenti bancate conglomeratiche poligeniche con secondari livelli e/o interstrati decimetrici marnoso-siltosi ovvero arenacei (classici della Formazione di Monesiglio cfr. Carta Geologica d'Italia 1/100.000 www.apat.gov.it) mentre sia in corrispondenza dell'asse del rio (oggi obliterato dalla colmata dei riporti) sia sulla sponda destra

(in direzione di Cengio) sono presenti cospicui affioramenti marnosi grigi , con superfici di alterazione scagliose, caratteristiche della Formazione di Rocchetta.

La Formazione di Monesiglio riposa a tetto e sovrasta geometricamente i termini marnosi.

Foto 2 : La zona delle Pertite vista da SE (sul lato sinistro della foto si notano le bancate conglomeratiche e, sul lato destro l'assetto fortemente eroso dei livelli marnosi)



Porzioni conglomeratiche della Formazioni di Monesiglio sono altresì individuabili in prossimità dell'esistente installazione industriale Fresia spa lungo il versante destro nella parte di questo geometricamente più elevata.

La dislocazione formazionale è avvenuta anche a seguito di fenomeni di basculamento tettonico più recente (quaternario) che ha interessato tutto il settore più occidentale delle Langhe.

La erodibilità ed alterabilità chimico-fisica dei terreni sedimentari del BTP, ed in particolare di quelli a forte componente fillosilicatica (minerali argillosi) è il fattore dominante della evoluzione geomorfologica locale sia sulla micro che sulle meso e macro scala.

Notoriamente la facile idratazione dei minerali argillosi (componenti principali delle argilliti e delle marne) a seguito, ad esempio, dell'azione pluviale o del disgelo o del ristagno idrico, ne condiziona fortemente l'attitudine sia alla erodibilità superficiale lungo i versanti (dando origine a quei fenomeni di erosione accelerata anche molto intensi il cui prodotto finale è rappresentato dalle caratteristiche architetture calanchive) sia al grado di alterazione più o meno puntuale dei livelli marnosi medesimi, la cui struttura tipicamente "scagliosa" (in particolare nei livelli a giorno mentre diventa più massiva in profondità) ,

caratteristica dei terreni argillosi sovraconsolidati in molte parti d'Italia, viene sovente interessata dallo sviluppo di cotiche superficiali di alterazione spinta ove le scaglie (sostanzialmente clasti spigolosi più o meno laminari di ordine massimo decimetrico) si trovano immerse in una matrice argillosa o, al più, limoso – argillosa. Sia i terreni arenacei che quelli conglomeratici sono meno soggetti a fenomeni classicamente legati al loro chimismo ancorchè le intercalazioni marnose e/o il cemento a componente carbonatica (comunque presente nei conglomerati) non li lascino indenni da fenomeni di erosione selettiva con la tipica alternanza di bancate poco erose a forte componente clastica e di livelli, peraltro senz'altro subordinati, argillitici e/o marnosi dilavati ed erosi. Le dette caratteristiche dei terreni sedimentari locali determinano l'instaurarsi, in termini di evoluzione geomorfologica dei versanti , di alcune puntuali situazioni di instabilità (si veda la cartografia geologica redatta e posta in allegato f.t.) . Si evidenzia la presenza, infatti, sia di intensi fenomeni erosivi che di alcune plaghe di ordine decametrico soggette a soil -slip superficiale.

Foto 3 : Particolare delle bancate conglomeratiche con un interstrato marnoso in basso



Le bancate conglomeratiche appaiono costituite da prevalenti clasti poligenici (di dimensioni anche rilevanti) , petrologicamente eterogenei, immersi in una matrice arenacea ovvero argillitico-arenacea.
Le coperture detritiche eluviali , poco sviluppate, hanno prevalente natura granulare sciolta grossolana o medio-grossolana (ghiaie ciottolose con sabbia e/o sabbie limose).

Foto 3 : Il versante marnoso verso Cengio con fenomeni di tipo calanchivo allo stadio iniziale



Idrogeologicamente il sito è caratterizzato da una scarsa o nulla produttività freatica. Come risulta inoltre ampiamente verificato dai test di conducibilità idraulica in configurazione Lugeon operati, la permeabilità dei livelli marnosi di Rocchetta identificati come bedrock su tutta l'area in esame è da considerarsi molto bassa ($K = 10^{-7}$ m/s – 10^{-9}m/s).

In fase di primo campionamento idrico mediante tecniche statiche si è rilevato presso tutti i piezometri soggetti al campionamento stesso un battente d'acqua < 1.0 m rispetto al fondo.

5. Indagini ed accertamenti operati : sintesi

Le tecniche dirette utilizzate (11 sondaggi a carotaggio continuo e campionamento di terreni e acque a fini chimici e/o geotecnici)) ed indirette (sismica a rifrazione e tomografia elettrica) sono state ottimizzate al fine di permettere sia una corretta ed attendibile interpretazione dell'assetto stratigrafico locale (interpretato nelle allegate sezioni geologiche f.t.) sia il necessario e richiesto campionamento ambientale secondo le tecniche standard di legge.

In particolare si ricorda come il diametro dei piezometri installati sia stato quello di 4'' al fine di rendere più agevole sia il campionamento che le attività di chiarificazione/spurgo delle acque sotterranee (peraltro rivelatesi nel periodo di riferimento settembre – novembre 2009 di irrilevante significato in termini quantitativi) Inoltre i segmenti alternati di tubo cieco e/o fenestrato sono stati adattati (cfr. dossier CPG – Promogeo) alle sequenze stratigrafiche singolarmente identificate in ogni sondaggio a carotaggio continuo.

Il campionamento dei terreni è avvenuto con minimo utilizzo di acqua di perforazione e sono stati utilizzati (per la lubrificazione delle attrezzature) solo grassi vegetali.

Il campionamento delle acque, dopo procedura di chiarificazione mediante sviluppo dei piezometri con pompa sommergibile a portata variabile, è avvenuta in modalità statica.

Ai fini di un "ampliamento areale" delle informazioni derivanti dai puntuali carotaggi si sono utilizzate, ribadiamo, anche tecniche di indagine indiretta (in particolare quella della sismica a rifrazione e della tomografia elettrica) che, come chiaramente risultante dalla analisi degli elaborati interpretativi stratigrafici (sezioni geologiche), hanno permesso di ricostruire un coerente quadro dello sviluppo areale-verticale dei riporti artificiali sul sottostante bedrock sedimentario (è stata individuata una potenza massima di oltre 16.00 m di riporti in S5 ed una minima di circa 3.2m in S2).

La ubicazione complessiva delle indagini, esplicata nella Carta Geologica e Geomorfologica, ha coperto quindi efficacemente l'intera area di interesse.

Di seguito è riportato il quadro di sintesi delle attività svolte.

Per la caratterizzazione geotecnica preliminare dei riporti artificiali , dei livelli del bedrock alterato sono state altresì inserite, e conseguentemente operate in campo, prove tipo SPT (Standard Penetration Test), prove di permeabilità Lefranc in configurazione a carico costante ovvero a portata costante e alcune (3) prove pressiometriche Menard (secondo la norma NF P – 94 -110).

Un test sismico in foro in configurazione DH (down – hole), con misura sia delle velocità delle onde di compressione che di quelle di taglio, della profondità di 30 m (con la determinazione conseguente del richiesto parametro Vs30) è stato operato nel sondaggio denominato S5 in corrispondenza della porzione areale di maggiore sviluppo delle coperture artificiali (sino a circa 17 m di potenza) e, quindi, nelle condizioni più cautelative. Nel substrato marnoso (non è mai stato intercettato alcun termine conglomeraticio) sono state eseguite numerose prove Lugeon al fine di controllarne le caratteristiche di conducibilità idraulica.

Tabella 1 - Quadro delle attività svolte

Sigla della prospezione	Tecnica	SPT (n°)	PLEF (n°)	PRESS (n°)	PLUG (n°)	CTG (n°)	CAC (n°)	CTC (n°)	PIEZ (m)	DH (m)	Prof. (m)	Svil. (m)
S1	Carotaggio	2		1	1	1	1	3	12.00		14.00	

S2	Carotaggio	1	1		1	1		1	6.00		6.00	
S3	Carotaggio	2			1	1		2	10.00		13.50	
S4	Carotaggio	2	1	1	1	1	1	2	10.00		10.00	
S5	Carotaggio	4			1	1				30.00	30.00	
S6	Carotaggio	3	1	1	1	1	1	2	9.00		9.00	
S7	Carotaggio	3	1		1	1	1	2	9.00		9.00	
S8	Carotaggio	3	1			1		2	9.00		10.00	
S9	Carotaggio	3	2		1	1	1	3	10.00		10.00	
S10	Carotaggio	3				1			10.00		10.00	
S11	Carotaggio	4	1		1	1		3	12.00		12.00	
PS1	Sismica rifrazione											60
PS2	Sismica rifrazione											60
PS3	Sismica rifrazione											60
PS4	Sismica rifrazione											60
PS5	Sismica rifrazione											60
PS6	Sismica rifrazione											60
T1	Tomografia elettrica											60
T2	Tomografia elettrica											60
T3	Tomografia elettrica											60
T4	Tomografia elettrica											60
Totale		30	8	3	8	11	5	20	96	30	123,50	600 *

* di cui 360 m di sismica a rifrazione e 240 m di tomografia elettrica

Le sigle indicano rispettivamente :

Sn = Sondaggio a carotaggio continuo

PSn = Prospezione sismica a rifrazione (onde P)

Tn = Tomografia elettrica

Svil = Sviluppo lineare in metri

SPT = Standard Penetration Test in unità

CTC = Campione Terreno per Analisi Chimiche in unità

CAC = Campione Acqua per Analisi Chimiche in unità

CRG = Campione rimaneggiato per laboratorio geotecnico in unità

PLEF = Prova Lefranc a carico variabile (CV) o costante (CC) in unità

PLUG = Prova Lugeon in unità

Prof. = Profondità del sondaggio in metri

DH = Prova Down Hole con misurazione onde P e S in metri

PRESS = Prova Menard in unità

PIEZ = Piezometro a tubo aperto diametro 4 '' in metri

Per la finalizzazione delle investigazioni nella loro globalità si sono inoltre operati riconoscimenti granulometrici completi di aerometrie con i conseguenti Limiti di Atterberg (per la definizione di LL e di Ip) (dove il passante al setaccio n.200 era > 20 %) e, per le richieste finalità ambientali, si sono operati (cfr. dossier CPG) :

1. 18 suites di analisi chimiche complete su altrettanti campioni di terreno su parametri come da elencazione seguente esclusi diossine, fitofarmaci e furani
2. 2 suites di analisi complete su altrettanti campioni di terreno su parametri come da elencazione seguente compresi diossine, fitofarmaci e furani
3. 4 suites di analisi chimiche complete su altrettanti campioni di acqua su parametri come da elenco seguente esclusi diossine,fitofarmaci e furani
4. 1 suite di analisi chimiche complete su 1 campione di acqua compresi diossine, fitofarmaci e furani

Gli analiti verificati sono di seguito elencati nelle due diverse matrici suolo e acqua :

Suolo :

Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale ed esavalente, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio,Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco, Cianuri liberi, Fluoruri, Benzene, Etilbenzene, Stirene,

Toluene, Xilene, Sommatoria organici aromatici , Benzo (a) antracene, Benzo (a) pirene, Benzo (b) fluorantene, Benzo (k) fluorantene, Benzo (g,h,i) perilene, Crisene, Dibenzo(a,e) pirene, Dibenzo (a,i)pirene, Dibenzo (a,h) pirene, Dibenzo (a,h) antracene, Indenopirene, Sommatoria policiclici aromatici, Clorometano, Diclorometano, triclorometano, Cloruro di Vinile, 1,2 – Dicloroetano, 1,1 – Dicloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, 1,1 Dicloroetano, 1,2 – Dicloroetilene, 1,1,1 – tricloroetilene, 1,2 – Dicloropropano, 1,1,2 – Tricloroetano, 1,2,3-Tricloropropano, 1,1,2,2 – Tetracloroetano, Tribromometano, 1,2 – Dibromoetano, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano, Nitrobenzene, 1,2 – Dinitrobenzene, 1,3 – Dinitrobenzene, Cloronitrobenzene, Monoclorobenzene, Diclorobenzeni non cancerogeni, Diclorobenzeni cancerogeni, 1,2,4 – triclorobenzene, 1,2,4,5 – Tetraclorobenzene, Pentaclorobenzene, Esaclorobenzene, Metilfenolo, Fenolo, 2 – cloro fenolo, 2, 4 – diclorofenolo, 2,4,6 – triclorofenolo, Pentaclorofenolo, Anilina, o – anisidina, m,p – Anisidina, Difenilammina, p – Toluidina, Sommatoria ammine aromatiche, PCB, Sommatoria PCDD PCDF , Idrocarburi leggeri C</ = 12, Idrocarburi pesanti C>12, Amianto, Esteri dell'acido ftalico, Alaclor, Aldrin, Atrazina, alfa-esacloroesano, beta – esacloroesano, gamma - esacloroesano, Clordano, DDT-DDD-DDE, Dieldrin, Endrin.

Acqua

Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale ed esavalente, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Zinco, Boro, Cianuri liberi, Fluoruri, Nitriti, Solfati, Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, para – xilene, Benzo (a) antracene, Benzo (a) pirene, Benzo (b) fluorantene, Benzo (k) fluorantene, Benzo (g,h,i) perilene, Crisene, Dibenzo (a,h) antracene, Indenopirene, Pirene, Sommatoria policiclici aromatici, Clorometano, Triclorometano, Cloruro di Vinile, 1,2 – Dicloroetano, 1,1, Dicloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, Esaclorobutadiene, Sommatoria organoalogenati, 1,1 – Dicloroetano, 1,2 – Dicloroetilene, 1,2 – Dicloropropano, 1,1,2 – Tricloroetano, 1,2,3 – Tricloropropano, 1,1,2,2 – Tetracloroetano, Tribromometano, 1,2 – Dibromoetano, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano, Nitrobenzene, 1,2 – Dinitrobenzene, 1,3 – Dinitrobenzene, Cloronitrobenzeni, Monoclorobenzene, 1,2 Diclorobenzene, 1,4 Diclorobenzene, 1,2,4 Triclorobenzene, 1,2,4,5 Tetraclorobenzene, Pentaclorobenzene, Esaclorobenzene, 2 – clorofenolo, 2,4 Diclorofenolo, 2,4,6 Triclorofenolo, Pentaclorofenolo, Anilina, Difenilamina, p – toluidina, Sommatoria PCDD PCDF, PCB , Acrilammide, Idrocarburi totali, Acido para – ftalico, Alaclor, Aldrin, Atrazina, alfa – cloroesano, beta – cloroesano, gamma – esacloro esano, clordano, DDT-DDD-DDE, Dieldrin, Endrin, Sommatoria fitofarmaci.

Riportiamo di seguito un quadro di sintesi dei riconoscimenti geotecnici di laboratorio svolti :

Tabella 2 – Prove di laboratorio geotecnico

Campioni CTG	Profondità m	Granulometria	Aerometria	Limiti di Atterberg
S01	2.00 – 2.50	si	si	si
S02	1.50 – 2.00	si	si	si
S03	3.50 4.00	si	si	si
S04	5.00 – 5.50	si	no	no
S05	4.00 – 4.50	si	no	no
S06	4.50 – 5.00	si	si	si
S07	3.50 – 4.00	si	si	si
S08	2.00 – 2.50	si	si	si
S09	1.00 – 1.50	si	no	no
S10	7.00 – 7.50	si	si	si
S11	7.00 – 7.50	si	no	no

6. Qualità ambientale di suolo e sottosuolo

Il quadro ambientale emergente dalle verifiche operate risulta perfettamente coerente con il contesto generale territoriale del sito e con la sua storia più recente che ha visto, nel recente passato :

- importanti e rilevanti attività di sterro e sbancamento del locale assetto vallivo al fine di ottenere una ampia superficie pianeggiante

- Il riposizionamento e la ricollocazione in sito dei materiali sedimentari marnosi, in volumetrie percentualmente maggioritarie e prevalenti, nel contesto delle attività di cui al punto precedente

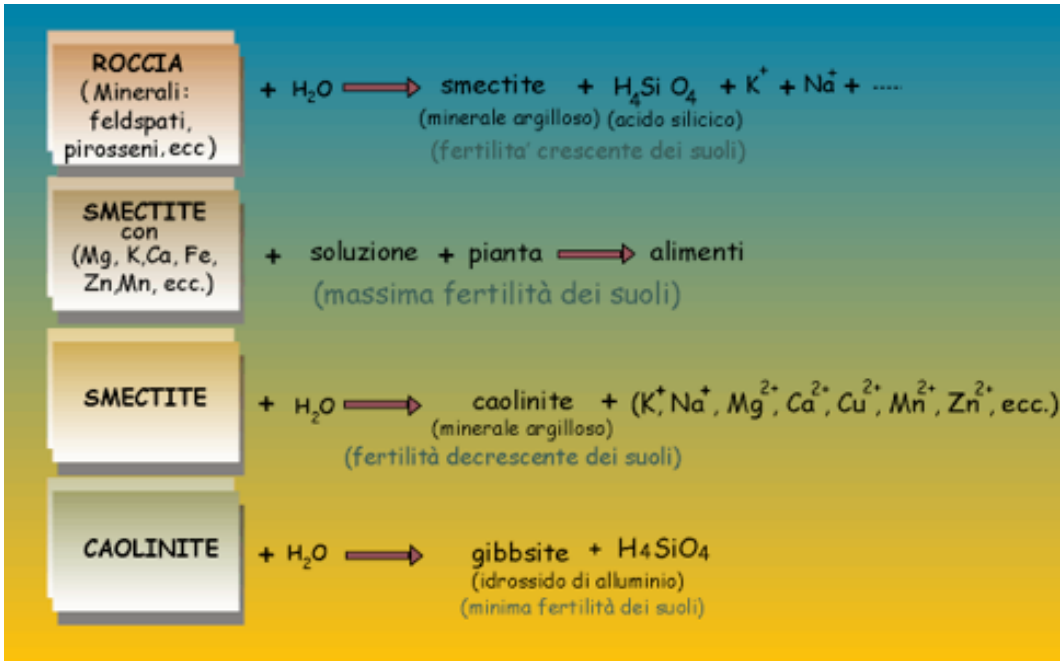
- il parziale utilizzo dello smarino di elementi rocciosi metamorfici di diversa provenienza (terreni anfibolitico-gneissici-filladico o micascistosi) riconducibili ad opere infrastrutturali locali (in particolare derivanti dalla galleria di bypass dell'abitato di Altare)

- Il posizionamento (con contestuale costruzione in sito) di una canalizzazione sotterranea (si veda in proposito il capitolo finale) atta allo smaltimento idoneo delle acque di ruscellamento provenienti dal bacino di monte sotteso

- La presenza di una localizzata installazione industriale meccanica oggi in attività.

In questa prospettiva devono essere esaminate le risultanze chimiche delle operazioni analitiche svolte sui terreni che , in un generale quadro di totale compatibilità delle valorizzazioni degli analisi esaminati in relazione ai limiti di legge, ha messo in luce la presenza (entro il valore di soglia per le aree a destinazione industriale di 800 mg/kg) di Cromo totale presso i punti di prelevamento corrispondenti a S9,S6 e S7 di 194,214,269,187mg/kg in 4 campioni di terreno.
Tali valori sono comunque, evidentemente, del tutto compatibili con il mantenimento della destinazione industriale prevista anche in futuro.
Nella medesima ottica deve essere considerata la valorizzazione di 127 mg/kg di Ni in S9. Si sono iinvece ottenute valorizzazioni sopra soglia di legge (che si attesta a 50 μg/l) relativamente al Mn nelle acque di S9 (305 μg/l) e in S1(229 μg/l).
A titolo di ulteriore verifica e conferma è stato quindi ripetuto il campionamento in data 13 Novembre 2009 (cfr. documentazione CPG – Promogeo) presso i detti piezometri .
Le conseguenti verifiche analitiche hanno nuovamente confermato (con valorizzazione di 695 μg/l in S9 e di 450 μg/l in S1) la concentrazione di Mn sopra – soglia. Lo studio dei valori di fondo di questi (ed altri) metalli pesanti sul territorio ligure è stato recentemente oggetto di uno studio (cfr. Bibliografia) da parte di geologi ARPAL ; proprio da tale elaborato riportiamo testualmente che " Il Mn presenta elevati valori di concentrazione laddove sono preponderanti gli affioramenti di litotipi metasedimentari e sedimentari, come nei casi del bacino occidentale del T. Lerone (411.3 –1350 ppm) e della Bormida di Spigno Monferrato (606 – 1476 ppm) " .
A tal proposito appare evidente la correlabilità ottenibile da tale affermazione con la situazione in essere presso l'area delle Pertite caratterizzata, come ampiamente descritto, da litotipi sedimentari. In tal senso va, ad avviso dello scrivente, interpretata la presenza in concentrazioni anomale (e solo in S9 e in S1) di Mn. I test di cessione operati a seguito del campionamento del 13.11.2009 su frazioni di terreno (in particolare nei tratti contenenti tracce di laterizi) non hanno peraltro evidenziato una geodisponibilità-biodisponibilità a breve termine di Mn..
Sovente , in letteratura, la geodisponibilità di ioni Mn è messa in relazione al processo di caolinizzazione della smectite a seguito di idratazione. La smectite stessa è originata dalla idratazione di rocce metamorfiche contenenti minerali quali miche o feldspati. Un possibile assetto dei processi relativi è evidenziato nella figura successiva .

Fig.3 – Processi di geodisponibilità



Si ritiene, quindi, che , allo stato attuale delle conoscenze, la evidenziata presenza di concentrazioni di Mn sopra-soglia di legge sia da ricondurre unicamente a puntuali fenomeni geochimici legati al particolare assetto geologico e stratigrafico locale.

7. Caratterizzazione fisico – meccanica preliminare del sottosuolo

Il presente paragrafo sintetizza le peculiarità geotecniche principali dei terreni locali così come derivanti dall'insieme delle risultanze delle indagini sviluppate.
Essenzialmente, come facilmente evincibile dalle sezioni geologiche interpretative, sono stati individuati due orizzonti geologici di riferimento principale :

- Un livello di copertura di forte variabilità granulometrica costituito da riporti artificiali sciolti più o meno grossolani e di potenza variabile da un minimo di circa 3.0 – 4.0 m (S2) sino ad oltre 15.0 – 16.0 m (S5)

- Un sottostante orizzonte litoide sedimentario marnoso

Data la relativa semplicità stratigrafica appena descritta, anche da un punto di vista fisico-meccanico e geotecnico il sito in esame può trovare una ulteriore suddivisione in due corrispondenti orizzonti : il primo riferibile alla meccanica dei terreni trattandosi di un orizzonte sciolto eterogeneo ed eterogranulare di materiali riportati, il secondo riferibile alla meccanica delle rocce trattandosi di un bedrock litoide.

La presente relazione non ha valenza progettuale geotecnica (ai sensi del D.M. 14.01.08) ma vuole unicamente rappresentare una prima caratterizzazione generale di riferimento iniziale nell'ottica di un primo supporto alle progettualità future. In tal senso si provvederà unicamente a fornire alcune delle principali peculiarità dei due orizzonti descritti. Le risultanze derivanti dalle differenti tecniche di investigazione adottate dovranno, quindi, essere ulteriormente analizzate ed elaborate secondo quanto previsto dalla attuale normativa tecnica in funzione delle differenti tipologie strutturali e classi di intervento edilizio previste nel futuro del sito. Non si addiverrà evidentemente quindi a parametrizzazioni geotecniche di tipo "caratteristico" o "di progetto" ma unicamente si commenteranno i valori nominali derivabili in prima analisi. Con riferimento alla copertura detritica superficiale di origine artificiale di seguito si espone la tabella delle risultanze granulometriche ottenute in laboratorio :

Tabella 3 – Valorizzazioni granulometriche in laboratorio geotecnico

Campioni CTG	Prof. m	Ip	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Limo + argilla
S1 CR1	2.00 – 2.5	18.16	34.23	12.06	44.53	9.18	
S2 CR1	1.50 - 2.00	13.11	51.40	6.28	32.84	9.4	
S3 CR1	3.50 – 4.00	8.33	8.24	2.94	69.77	19.04	
S4 CR1	5.00 – 5.50		62.18	25.09			12.79
S5 CR1	4.00 – 4.50		28.16	64.67			7.17
S6 CR1	4.50 – 5.00	12.55	8.56	1.73	62.11	27.61	
S7 CR1	3.50 – 4.00	10.42	21.50	11.37	57.02	10.11	
S8 CR1	2.00 – 2.50	6.77	8.41	2.21	75.84	13.55	
S9 CR1	1.00 – 1.50		49.15	33.98			16.88
S10 CR1	7.00 – 7.50	15.44	13.81	18.81	57.26	10.12	
S11 CR1	7.00 – 7.50		48.31	45.66			6.03

Emerge, dalla sintesi della tabella medesima, la presenza di 4 campioni fortemente granulari-grossolani (in S4,S5, S9 e S11) con percentuali complessive di ghiaia e sabbia > 80 % ; a tali campioni può essere inoltre aggiunto il campione di S2 che trova una sommatoria di ghiaia più sabbia > 57% .

I rimanenti campioni trovano invece (ad eccezione di S1) percentualizzazioni di passante al setaccio n.200 dell'ordine del 70 – 90 %.

Emerge inoltre molto chiaramente la caratteristica significativa presenza della frazione limosa (con valori massimi di oltre il 60 – 70 %).

Evidentemente ciò ad ulteriore riprova della locale provenienza dei riporti artificiali (derivanti dalla attività di demolizione/sbancamento/detrazione artificiale del substrato marnoso che, in termini granulometrici, è riferibili a processi diagenetici coinvolgenti sedimenti siltosi).

Nel complesso le percentuali di argilla sono da considerarsi basse trovando valori massimi dell'ordine del 13 – 16 %. Identicamente anche i valori dell'Indice di Plasticità Ip sono mediamente bassi (minimo 6.77 e massimo 18.16).

Alcune prime considerazioni inerenti la resistenza al taglio possono derivare dalla analisi della seguente tabella riportante i valori Nspt ottenuti dalle prove tipo Standard Penetration Test effettuate in avanzamento

Tabella 4 – Prove SPT con relative valorizzazioni Nspt

Prova SPT	Prof. m	Nspt
S1 SPT1	3.00 – 3.45	20
S1 SPT2	4.50 – 4.95	48
S2 SPT1	3.00 – 3.45	R
S3 SPT1	3.00 – 3.45	51
S3 SPT2	6.00 – 6.45	45
S4 SPT1	1.50 – 1.95	15
S4 SPT2	3.00 – 3.45	33
S4 SPT3	4.50 – 4.95	R
S5 SPT1	3.00 – 3.45	28
S5 SPT2	4.50 – 4.95	38
S5 SPT3	6.00 – 6.45	52
S5 SPT4	7.50 – 7.95	R
S6 SPT1	1.50 – 1.95	R
S6 SPT2	3.00 – 3.45	R
S6 SPT3	4.50 – 4.95	R
S7 SPT1	1.50 – 1.95	17
S7 SPT2	3.00 – 3.45	38
S7 SPT3	4.50 – 4.95	45
S8 SPT1	1.50 – 1.95	6
S8 SPT2	3.00 – 3.45	7
S8 SPT3	4.50 – 4.95	R
S9 SPT1	1.50 – 1.95	R

S9 SPT2	3.00 – 3.45	22
S9 SPT3	4.50 – 4.95	42
S9 SPT4	6.00 – 6.45	50
S10 SPT1	3.00 – 3.45	31
S10 SPT2	4.50 – 4.95	31
S10 SPT3	6.00 – 6.45	43
S11 SPT1	1.50 – 1.95	28
S11 SPT2	3.00 – 3.45	22
S11 SPT3	4.50 – 4.95	11
S11 SPT4	7.50 – 7.95	R

La determinabilità di Dr% e angolo di resistenza al taglio su base SPT ($N_1$60) è riportata in coda al testo in Appendice 1.

Come si può qui dedurre con immediatezza per valori di ($N_1$60) medi intorno a valori di 30 – 40 per terreni NC o lievemente sovraconsoldati si ottengono valori di Dr(%) dell'ordine del 55% - 65% con un intervallo di riferimento per l'angolo di attrito interno compreso tra 34° e 36°. Ricordiamo peraltro che il sopra riportato diagramma è riferibile alle sabbie o alle sabbie-limose (deve quindi essere ritenuto indicativo nel nostro caso vista la già citata forte variabilità granulometrica).

Appare quindi del tutto evidente (sulla base delle valorizzazioni di cui alla Tabella 4) che tale indicazione appare attendibile per una frazione importante dei terreni sciolti di copertura ma che, certamente, livelli caratterizzati da angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate inferiore non sono assenti così come per i livelli francamente ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi è possibile avere valori anche > 40°:

Di seguito, in tabella 5, è invece presentato un quadro sinottico di alcuni parametri geotecnici e fisico – meccanici di riferimento :

Tabella 5 - Valorizzazioni di alcuni parametri geotecnici e fisico - meccanici

Orizzonti geotecnici	**N_{SPT} (n°) Intervallo**	**ϕ' ° Da SPT Intervallo**	**D_r % max**	**RQD % intervallo**	**UCS Unconfined Compression Strenght MPa (da letteratura) intervallo**	**K m/s intervallo**	**Vp Intervallo m/s**	**Vs Intervallo m/s**
Riporti	6 - 52	28° - 40°	30 - 60			10^{-4} -10^{-7}	400 - 800	220 - 370
Sound bedrock				40 - 100	10 – 30 MPa	10^{-7} 10^{-9}	2000 - 3300	600 - 1000

In relazione al substrato sano (sound bedrock) dotato dei valori parametrici sopraripportati in condizioni medie di RQD nella porzione percentuale più elevata (70 – 100 %) (ovvero la più frequente nei logs stratigrafici dei sondaggi eseguiti) e in relazione alla nulla o scarsa fratturazione (data la prevalenza di giunti chiusi o molto chiusi) , all'assenza di infiltrazione idrica, è ragionevole indicativamente porre l'ammasso roccioso marnoso

di riferimento nella classe III° secondo il criterio RMR (Rock Mass Rating) (intervallo 41 – 60) con un intervallo di riferimento per la coesione di 200 – 300 kPa e di 25° - 35° per l'angolo di attrito di picco.

Per quanto concerne le valorizzazioni di Em (Modulo Menard) e Pl (Pressione limite) ottenute nelle tre prove pressiometriche eseguite ricordiamo che esse potranno essere utilizzate – nelle future progettazioni fondazionali - in particolare al fine di derivare i valori di alcuni parametri geotecnici in terreni coesivi sovraconsolidati alterati (orizzonte superficiale di alterazione del substrato marnoso) (coesione non drenata e modulo edometrico). Riteniamo particolarmente rappresentative le valorizzazioni dei valori relativi sia a Em che a Pl nelle prove eseguite in S1 e S4 (rispettivamente Em= 181.94 bar e Pl = 29.02 bar in S1 e Em = 85 bar e Pl= 17.33 bar).

La prova DH (Down – Hole) realizzata all'uopo nel sondaggio S5 sino a 30 m da p.c., oltre a permettere di registrare valori di velocità relativi alle onde di compressione e alle onde di taglio ,con il relativo profilo continuo sino alla massima profondità , ha portato alla determinazione del parametro Vs30 (come richiesto dal D.M. 14.01.08) (si veda l'elaborato Promogeo relativo).

La valorizzazione ottenuta di tale parametro è stata di 500 m/s inserendo il profilo specifico del terreno presso S5 nella categoria B secondo la tabella riportata in figura 5.

Fig.5 – Classificazione dei terreni in prospettiva sismica

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Appare del tutto evidente come la sintesi delle informazioni sismostratigrafiche ottenute inserisca, peraltro, ampie porzioni della nostra zona in esame anche nella categoria A.

8. Compatibilità idraulica della esistente canalizzazione sotterranea [1]

Di seguito sono riportati le considerazioni ed i calcoli eseguiti per la verifica idraulica del segmento del Rio Pertite attualmente canalizzato in sotterraneo all'interno della copertura artificiale di riporti.

All'uoposono state utilizzate le informazioni tecniche disponibili (1992) consistenti nel profilo di progetto e nella planimetria di ubicazione della condotta.

La verifica verrà condotta determinando la portata massima transitante nella sezione di imbocco della tubatura nella configurazione dello stato di fatto, al fine di dimostrare che la stessa conduttura è perfettamente in grado di far scorrere la portata di acqua che defluisce dal bacino interessato.

Il riferimento normativo è rappresentato dalla L. 18.05.1989 n.183 così come attuata dalla Autorità di Bacino del Fiume Po attraverso la emanazione del PAI (Direttiva 2: direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica e Direttiva 4: direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B")

La determinazione della massima portata di progetto, trattandosi di bacino di modeste dimensioni e di un intervento progettuale che non giustifica studi ideologici più approfonditi, può essere determinata, in base alle prescrizioni contenute nella Direttiva 2 del PAI, utilizzando un metodo approssimato; in particolare, in base ai parametri di cui si dispone, è stato scelto il metodo razionale, la cui formulazione è la seguente:

$$Q_c = 0{,}28 \cdot c \cdot i \cdot A \qquad (m^3/s)$$

dove:

- c = coeff. di deflusso (-)
- i = intensità di pioggia (mm/ora)
- A = superficie del bacino (km^2).

L'intensità di pioggia può essere determinata con la relazione

$$i = \frac{h}{t_c} \quad \text{(mm/ora)}$$

dove t_c = tempo di corrivazione (ore).

La determinazione di questo parametro è fondamentale per la valutazione della portata di piena e dipende sostanzialmente dalle caratteristiche del bacino adduttore.

Il bacino sotteso alle sezioni in esame risulta avere una superficie A = 1,577 km^2. L'altitudine massima rilevabile è H_{max} = 677 m s.l.m. (Castello di Cosseria), mentre il punto più depresso, in corrispondenza della sezione di chiusura interessata, si trova ad una quota H_o = 425 m s.l.m.

[1] A cura dell'Ing.Marco Goso

Suddividendo il bacino in fasce altimetriche con scansione ogni 100 m di dislivello e determinandone l'area sottesa, è stata ricavata la quota media del bacino che risulta essere pari ad H_m = 555 m s.l.m.

La sorgente principale si trova ad una altitudine H = 590 m s.l.m. e la lunghezza dell'asta fluviale da questa fino alla sezione di progetto, prossima alla confluenza del Rio Gorra nel Torrente Bormida, è L = 2233 m.

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, che rappresenta il legame tra l'altezza di precipitazione in un punto (misurata in mm) che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale impermeabile e la durata della precipitazione stessa.

La curva di probabilità pluviometrica ha la seguente formulazione

$$h(t) = a \cdot t^n$$

in cui i parametri *a* ed *n* dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato, che in questo caso è assunto pari a T = 200 anni.

La Tabella 1 allegata alla Direttiva 2 del PAI riporta i valori delle curve di probabilità pluviometrica stimati sulla base delle serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Ideologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive.

In particolare per la zona in esame questa Tabella riporta:

- *a* (T=200) = 60,77
- *n* (T=200) = 0.409.

Il tempo di corrivazione t_c (ore), può essere determinato con diverse formule empiriche dove il significato dei simboli è il seguente:

- *A* (km²) = superficie del bacino
- *L* = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km)
- H_m (m) = altitudine media del bacino s.l.m.
- H_{max} (m) = altitudine massima del bacino s.l.m.
- H_O (m) = altitudine della sezione di chiusura s.l.m.
- *H* (m) = altitudine della sorgente s.l.m.
- p_v (-) = pendenza media del bacino ($p_v = (H_{\max} - H_O)/L$ = 11,281 %)
- *p* = pendenza media dell'asta principale ($p = (H - H_O)/L$ = 7,39 %)

- Ventura (1905)

$$t_c = 0{,}127 \cdot \sqrt{\frac{A}{p}} = 0{,}127 \cdot \sqrt{\frac{5{,}37}{8{,}48\%}};$$

- Giandotti (1934-1937)

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}{0{,}8 \cdot \sqrt{(H_m - H_O)}} = \frac{4 \cdot \sqrt{5{,}37} + 1{,}5 \cdot 4{,}088}{0{,}8 \cdot \sqrt{(850 - 717)}};$$

- Pezzoli (1970)

$$t_c = 0{,}055 \cdot \frac{L}{\sqrt{p}} = 0{,}055 \cdot \frac{4{,}088}{\sqrt{8{,}48\%}};$$

- Merlo (1973)

$$t_c = \frac{0{,}396 \cdot L}{\sqrt{p}} \cdot \left(\frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{p}{p_v}} \right)^{0{,}72} = \frac{0{,}396 \cdot 4{,}088}{\sqrt{8{,}48\%}} \cdot \left(\frac{5{,}37}{4{,}088^2} \cdot \sqrt{\frac{8{,}48}{16{,}41}} \right)^{0{,}72}$$

- Puglisi (1978)

$$t_c = 6 \cdot L^{2/3} \cdot (H_{\max} - H_O)^{-1/3} = 6 \cdot 4{,}088^{2/3} \cdot (1388 - 717)^{-1/3}$$

- CIMA (1999)

$$t_c = 0{,}25 + 0{,}27 \cdot A^{0{,}5} = 0{,}25 + 0{,}27 \cdot 5{,}37^{0{,}5}.$$

Nella tabella seguente sono riepilogati i diversi valori ottenuti per la stima di t_c:

Ventura	0,59	ore
Giandotti	0,92	ore
Pezzoli	0,45	ore
Merlo	1,22	ore
Puglisi	1,62	ore
CIMA	0,59	ore

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente difficile e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata.

In questa sede, in mancanza di determinazioni più precise, può essere assunto un valore cautelativo di c = 0,70.

Utilizzando il valore determinato del tempo di corrivazione si può ricavare l'altezza di pioggia critica h_c, con la relazione della curva di probabilità pluviometrica:

$$h_c = h(t_c) = a \cdot t_c^{\,n}$$

Nella tabella seguente sono riportati i diversi valori ottenuti per la stima di h_c:

Ventura	52,68	mm
Giandotti	64,70	mm
Pezzoli	46,73	mm
Merlo	73,70	mm
Puglisi	84,04	mm
CIMA	52,78	mm

che sostituiti nella relazione proposta dal metodo razionale

$$Q_c = 0{,}28 \cdot c \cdot \frac{h_c}{t_c} \cdot A$$

forniscono i seguenti valori di portata al colmo Q_c:

Ventura	15,86	m³/s
Giandotti	12,45	m³/s
Pezzoli	18,27	m³/s
Merlo	10,68	m³/s
Puglisi	9,15	m³/s
CIMA	15,82	m³/s

Considerando che i risultati di portata ottenuti rientrano in un intervallo di valori accettabile, si ritiene che nell'analisi possa essere utilizzato il valore di portata media che risulta essere pari a Q_{media} = 13,70 m³/s

Lo schema adottato per il calcolo è quello di moto uniforme: si suppone, a parità di forma di sezione, una relazione univoca nello spazio e nel tempo fra portata e tirante.

Per la costruzione della scala di deflusso si utilizza la relazione di Gauckler – Strickler per la determinazione della velocità media della corrente:

$$v = K_S \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{i} \quad \text{(m/s)}$$

la portata fluente viene calcolata:

$$Q = v \cdot A \quad (m^3/s)$$

I dati geometrici in ingresso sono:

K_S : coefficiente di Gauckler – Strickler, che per tubazioni in cemento intonacato in servizio da più anni è assunto pari a 70 ($m^{1/3}/s$);

D : diametro interno della condotta pari a 2,74 (m);

i : pendenza del fondo del canale, che nel caso in esame è pari a 0,025 (-);

Noti questi parametri si calcola la portata per ogni valore del grado di riempimento h/D, ovvero del rapporto tra tirante e diametro; si determina quindi l'angolo al centro β espresso in radianti:

$$\beta = 2 \cdot \arccos(1 - 2 \cdot h/D) \quad \text{(rad)}$$

è quindi ora possibile ricavare l'area della sezione liquida ed il perimetro bagnato tramite le seguenti relazioni:

$$A = r^2/2 \cdot (\beta - \text{sen}(\beta)) \quad \text{(m)}$$

$$P_B = r \cdot \beta \quad \text{(m)}$$

L'ultimo passo per la determinazione di *v* e *Q* è il calcolo del raggio idraulico:

$$R_H = A / P_B \quad \text{(m)}$$

Di seguito vengono riportati i risultati del metodo impostato con i parametri sopradetti nella condizione attuale.

h/D	b	b	A	Pb	R_h	h	v	Q
	[rad]	[gradi]	[m^2]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m^3/s]
0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,05	0,90	51,684	0,1102	1,2358	0,0892	0,137	2,209	0,24
0,10	1,29	73,740	0,307	1,763	0,174	0,274	3,450	1,06
0,15	1,59	91,146	0,555	2,179	0,254	0,411	4,445	2,47

0,20	1,85	106,260	0,840	2,541	0,330	0,548	5,290	4,44
0,25	2,09	120	1,153	2,869	0,402	0,685	6,026	6,95
0,30	2,32	132,844	1,488	3,176	0,468	0,822	6,675	9,93
0,35	2,53	145,085	1,839	3,469	0,530	0,959	7,250	13,33
0,40	2,74	156,926	2,203	3,752	0,587	1,096	7,759	17,09
0,45	2,94	168,522	2,573	4,030	0,639	1,233	8,208	21,12
0,50	3,14	180	2,948	4,304	0,685	1,370	8,601	25,36
0,55	3,34	191,478	3,323	4,578	0,726	1,507	8,939	29,70
0,60	3,54	203,074	3,694	4,856	0,761	1,644	9,223	34,07
0,65	3,75	214,915	4,057	5,139	0,790	1,781	9,455	38,36
0,70	3,96	227,156	4,409	5,432	0,812	1,918	9,631	42,46
0,75	4,19	240	4,744	5,739	0,827	2,055	9,749	46,24
0,80	4,43	253,740	5,057	6,067	0,833	2,192	9,802	49,57
0,85	4,69	268,854	5,342	6,429	0,831	2,329	9,783	52,26
0,90	5,00	286,260	5,590	6,845	0,817	2,466	9,670	54,05
0,95	5,38	308,316	5,786	7,372	0,785	2,603	9,418	54,49
1,00	6,28	360	5,896	8,608	0,685	2,740	8,601	50,71

Come è possibile osservare dai dati risultanti dalla scala di deflusso, la portata media calcolata con il metodo razionale assunta pari a 13,70 m^3/s passa all'interno della condotta circolare con un tirante di 0,96 m, che corrisponde a circa il 31,2 % dell'intera sezione.
La condotta risulta quindi ampiamente verificata.

9. Conclusioni

A conclusione del presente documento è possibile formulare le seguenti considerazioni finali :

- E' stato approntato e condotto uno studio geologico ambientale finalizzato alla caratterizzazione del sito sotto il profilo della qualità delle matrici suolo e acqua
- Finalità integrativa è stata quella di fornire indicazioni preliminari anche sugli aspetti geotecnici preliminari di interesse generale
- E' stata operata una approfondita campagna geognostica e in laboratorio finalizzata ad illuminare sia gli aspetti ambientali che quelli geotecnici (mediante sondaggi a carotaggio continuo, piezometri, campionamento di terreni e acque, sismica a rifrazione, tomografia elettrica, prove e test di laboratorio)

- L'assetto stratigrafico locale è caratterizzato dalla presenza di un bedrock marnoso di bassa permeabilità coperto da una coltre di riporti artificiali di potenza variabile rappresentati in larga maggioranza dallo smarino/demolizione/detrizione del medesimo substrato citato al fine di ottenere un livellamento del terreno
- Tali attività antropiche si sono realizzate nel corso degli ultimi venti anni
- Si sono individuati, a riguardo della matrice acqua, anomale concentrazioni di Mn nei piezometri posti in S9 e in S1
- Tale anomale concentrazioni (oltre le soglie di legge) , comuni peraltro anche ad altri ambiti territoriali liguri, sono state ricollegate al fondo naturale sedimentario (come peraltro recentemente ipotizzato da uno studio effettuato da ARPAL cfr. bibliografia)
- Non si sono identificate diverse e ulteriori anomalie chimiche nelle matrici suolo e acqua che inibiscano il futuro utilizzo a fini industriali dell'area.
- La compatibilità della medesima è confermata anche sotto l'aspetto idraulico secondo lo strumento di pianificazione territoriale di riferimento (PAI).
- L'esistente canalizzazione sotterranea del Rio Pertite è stata, a sua volta, verificata mediante idonea calcolazione idraulica.

Vado Ligure, 16 Novembre 2009

Diego Minuto - Geologo

Westgeo D.Minuto & Associati
Vado Ligure (SV)
Via Verdi 6
westgeominuto@ katamail.com

Bibliografia :

AA.VV.
Guide Geologiche Regionali - Alpi Liguri - BEMA editrice 1994

AA.VV
Carta Geologica d'Italia 1/100.000 - Fg. Ceva (fonte www.isprambiente.it)

Bell F.G.,
Geologia Ambientale (teoria e pratica). Zanichelli Bologna, 2001

Bieniawski Z.T
Engineering Rock Mass Classification Wiley & Sons, NY; 1989

Cortesogno L, Palenzona A.
Le nostre rocce Sagep Editrice 1986

Dotti N. Beccaris G.
Proposta di metodologia per la determinazione del
fondo naturale ed esempio applicativo
ARPAL – Liguria

Hunt R.E
Geotechnical Engineering Investigation Handbook
Taylor & Francis 2005

Mitchell et al.
The measurement of soil properties in situ present methods –
their applicability and potential
Us Dept.of Energy Report, University of California at Berkeley 1978

O'Neill P .
Environmental Chemistry. G. Allen & Unwin, London, 1985

Peck R.B et alii
Foundation Engineering, Wiley & Sons, NY 1953

Stefanini G.
Aspetti idrogeologici della Valle Bormida tra Bistagno e Terzo –
Tesi di Laurea in Scienze Geologiche - Università di Genova 1989

Stroud M.A (1989)
The SPT – its application and interpretation
Proc.ICE Conference on Penetration Testing in the UK
Telford Editor - UK

Skempton A (1986)
SPT procedures and the effects in sands of overburden
pressure, relative density, particle size, ageing, and overconsolidation
Geotechnique 36,3, 425-47

Appendice 1

Peck et al (1974)

