



COMUNE DI ARONA



PROVINCIA DI NOVARA



REGIONE PIEMONTE

Legge Regionale 5 dicembre 1977, n° 56
"TUTELA ED USO DEL SUOLO"

Decreto Ministeriale 14.01.2008
"NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI"

Studio Geologico EPIFANI dr. FULVIO
Via XX Settembre, 73 – 28041 ARONA (NO)
tel. 0322/241531 - fax 0322/48422
e-mail fulvio.epifani@tin.it

dott. geol. **Fulvio Epifani**



REALIZZAZIONE DI UN NUOVO PORTO TURISTICO

codice lavoro

File

Relazione.doc

Scala

Emissione

Novembre 2010

RELAZIONE GEOLOGICA

Committenza

LEGA NAVALE ITALIANA
SEZ. DI ARONA



revisione	oggetto	data	controllato
1			
2			
3			

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
4. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO	6
5. NOTE GEOMORFOLOGICHE	8
6. ASPETTI STORICI RELATIVI AL LAGO MAGGIORE.....	9
7. ANALISI SISMICA.....	11
8. CONSIDERAZIONI SULL'OPERA IN PROGETTO.....	14
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	15

1. PREMESSA

La Lega Navale Italiana – Sezione di Arona, intende procedere alla realizzazione di un nuovo porto turistico sul Lago Maggiore in Comune di Arona.

Lo scrivente è stato quindi incaricato di redigere una relazione geologica; si precisa come nel mese di Aprile 1998, a supporto del progetto preliminare, era stata presentata una relazione geotecnica a firma dell'Ing. Paolo Viola, che illustrava i risultati relativi alla campagna di indagini geognostiche effettuate per la caratterizzazione geotecnica dell'area di intervento.

Nel presente elaborato saranno analizzate le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito, facendo riferimento sia agli elaborati geologici allegati al Piano Regolatore Comunale sia ai risultati delle indagini geognostiche effettuate a supporto del progetto preliminare.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è cartograficamente compresa nella Sezione "Arona" n° 094030, in scala 1:10.000. L'opera in progetto sarà realizzata nella parte meridionale del territorio comunale e sarà raggiungibile direttamente da Corso Europa.

Di seguito si riporta una vista zenitale dell'area, con evidenziata l'area in oggetto.

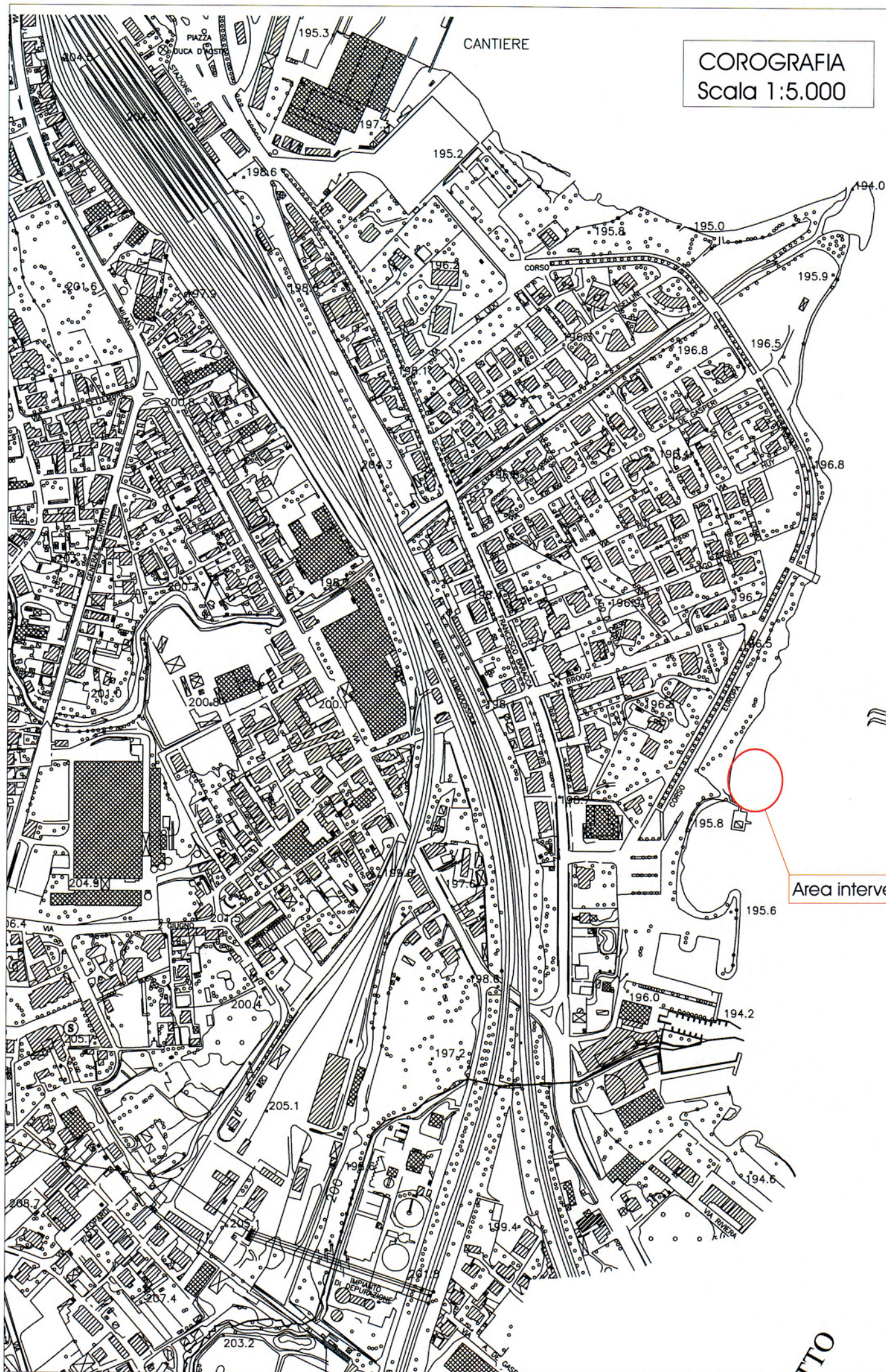


COROGRAFIA
Scala 1:5.000

CANTIERE

LAGO

Area intervento



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Da un punto di vista geologico, il settore ricade nel Foglio n° 31 "VARESE" della Carta Geologica d'Italia (Scala 1: 100.000). Per la descrizione degli aspetti geologici di dettaglio, relativi al territorio comunale di Arona, si è fatto riferimento agli elaborati geologici allegati al Piano Regolatore, redatti dallo scrivente e dal Dott. Geol. Marco Marini.

Il territorio comunale di Arona è caratterizzato da un substrato roccioso, talvolta affiorante, ricoperto da depositi quaternari; la successione stratigrafica individuata presenta alla base le vulcaniti del Permiano, su cui si depositano, in discontinuità stratigrafica, le arenarie ed i conglomerati del Triassico inferiore (Scitico).

A partire dall'Anisico e fino al Ladinico (Triassico medio) si assiste ad una trasgressione marina con l'instaurarsi di un ambiente di piattaforma carbonatica e la deposizione dei carbonati che costituiscono la Dolomia di Arona.

Nel Pliocene si assiste invece ad una trasgressione marina che porta alla formazione di un fondale (bacino padano) con deposizione di sedimenti marini che si estendono lungo tutta la pianura padana fino ai primi rilievi collinari delle prealpi. Tali depositi sono quindi ricoperti da sedimenti legati alle fasi di espansione glaciale quaternaria.

Nel Pleistocene l'intero arco alpino è stato interessato da un'estesa copertura glaciale che ha rappresentato il meccanismo deposizionale principale. Secondo la teoria classica di Penck e Bruckner è possibile distinguere, in questo settore delle Alpi, tre fasi di espansione glaciale: Mindel, Riss e Würm. Gli studi più recenti hanno permesso di evidenziare come questa suddivisione dia una visione piuttosto semplicista della dinamica glaciale in quanto, all'interno di ciascuna di queste "fasi", è possibile distinguere diverse sottofasi che testimoniano uno sviluppo più complesso dei periodi di avanzamento ed arretramento delle masse glaciali.

Nel tardo Pleistocene superiore, nelle ultime fasi di espansione glaciale, il bacino del Lago Maggiore era ormai presente (la chiusura del bacino era stata realizzata dalle cerchie moreniche delle precedenti fasi di espansione) ed era quindi possibile avere la formazione di delta conoidi, delta di contatto glaciale e depositi di piana sublacustre che si immettevano direttamente nel bacino.

Con la conclusione dell'ultima fase di avanzamento glaciale, i meccanismi deposizionali olocenici vengono ad essere principalmente rappresentati dall'azione dei corsi d'acqua e del bacino lacustre. Tra il tardo Pleistocene superiore e l'Olocene, l'area di Arona era interessata da sedimentazione in facies di piana alluvionale (Unità di Arona), in continuità con il bacino lacustre; il terrazzo che separa quest'unità dalla successiva potrebbe rappresentare un'antica

linea di sponda (interessante a questo proposito osservare la presenza di piccole cavità allineate alla medesima altezza in prossimità dell'Hotel Concorde, a quote analoghe a quelle del terrazzo, che potrebbero rappresentare una sorta di solchi di battente).

Verosimilmente, successivi abbassamenti del livello del lago portarono alla formazione di due scarpate, con la creazione di nuove piane (Unità della Stazione e Unità del Lido) a quote inferiori rispetto alla precedente, ma con caratteristiche deposizionali sostanzialmente analoghe, e la conseguente formazione di nuove linee di costa. I depositi dell'alveo attivo del Torrente Vevera chiudono la sequenza stratigrafica del territorio aronese. Si precisa come l'unità del Lido caratterizza la fascia costiera del territorio comunale di Arona.

Un elemento geologicamente significativo è rappresentato dalla presenza di alcuni immissari che confluiscono nel Lago Maggiore a poca distanza dall'area in oggetto; tali corsi d'acqua sono costituiti, in ordine di importanza, dal Torrente Vevera e dal Rio Arlasca. Entrambi solcano le colline che caratterizzano il comune di Arona e gli abitati limitrofi, contribuendo al trasporto nel bacino lacustre di sedimenti; in particolare il delta lacustre del Torrente Vevera risulta situato a nord rispetto all'area di intervento e, in base a confronti cartografici, appare in costante e continua espansione. Il Rio Arlasca, corso d'acqua di piccole dimensioni, sfocia nei pressi della darsena di Dormelletto portando in carico i sedimenti raccolti durante il percorso.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO

A supporto del progetto preliminare, nell'anno 1998, sono state effettuate diverse indagini geognostiche per la caratterizzazione geotecnica del sito. In questo capitolo si commenteranno i dati provenienti integrando con informazioni in possesso dello scrivente.

Come accennato in premessa l'area di intervento è ubicata nella parte meridionale del territorio comunale, costituita da porzioni pianeggianti comprese tra il Lago Maggiore e le alture collinari. Dal punto di vista geologico risulta caratterizzata dal "Complesso di Arona", che raggruppa unità post glaciali attribuibili sostanzialmente a facies di tipo fluviale, lacustre e detritico colluviale; per facilità di rappresentazione, si allega uno stralcio della Carta Geologica allegata al Piano Regolatore redatta dallo scrivente e dal Dott. Geol. Marco Marini.

In un intorno significativo dell'area di intervento, così come rappresentato sullo stralcio allegato, si riconoscono le seguenti unità:

- Depositi di attività antropiche: materiali eterogenei utilizzati per la realizzazione di opere e/o rilevati (ad esempio nelle aree ferroviarie).

- Unità del Torrente Vevera: rappresenta i depositi presenti nell'alveo attivo del corso d'acqua, caratterizzati da una granulometria decrescente procedendo verso la foce e passante da ghiaie e ciottoli con sabbie (a monte del ponte sulla SS142) a prevalenti sabbia con limo e ghiaia (a valle del ponte di Via Chinotto).

- Unità del Lido: caratterizza l'area antistante al porto di nuova realizzazione; comprende facies lacustri e facies di delta-conoide: si tratta di materiali a granulometria medio-fine (sabbie, sabbie limose e limi) in cui sono intercalati livelli a granulometria più elevata (ghiaie e sabbie).

- Unità della Stazione: si tratta di un'unità analoga a quella "di Arona", da cui è separata da una scarpata. La granulometria dei materiali risulta estremamente variabile, passando da ghiaie con ciottoli e sabbie (nella zona del Torrente Vevera) a sabbie, limi e limi sabbiosi (nelle restanti zone). In quest'unità sono stati raggruppati depositi di natura fluviale e lacustre (non cartografabili separatamente per la scarsità di informazioni), mentre non appare riconoscibile una facies di delta-conoide.

- Unità di Arona: si tratta dell'unità su cui sorge gran parte dell'abitato di Arona. I numerosi dati a nostra disposizione, provenienti dalle indagini geognostiche effettuate sul territorio comunale, hanno permesso di confermare l'estrema eterogeneità dei depositi ascrivibili a questa unità: si passa infatti da ghiaie con ciottoli e sabbie a limi e limi sabbiosi. Pertanto nell'Unità di Arona sono stati raggruppati depositi legati a diverse facies deposizionali: si va infatti da depositi di natura francamente fluviale a depositi di delta-conoide, fino a depositi di origine lacustre, non

cartografabili separatamente.

Come anticipato in premessa, nell'anno 1998 è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche a cura dello "Studio Viola"; tali indagini, composte da due sondaggi geognostici e da otto prove penetrometriche dinamiche, sono state effettuate sia su terraferma che a lago.

In generale, i risultati ottenuti hanno evidenziato la presenza di depositi composti essenzialmente da materiali fini e sciolti, soprattutto sul fondo del lago.

Nel caso specifico è possibile fare riferimento alle prove penetrometriche numero 1 e 8, realizzate in prossimità della futura ubicazione del porto turistico, spinte rispettivamente ad una profondità di -17,10 dal p.c. e a -12,3 m dal fondo del lago. Come si evince dai tabulati presentati, la successione stratigrafica risulta estremamente semplice e formata da sabbie sciolte, aventi uno spessore variabile da 10 m (nella prova realizzata su terra ferma) a circa 11 m (nella prova realizzata a lago mediante l'utilizzo di una chiatte attrezzata), passanti successivamente a sabbie. Dal punto di vista geotecnico, osservando i diagrammi penetrometrici, si osserva come la prova penetrometrica realizzata a lago (numero 8) presenta valori di $N_{30} < 2$ per i primi 11 metri di profondità, per poi passare a valori compresi tra 4 e 22 colpi. La prova penetrometrica uno (realizzata su terra ferma) ha fornito valori di $N_{30} < 6$ per i primi 10 m di profondità, passanti poi a valori compresi tra 10 e 32 colpi.

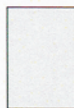
Prendendo in esame il sondaggio S1, che risulta essere il più vicino all'area di intervento, si evince la presenza di materiali a granulometria medio-fine; la successione stratigrafica, al di sotto di uno strato superficiale costituito da materiali di riporto, risulta composta da sabbie da fini a grossolane limose, passanti a sabbie medio-fini sciolte. Analisi granulometriche effettuate su campioni rimaneggiati, raccolti dalle cassette catalogatrici del sondaggio, hanno certificato come si tratti di sabbie con un contenuto in matrice limosa variabile tra il 18 e il 42% e un contenuto di ghiaia inferiore al 5%.

Per quanto concerne l'aspetto idrogeologico, indagini pregresse effettuate dallo scrivente in prossimità dell'area di intervento e sulla medesima unità litostratigrafica indicano una permeabilità variabile ma generalmente "bassa", a causa della composizione granulometrica e dell'elevato contenuto in matrice limosa; i valori del coefficiente di permeabilità risultano compresi tra 10^{-4} e 10^{-6} cm/s. La falda presenta valori di soggiacenza piuttosto bassi e legati alle fluttuazioni del livello del Lago Maggiore.

CARTA GEOLOGICA Scala 1:5.000

LEGENDA

Depositi di attività
antropiche



Conoide Torrente Vevera

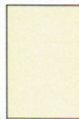


COMPLESSO DI ARONA

UNITÀ DEL TORRENTE VEVERA
(OLOCENE)



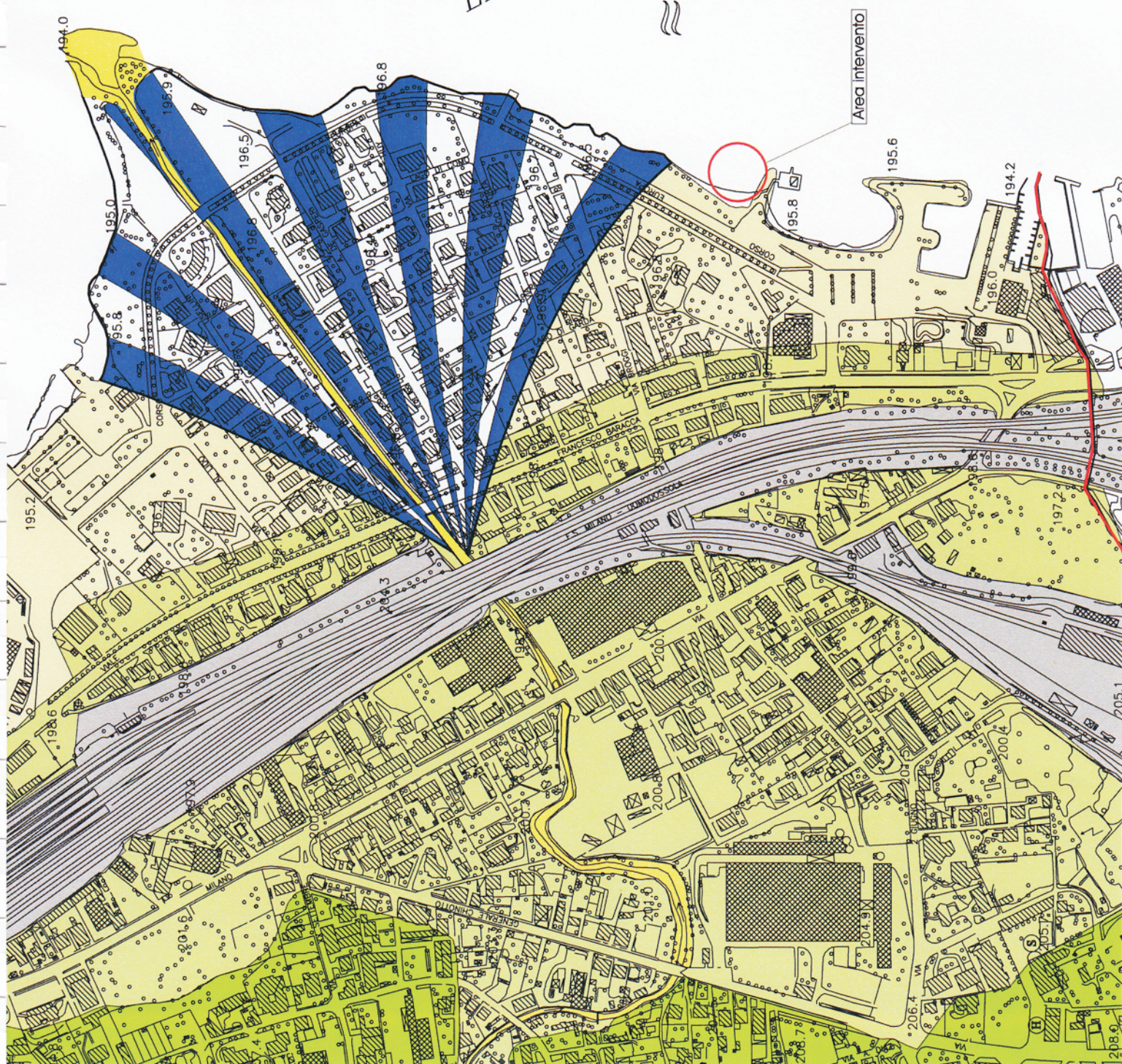
UNITÀ DEL LIDO(OLOCENE)



UNITÀ DELLA STAZIONE(OLOCENE)



UNITÀ DI ARONA
(TARDO PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE)



5. NOTE GEOMORFOLOGICHE

Nell'area in esame, di particolare interesse, risulta essere l'interazione tra le ultime fasi di avanzata glaciale e la formazione del bacino del Lago Maggiore. La grande fase di avanzata del Pleistocene superiore porta allo sbarramento del canyon messiniano ed al riempimento del bacino lacustre. Le ultime fasi nel tardo Pleistocene superiore interagiscono con il bacino lacustre di neoformazione che assume caratteri di lago proglaciale, con creazione di nuovi ambienti sedimentari che si protraggono fino ai giorni nostri.

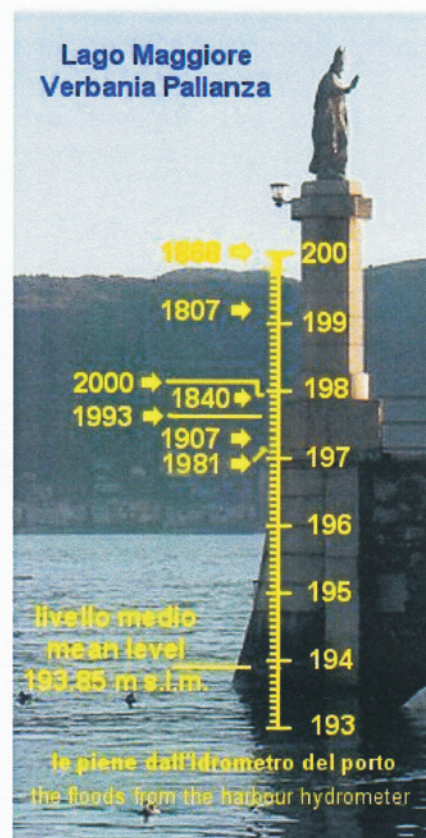
Il modellamento del territorio così come lo si può osservare oggi avviene in gran parte nel corso del Pleistocene, mediante l'azione combinata di due fenomeni, entrambi collegati alle meccaniche deposizionali di natura glaciale: da un lato l'azione di accumulo esercitata dal ghiacciaio stesso che, mettendo in gioco enormi quantità di materiale proveniente dal proprio bacino d'alimentazione, dà luogo alla formazione di creste moreniche assai ben evidenti, dall'altro l'azione erosiva dei torrenti proglaciali che rimodellano la superficie topografica soprattutto nella fase di ritiro dei ghiacciai, formando morfologie depresse dalla tipica forma di valloni a fondo debolmente concavo. Connessa a queste dinamiche è la formazione dei numerosi terrazzi che, insieme con le morene e le aree a morfologia depressa, caratterizzano il paesaggio di origine glaciale.

Per quanto concerne la batimetria del Lago Maggiore, è risaputo come la parte meridionale dello stesso sia caratterizzata da valori massimi pari a circa 30 m. In base ad alcuni profili batimetrici realizzati nelle vicinanze dell'area di intervento durante la campagna geognostica dell'anno 1998 è possibile osservare la morfologia del fondo del lago. Analizzando la sezione C-C si evince come partendo da riva, il fondo sia formato da una scarpata con una pendenza di circa il 20% per una lunghezza pari a circa 15 m. Successivamente la pendenza del fondale diminuisce significativamente, dando origine a una zona ampia circa 60 m pressochè pianeggiante; di seguito, il fondale riprende a scendere ma con pendenze che si attestano attorno al 10-15%.

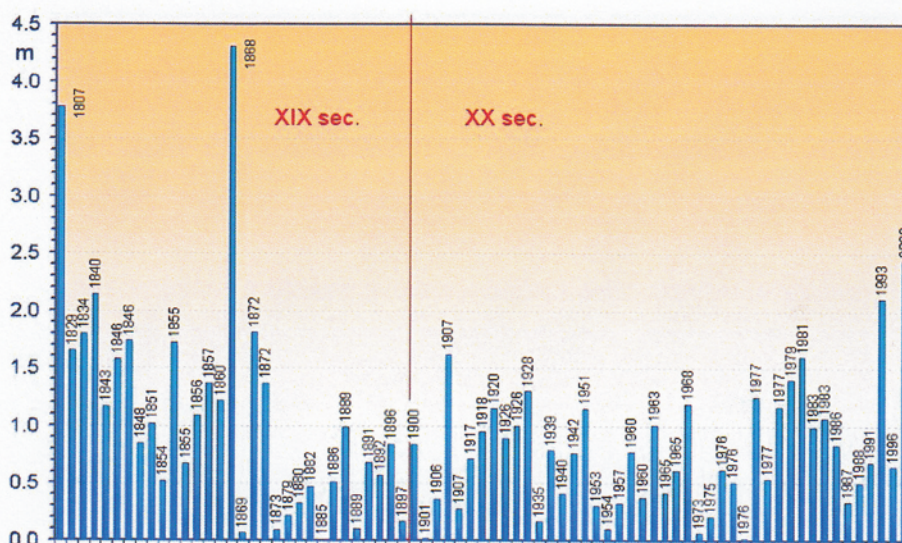
6. ASPETTI STORICI RELATIVI AL LAGO MAGGIORE

Per quanto riguarda le oscillazioni del Lago Maggiore e gli eventi di massima piena dello stesso, riportati dall'Istituto Idrobiologico di Pallanza, si segnalano:

- nel periodo 1177-1828, nel corso del quale si hanno a disposizione solo cronache locali, è noto un livello di massima piena pari a 203,67 m s.l.m.;
- nel periodo compreso tra il 1829 ed il 1951 si registrano 53 piene "eccezionali": nel 1840 viene raggiunta quota 197,64 m s.l.m., mentre il massimo registrato in tale periodo corrisponde alla quota di 6,94 m sopra lo zero idrometrico (pari a 199.81 m s.l.m.) rilevata il 4 ottobre 1868 e mai più raggiunta dopo tale periodo, per l'erosione della soglia di Sesto Calende;
- la frequenza delle esondazioni nel periodo 1868-1942 è di 1 ogni 23 mesi; nel periodo 1943-1951 diminuisce sino ad 1 ogni 36 mesi per risalire nel periodo 1952-1993 sino ad 1 ogni 19 mesi;
- la piena lacustre del 16.10.2000, con il picco di 197,94 m s.l.m. risulta essere la maggiore dopo quella del 1868 e del 1807 (vedi figura a lato).

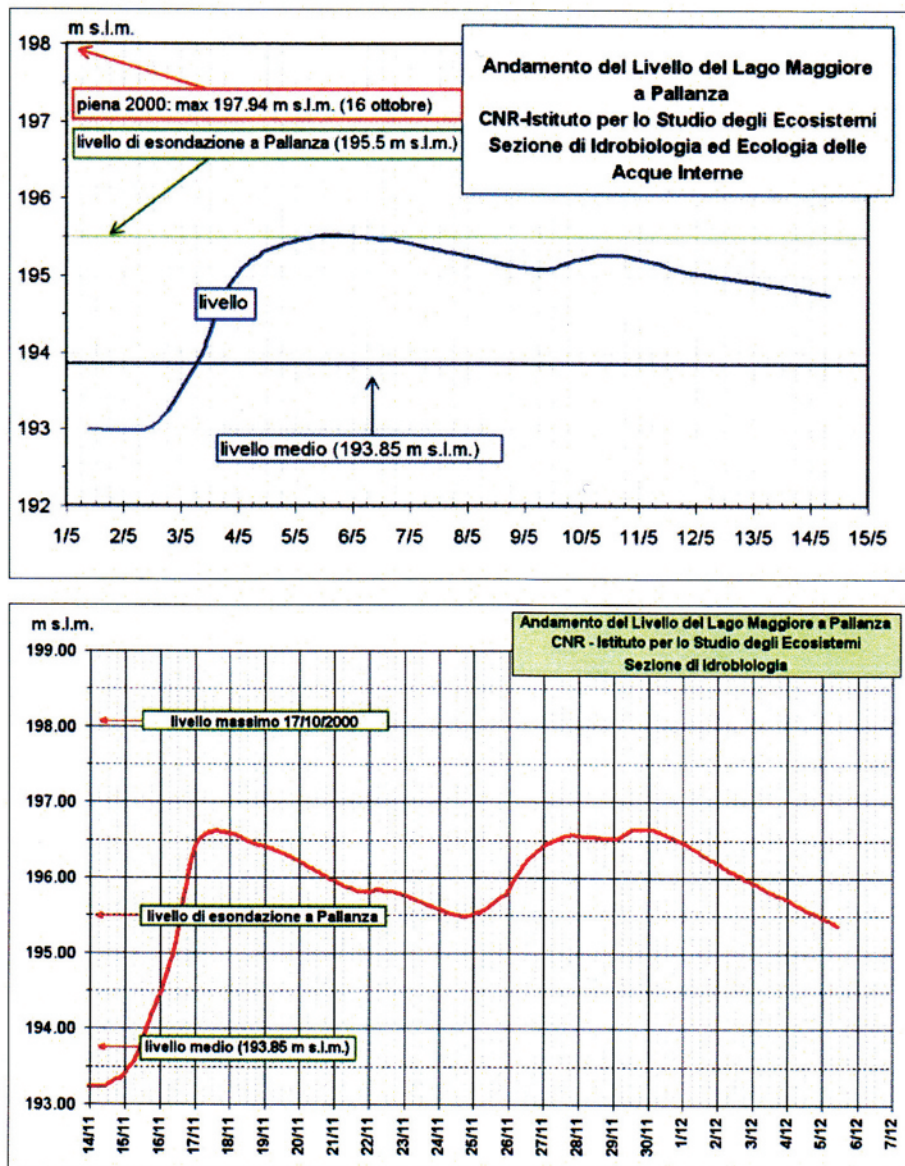


Nel grafico sottostante sono diagrammati gli episodi di esondazione del lago a Pallanza, con superamento della quota 195,5 m s.l.m.



Recentemente, il C.N.R. ha pubblicato alcuni grafici relativi agli eventi di piena accaduti

nell'anno 2002; in particolare, si riportano dei grafici che testimoniano l'andamento del livello del lago nei mesi di Maggio e Novembre. Come si evince, in entrambi i casi il livello idrometrico raggiunto è inferiore a quello registrato durante l'evento di piena del 16/10/2000.



Effettuando inoltre una sovrapposizione tra la vecchia cartografia e la base topografica (rilievo aerofotogrammetrico del 2006) utilizzata per la redazione delle Carte Tematiche relative alla parte geologica del Piano Regolatore, si evince una significativa variazione della linea di costa; si assiste ad un graduale avanzamento della stessa con la progradazione della parte terminale della conoide del Torrente Vevera per l'apporto di materiale da parte del corso d'acqua.

7. ANALISI SISMICA

Come previsto dalla vigente normativa, è stata sviluppata l'analisi sismica specifica relativa all'area in esame.

Si è innanzitutto proceduto ad individuare la posizione dell'area al fine della definizione degli spettri di risposta relativi alla stessa: attraverso queste elaborazioni verranno definiti gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti, orizzontali e verticali, delle azioni sismiche di progetto per il sito specifico.

La definizione di questi spettri, relativi ad uno specifico Stato Limite, è articolata in tre fasi:

- FASE 1 – Individuazione della pericolosità del sito, sulla base dei risultati del progetto S1-INGV.
- FASE 2 – Scelta della strategia di progettazione.
- FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto.

FASI 1 E 2

Si è innanzitutto proceduto all'individuazione geografica del sito: le variabili che devono essere introdotte sono la classe dell'edificio e la vita nominale dello stesso.

Per l'opera in progetto, si è considerata la classe IV *"Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti..."* (rif. punto C2.4.2. della Circolare n. 617 del 27/02/2009) ed è stata considerata, cautelativamente, una vita nominale pari a 100 anni.

Si ricorda che per Vita Nominale s'intende la *"durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale, con riferimento alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture e i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali delle varie applicazioni e delle misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità"*.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU. Tale parametro riveste notevole importanza in quanto è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato, il tempo di ritorno (T_R) dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

$$VR = VN \cdot CU$$

dove Il valore del coefficiente d'uso CU è definito al variare della classe d'uso, secondo quanto riportato nella sottostante tabella.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel nostro caso avremo:

$$VR = 100 \cdot 2 = 200 \text{ anni}$$

Si ricorda inoltre come SLO e SLD appartengano agli "stati limite di esercizio", mentre SLV e SLC fanno parte degli "stati limite ultimi".

- Stato limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi.

- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

- Stato Limite di Salvaguardia (SLV): a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali. La costruzione conserva invece una parte della sua rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

- Stato limite di prevenzione del collasso (SLC): a seguito del terremoto, la costruzione subisce gravi danni rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Nella tabella seguente si riportano, per ogni stato limite, i dati ottenuti dai calcoli effettuati.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	120	0,026	2,613	0,216
Danno (SLD)	201	0,031	2,635	0,237
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0,055	2,820	0,323
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0,058	2,861	0,329
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			

FASE 3

Come condizione di riferimento è stato scelto lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC), che rappresenta la condizione più cautelativa. In funzione delle condizioni al contorno sopra descritte si sono ottenuti i seguenti parametri caratteristici relativi all'accelerazione massima prevista al sito (a_g), al fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0) e al periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c^*) :

PARAMETRI	VALORI
a_g (g)	0,058
F_0	2,861
T_c^* (s)	0,329

Per la categoria di sottosuolo si farà riferimento alla Categoria D "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori >30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi 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 fine)".

Per quanto riguarda la categoria topografica, l'area è ascrivibile alla categoria T1 "Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

I parametri correttivi determinati sono quindi i seguenti:

PARAMETRI	VALORI
Amplificazione stratigrafica (S_s)	1,80
Coeff. funzione della categoria suolo (C_c)	2,18
Amplificazione topografica (S_t)	1,0

Dalle elaborazioni effettuate si sono ottenuti, per condizioni di SLC, i seguenti valori di coefficiente sismico:

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE $k_h = 0,021$

COEFFICIENTE SISMICO VERTICALE $k_v = 0,010$

8. CONSIDERAZIONI SULL'OPERA IN PROGETTO

Come descritto in precedenza, l'opera in progetto è costituita da un nuovo porto turistico con una capacità di circa 250 posti barca.

Le nuove opere in progetto prevedono la posa di 370 m di pontili galleggianti e 145 m di struttura frangionda; i pontili saranno costituiti da elementi ad alto dislocamento e a galleggiamento continuo, con modulo supportato da tre unità in calcestruzzo armato con nucleo in polistirolo espanso. I frangionde sono invece costituiti da elementi galleggianti ad altissimo dislocamento e realizzati in cemento armato con nucleo in polistirolo espanso a cellula chiusa che ne garantisce l'inaffondabilità.

La tipologia costruttiva adottata dai progettisti è quella che prevede l'utilizzo di "corpi morti", costituiti da blocchi aventi un peso pari a 2,5 t (per i pontili) e di 5 t (per il frangionde) posti sul fondale, da cui si dipartono catene in acciaio di ancoraggio e di collegamento alle strutture galleggianti fissati a picchetti di ritenuta e catene di ritenuta degli ancoraggi. Il diametro delle catene varia da 16 a 24 mm. Si precisa quindi come i corpi morti avranno solamente una funzione di ancoraggio delle strutture galleggianti, senza alcuna funzione di sostegno alle opere portuali.

Dal punto di vista geologico la posa dei corpi morti non pone particolari problematiche; tali strutture vengono semplicemente calate in acqua e appoggiate sul fondale dove nel tempo, grazie al loro peso, vi affondano leggermente.

Il fondale risulta costituito da materiali a granulometria fine composti da sabbie e limi, sciolti, con caratteristiche geotecniche mediocri ($N_{30} < 2$). In virtù del peso dei corpi morti potrebbero verificarsi dei modesti cedimenti nei depositi costituenti il fondale, dovuti al costipamento provocato dal carico. A tal proposito sono stati effettuati dei calcoli per valutare l'entità dei cedimenti; considerando cautelativamente un blocco avente un peso pari a 5 t e un'area di appoggio pari a 2 mq, si ottengono valori compresi tra 82 mm (S_{IMM}) e 185 mm (S_{MAX}).

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Al termine del presente lavoro è possibile evidenziare quanto segue:

- l'opera in progetto sarà realizzata nella parte meridionale del territorio comunale;
- il susseguirsi di diverse dinamiche geologiche ha portato a modificazioni imponenti del territorio a seguito delle ripetute fasi glaciali, e di sedimentazione fluviale e lacustre;
- da un punto di vista geologico l'area risulta caratterizzata da depositi post glaciali appartenenti all'Unità del Lido: si tratta di materiali a granulometria fine composti da sabbie, sabbie limose e limi in cui sono intercalati livelli a granulometria più grossolana;
- facendo riferimento alle indagini geognostiche effettuate nel 1998 a supporto del progetto preliminare, è possibile descrivere precisamente le caratteristiche dei depositi presenti nell'area di intervento;
- la successione stratigrafica risulta generalmente formata da sabbie sciolte, aventi uno spessore variabile da 10 m a circa 11 m, passanti successivamente a sabbie;
- dal punto di vista geotecnico la prova penetrometrica realizzata a lago (numero 8) presenta valori di $N_{30} < 2$ per i primi 11 metri di profondità, per poi passare a valori compresi tra 4 e 22 colpi. La prova penetrometrica uno (realizzata su terra ferma) ha fornito valori di $N_{30} < 6$ per i primi 10 m di profondità, passanti poi a valori compresi tra 10 e 32 colpi;
- analisi granulometriche effettuate sui campioni rimaneggiati provenienti dai sondaggi geognostici hanno certificato come i materiali sono costituiti da sabbie con percentuali di limo variabili tra il 18 e il 42 % e di ghiaia inferiori al 5%;
- la permeabilità dei depositi in questione, pur variabile, risulta "bassa" con valori del coefficiente di permeabilità compresi tra 10^{-4} e 10^{-6} cm/s;
- l'analisi sismica ha permesso di calcolare i valori dei coefficienti sismici di riferimento; in particolare, K_H risulta pari a 0,021 mentre K_V risulta pari a 0,010.

A conclusione delle presenti note si ritiene di poter affermare che, se verranno osservate le indicazioni sopracitate, la realizzazione del progetto garantisce la stabilità della zona e l'intervento risulta compatibile con lo "status" geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area in esame.