



**STUDIO** BELLORA

Via Firenze 22 15121 Alessandria ITALIA - Tel. +39 0131443542 Fax. +39 0131445378  
www.studiobellora.eu - E-MAIL: info@studiobellora.eu

PROGETTISTA PAOLO BELLORA architetto

COLLABORATORE Claudio Ponte architetto

PROGETTISTA OO.UU. DARIO ALBERTO ingegnere  
Via Villafalletto, 28  
12037 Saluzzo (CN)



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO  
A908 Dott. Ing. Dario Alberto

PROPRIETA'

Consorzio Agrario del Piemonte Orientale Soc.  
Coop.  
Piazza Zumaglini, 12 - Vercelli

OGGETTO

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO  
"AREA CONSORZIO AGRARIO"

Progetto definitivo delle opere di urbanizzazione

TITOLO

RELAZIONE GEOTECNICA

DATA

21 luglio 2015

**elab.10.0.4**

## LE ANALISI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Nella fase iniziale dello studio del PEC relativo all'area del Consorzio Agrario sono state effettuate le analisi di tipo geologico e geotecnico necessarie per la caratterizzazione dei sedimenti dell'area e la loro valutazione rispetto all'idoneità edilizia e per le trasformazioni in progetto.

In particolare sono stati affidati a studio geologico/geotecnico specializzato ("Studio Associato ing. geol. Giuseppe Massone - ing. Rita Di Cosmo" di Castelletto Monferrato - AL) le analisi della caratterizzazione dei suoli: in tale ambito è stato effettuato uno stendimento geosismico per la prospezione del sito, al fine di identificare la categoria di suolo per la propagazione delle onde sismiche, secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008). Sono state altresì eseguite delle prove penetrometriche ed un sondaggio geognostico spinto a 15 m di profondità, con prova SPT in foro ed attrezzato con piezometro.

Si rimanda pertanto alla relazione geologica-geotecnica facente parte della documentazione del PEC per i principali risultati delle verifiche condotte.

Nella presente relazione vengono invece illustrate le considerazioni geotecniche sviluppate allo scopo di analizzare il sedime dell'area al fine di un'adeguata scelta preventiva delle opere di fondazione relative alle opere strutturali previste nell'ambito del progetto delle opere di urbanizzazione (muri di contenimento del terreno), in ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 21/01/81 e dal D.M. 04/02/82, nonché dai più recenti provvedimenti normativi in materia di costruzioni (Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14/01/2008).

Le opere di urbanizzazione previste nel presente progetto, in particolare la nuova viabilità interna al PEC e le relative connessioni con la rete viaria circostante dell'area di Borgo Cittadella in Alessandria, non interessano comunque il sottosuolo: la nuova viabilità dell'area, i sottoservizi e gli impianti pubblici si sviluppano sostanzialmente in superficie, con soltanto alcune opere interrato (tubazioni, fondazioni di muri di sottoscarpa per il contenimento dei rilevati, plinti dei pali I.P.) poste ad una profondità massima di circa – 2 m dal piano di campagna attuale.

La superficie complessiva della zona di intervento relativa al PEC ed alle aree esterne collegate è di circa 62.500 m<sup>2</sup>.

Il presente studio geotecnico definisce i valori di riferimento di portanza del terreno di base, da utilizzarsi nei calcoli di verifica delle strutture da utilizzarsi nell'intervento, in particolare per le opere di sostegno dei rilevati stradali e dei terrapieni di neoformazione e per la valutazione dell'idoneità degli strati di base delle pavimentazioni stradali.

## **IL CONTESTO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO**

L'area si colloca nella fascia di pianura a N della città di Alessandria, in adiacenza alla sponda sinistra del fiume Tanaro, caratterizzata da una leggera pendenza con inclinazione media pari a circa 1° in direzione N. Il terreno circostante risulta fortemente antropizzato, con presenza di costruzioni residenziali e capannoni artigianali risalenti alla seconda metà del secolo scorso, con rilevato stradale di accesso al ponte Tiziano di recente formazione (2005/06) e linea ferroviaria ricostruita anch'essa negli anni '2000 a seguito della realizzazione del nuovo ponte sul fiume Tanaro dopo l'evento alluvionale di novembre 1994.

Nelle vicinanze del piazzale Alba Lulia sorge però anche il famoso complesso della "Cittadella", una tra le più grandi fortezze militari dell'intera Europa fatta costruire dai Savoia nel corso del XXVIII secolo.

Le costruzioni vicine si presentano generalmente in buone condizioni, senza fessurazioni significative né altri segni riconducibili a possibili movimenti del terreno di imposta.

## **VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI MORFOLOGICHE E LITOLOGICHE**

### *Geomorfologia*

Il territorio del Comune di Alessandria è caratterizzato da un'area prevalentemente pianeggiante, che si sviluppa a cavallo del corso del fiume Tanaro, su depositi alluvionali post-glaciali. Non si segnalano evidenze geomorfologiche degne di nota.

La zona oggetto dell'intervento è situata in sponda sinistra orografica del Tanaro, ad una quota media di circa 92,40 m sopra il livello del mare.

La zona di intervento, più in particolare, insiste su un terreno quasi pianeggiante compreso fra il rilevato stradale di Via Tiziano ed il rilevato della linea ferroviaria Alessandria - Asti, sopraelevati rispetto al piano di campagna mediamente di circa 2,5 m il primo e quasi 4 m il secondo, in relazione alla necessità di raggiungere la quota dell'estradosso dei rispettivi ponti di attraversamento del Tanaro. Il lotto in questione risulta leggermente degradante da S verso N con una pendenza contenuta entro valori piuttosto limitati (< 1%).

### *Litologia*

Per l'analisi delle caratteristiche dei suoli si fa riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Il sito oggetto d'intervento ricade nel Foglio N. 70 "Alessandria".

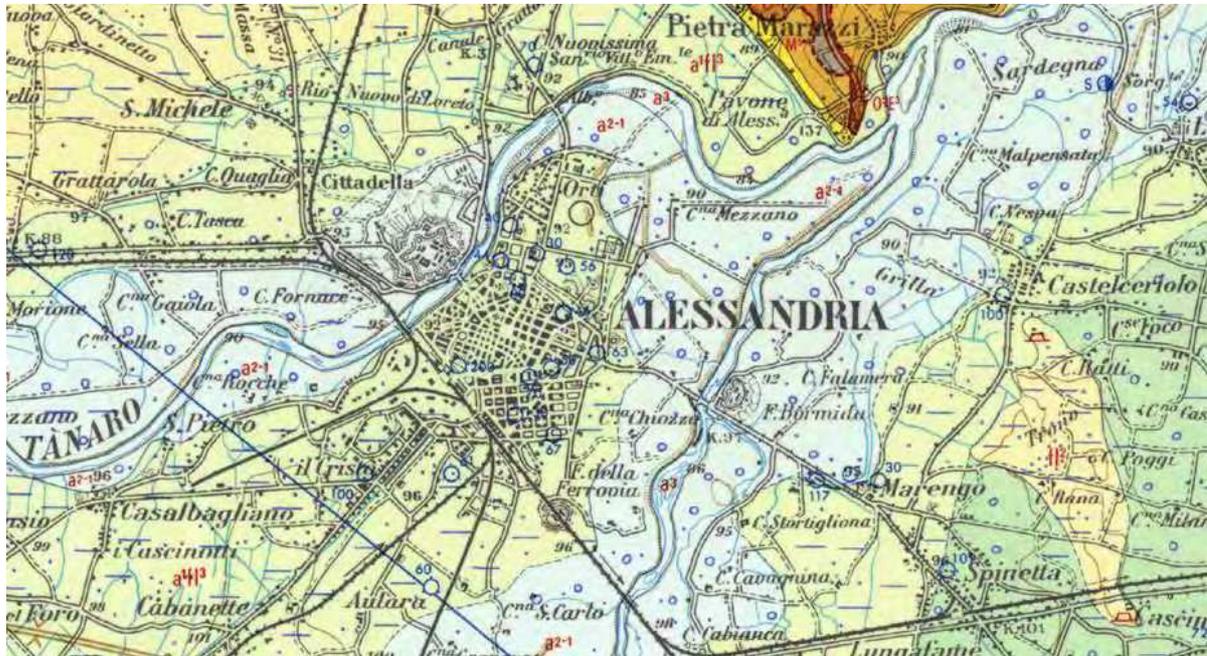
La pianura fluviale alessandrina si è formata a seguito della successione dei fenomeni di sovralluvionamento ed erosione succedutisi nel corso del Quaternario.

La porzione del territorio prospiciente il fiume Tanaro è caratterizzata da depositi alluvionali riconducibili alle alluvioni postglaciali, consistenti in terreni a granulometria prevalentemente fine dato il lungo percorso del fiume con conseguente apporto prevalentemente sabbioso. Mediante i risultati delle prospezioni geognostiche eseguite nell'area di studio per la realizzazione dei nuovi ponti stradale e ferroviario sul Tanaro negli anni 2000 e, più in dettaglio, grazie al sondaggio geognostico eseguito nel corso delle indagini geologiche sul sito del PEC, si può definire con sufficiente precisione la stratigrafia locale, costituita da un primo strato di potenza variabile da 1 a 3 m di materiale di riporto, sotto cui si riscontrano limi sabbiosi e sabbie limose fino a circa - 10 m dal piano di campagna, con strato successivo costituito prevalentemente da argille limose e limi argillosi. Verso i - 13 m dal piano di campagna si riscontrano invece ghiaie in matrice sabbiosa.

Per profondità maggiori si può fare riferimento alle stratigrafie di riferimento dell'area alessandrina, che evidenziano alternanze di livelli sabbiosi e ghiaioso-limosi fino a circa -25 -30 m dal piano di campagna. Si tratta di depositi dell'Olocene e del Pleistocene, caratterizzati da litologie prevalentemente grossolane e permeabili che costituiscono la sede dell'acquifero superficiale. Oltre i 30 m di profondità si hanno successioni di strati a permeabilità ridotta (limosi-argillosi), che costituiscono un orizzonte poco permeabile che separa l'acquifero superficiale dalla falda profonda.

**ESTRATTO DALLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA**

scala 1:100.000 – Foglio N. 70 "Alessandria"



	Orizzontali	} Giacitura degli strati e dei piani di scistosità		Conoidi di deiezione
	Poco inclinati			Coni detritici
	Molto inclinati			Frane
	Verticali			Cordoni morenici; orli di <i>rock streams</i>
	Contorti			Sorgenti
	Rovesciati			Mineralizzazioni
	Linee di faglia		Miniere attive	
	Linee di scorrimento		Miniere inattive	
	Località fossilifere		Cave attive	
	Orli di terrazzi		Cave inattive	

### Stabilità dei versanti

Nell'area oggetto dell'intervento, completamente pianeggiante, non compaiono aree franose o potenzialmente dissestabili, né sono stati rilevati in loco cedimenti del terreno in atto o pregressi. Trattasi di un'area già edificata, con una sistemazione consolidata e stabile del terreno circostante: gli edifici esistenti non presentano fessure evidenti o altri segni determinati da significativi cedimenti e/o movimenti del sottostante terreno di fondazione.

### Idrografia

La zona di studio risulta situata in adiacenza al corso del fiume Tanaro, per cui rientra nella fascia fluviale C del PAI. A seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994 sono state però realizzate una serie di numerose opere di regimazione e difesa spondale del corso d'acqua, che hanno interessato anche l'area in oggetto, con la costruzione di un muro d'argine in pannelli prefabbricati atto a contenere gli eventi di piena del fiume.

Il piano di coronamento dell'argine risulta posizionato a circa +1,50 m dal piano di campagna attuale.

L'art. 51 del PRGC vigente fissa delle quote minime richieste per l'abitabilità nelle aree di pianura interessate da classi geomorfologiche di tipo III, come nel caso in questione: per la zona di studio la quota risulta pari a 93,50 m s.l.m.

In realtà tale quota non interessa le opere di urbanizzazione, non destinate alla presenza stanziale di persone, ed inoltre lo stesso articolo del piano impedisce l'innalzamento del piano di

campagna qualora tale provvedimento possa provocare danni maggiori nelle aree adiacenti per anomalo innalzamento del livello idrico. Per l'area del PEC si ritiene di dover rispettare comunque tale assunto, in quanto la sopraelevazione significativa del piano di campagna comporterebbe il rischio di maggiore innalzamento del livello idrico in caso di eventi di piena sull'intera zona di Via Vecchia Torino e di Via Giordano Bruno, con potenziali danneggiamenti sicuramente più sfavorevoli rispetto alla situazione attuale.

Per tale motivo nella progettazione degli interventi si è optato per una quota del piano di pavimento degli edifici commerciali che rispetti in linea di massima le indicazioni del piano, perseguendo invece l'obiettivo una sistemazione complessiva dell'area in linea con il piano di campagna attuale, avuto riguardo anche della necessità di non provocare sovraccarichi dovuti all'innalzamento del terrapieno sui muri d'argine di recente realizzazione.

E' stata assunta pertanto come quota di riferimento quella del p.c. esistente ai piedi del muro d'argine, da raccordarsi con le quote delle infrastrutture viarie presenti al contorno dell'area oggetto di trasformazione urbanistica. Per il piano di pavimento degli edifici si è operato con innalzamento mediante marciapiede e mantenimento della quota di pavimento per l'intera lunghezza dei fabbricati, con raccordo finale lato Via Vecchia Torino mediante scale e rampe per il superamento del dislivello residuo con la viabilità comunale attuale.

Le quote di riferimento del progetto sono correlate a quelle indicate nel rilievo topografico dell'area, con sfalsamento di circa +7.00 m rispetto alla quota reale sul livello del mare (quota di rilievo +100.00 m corrispondente a quota reale 93.00 m s.l.m.). Nel rilievo sono stati acquisiti anche alcuni punti sul binario ferroviario ed in testa al muro d'argine, per cui risulta immediato ed agevole il riscontro fra le quote assolute e quelle del progetto delle opere di urbanizzazione.



*Il muro d'argine presente lungo la sponda sinistra del fiume Tanaro al confine della zona di intervento*

## LE VALUTAZIONI GEOTECNICHE ESEGUITE

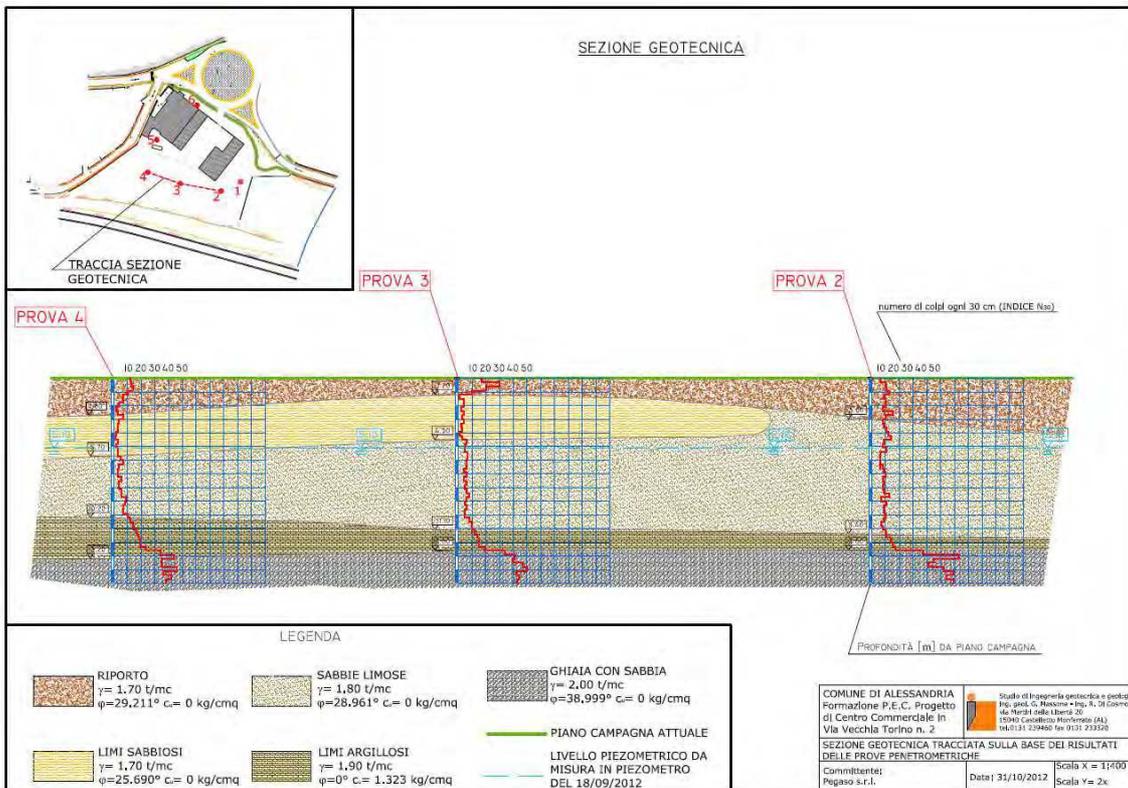
### *Indagini geognostiche*

Per le valutazioni sulle caratteristiche dei materiali si fa riferimento alla relazione geologico-geotecnica del PEC, che arriva a definire l'angolo di attrito interno dei vari strati di materiale riscontrati nel corso dei sondaggi ed il peso di volume degli stessi.

Livello geotecnico	Angolo d'attrito interno $\phi$ [°]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	Peso di volume $\gamma$ [t/m <sup>3</sup> ]
Riporto	29.211	-	1.70
Limi sabbiosi	25.690	-	1.70
Sabbie limose mediamente addensate	28.961	-	1.80
Limo argilloso	-	1.323	1.90
Ghiaie in matrice sabbioso-limosa con locali ciottoli	38.999	-	2.00

Campione	Profondità prelievo [m]	Risultato analisi
CR1	3.30	Limo con sabbia debolmente argilloso
CR2	5.40	Sabbia limosa
CR3	7.80	Sabbia limosa
CR4	11.80	Limo argilloso
CR5	14.50	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa

Sono stati naturalmente anche consultati i risultati delle prove penetrometriche, che hanno consentito una ricostruzione della sezione geotecnica del sito:



**Determinazione della capacità portante**

Per la definizione della pressione ammissibile sul terreno di fondazione delle opere d'arte di interesse del progetto delle OO.UU. (muri di sostegno) si fa riferimento alla tipologia del terreno riscontrata nel corso dell'indagine per le profondità di posa delle fondazioni (circa - 1.5 m da p.c.)

Si utilizza la formulazione di Terzaghi per la valutazione della pressione massima ammissibile sul terreno di fondazione, considerando un terreno consolidato quale quello in esame.

**CALCOLO PRESSIONE AMMISSIBILE SUL TERRENO DI FONDAZIONE SECONDO TERZAGHI**

$$\sigma_t = \frac{1}{3} \cdot \left( c \cdot N_c + \gamma \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma + q \cdot N_q \right)$$

**TABELLA FND.2 - PRESSIONI MASSIME AMMISSIBILI IN kg/cm<sup>2</sup> SECONDO TERZAGHI**

Le tensioni massime ammissibili si possono calcolare mediante la formula di Terzaghi:  

$$\sigma_t = \frac{1}{3} \cdot \left( c \cdot N_c + \gamma \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma + q \cdot N_q \right)$$
  
 tramite i coefficienti indicati nel diagramma seguente.

**COESIONE C [kg/cm<sup>2</sup>]**

sabbia umida compatta	0.01
argilla sabbiosa	0.02
argilla molle	0
argilla magra	0.05
argilla grassa	0.1
argilla semisolida	0.25
argilla solida	0.5
argilla molto tenace	1 - 10
limo compatto	0.1

**PESO SPECIFICO APPARENTE  $\gamma$  [kgf/m<sup>3</sup>]**

terreno vegetale	1700
terra sciolta asciutta	1200
terra battuta asciutta	1800
ghiaia asciutta	1900
ghiaia bagnata	2000
limo asciutto	1500
limo umido	1700
sabbia con limo	1900
sabbia asciutta	1500
sabbia umida	1800
sabbia bagnata	2000
sabbia con ciottoli	2100
torba	1650

$\phi$	angolo attrito interno terreno	25
c	coesione del terreno	0
$\gamma$	peso specifico del terreno	1800
$q = p + \gamma D$		1800
p	sovraccarico sul terreno	0
D	profondità piano fondazione	1
B	larghezza fondazione	1
Nc	parametri tabella FND.2	25
Ny	parametri tabella FND.2	12
Nq	parametri tabella FND.2	15

<b>sigma t =</b>	<b>12600</b>	[kgf/m <sup>2</sup> ]
<b>sigma t =</b>	<b>1.26</b>	[kgf/cm <sup>2</sup> ]

Al piano di appoggio delle opere "strutturali" in progetto, relative ai piccoli manufatti di sostegno del rilevato stradale, con quote di imposta dell'ordine dei -1,00 m dal piano di campagna, si ottengono dei valori di resistenza geomeccanica del terreno di base più che sufficienti per le opere in progetto.

Per tali opere (muri di sostegno a mensola con suola continua) le sollecitazioni massime trasmissibili al terreno di fondazione possono assumersi dell'ordine di  $1 \text{ daN/cm}^2$ .

Per sollecitazioni di tale entità i cedimenti risultano sicuramente contenuti, anche in considerazione del grado di compattazione del materiale ivi presente.

*Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche per la definizione dell'azione sismica*

Ai sensi di quanto richiesto al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2008, il sottosuolo è stato classificato nell'ambito degli studi geologici preliminari del sito in oggetto mediante specifico stendimento sismico.

Sulla base delle prove effettuate in situ, è stato determinato un valore di velocità sismica delle onde S pari a:

- $V_{s30} = 280 \text{ m/s}$

Il suolo di fondazione può quindi essere classificato all'interno della "Categoria C", definita come "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi fra  $180 \text{ m/s}$  e  $360 \text{ m/s}$ ".