

**REGIONE
PIEMONTE**



**COMUNE
DI ASTI**

PISU Asti - Ovest

Programma operativo regionale 2007/2013 finanziato dal F.E.S.R. a titolo dell'obiettivo "Competitività ed occupazione" Asse III.2.2 "Riqualificazione aree degradate". Progetto Integrato di Sviluppo Urbano (P.I.S.U.) denominato "Asti - Ovest".

Scheda O4

Riqualificazione area sportiva di Via Gerbi

Intervento A.1.6

Riqualificazione palazzetto dello sport

Scheda N° 662
Piano OO.PP 2012/2014

CUP MASTER
G36H11000270002
CUP G32D11001560002

**PROGETTO
ESECUTIVO**

Elaborato:

2-a

RELAZIONE GEOLOGICA

Progettista

Geom. Luigi RUSSO

Geologo

Ing. Massimo MASSOBRIO

Collaboratori tecnici del RUP

Ing. Marina PARRINELLO

Il Responsabile del Procedimento

Arch. P. A. SCARAMOZZINO

PREMESSA

La presente relazione geologica ha lo scopo di corredare il progetto per la riqualificazione dell'area sportiva di Via Gerbi, in Comune di **ASTI (AT)**, da realizzarsi all'interno del Progetto Integrato di Sviluppo Urbano PISU "Asti – Ovest".

Il progetto riguarda la riqualificazione del Palazzetto dello Sport ed in particolare la realizzazione di un nuovo ascensore esterno al fabbricato per il superamento delle barriere architettoniche.

Il tutto in ottemperanza:

-a quanto previsto dal D.M. 14/01/08 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";
-a quanto previsto dalle N.T.A. del vigente P.R.G.C..

La presente è strutturata nei seguenti capitoli

- 1. Inquadramento geografico**
- 2. Inquadramento geologico e geomorfologico**
- 3. Inquadramento idrogeologico**
- 4. Azioni sismiche**
- 5. Caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dai lavori edili in progetto**
- 6. Strutture fondazionali ed ipotesi di progetto**
- 7. Calcolazioni geotecniche preliminari**
- 8. Conclusioni**

e si articola nelle seguenti fasi:

1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. *scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche;*
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;
4. descrizione delle fasi e delle modalità costruttive;
5. verifiche della sicurezza e delle prestazioni.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dall'intervento in progetto è localizzata, come detto, nel Comune di **ASTI (AT)** in Gerbi.

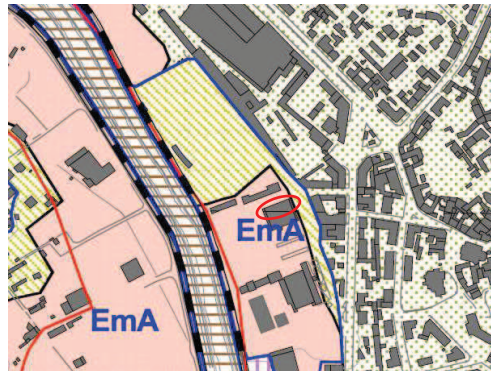
Per una migliore localizzazione dell'area si allega al progetto l'estratto di C.T.R. in scala 1:10.000 e l'estratto di P.R.G.C.:



Estratto C.T.R. "175070"

Analizzando la Carta di Sintesi di P.R.G.C., l'area in esame risulta ricadere in **Classe III b 1.1**: tale classe individua i settori a pericolosità geomorfologica elevata originariamente compresi in Classe III a e III b (Piano Regolatore dell'anno 2000).

Successivamente, a seguito della realizzazione di opere di difesa, tali aree sono state riclassificate ed attualmente comprese in un settore caratterizzato da condizioni di moderata pericolosità geomorfologica e di rischio.



Estratto della Carta di Sintesi di P.R.G.C.

Classe III - Settori a pericolosità geomorfologica elevata, con forti limitazioni urbanistiche

Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dall'urbanizzazione dell'area, sono tali da impedire l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione d'interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.



CLASSE IIIb1.1 - aree urbanizzate o di espansione, inondate nell'evento alluvionale del 1994 o classificate IIIa IIIb nel PRGC del 2000, attualmente in condizioni di moderata pericolosità idrogeologica e di rischio (Aree EmA), in posizione marginale rispetto al deflusso della piena (potenzialmente inondabili per eventi di piena catastrofici da acque a bassa energia e altezza), che non necessitano di opere di difesa: sia perché non necessarie alla luce dei recenti studi idraulici, sia perché le opere sono state eseguite.



Delimitazione delle aree inondate nell'evento alluvionale del 5-6.11.1994



Aree inondabili (EeA = intensità/pericolosità molto elevata;
EbA = intensità/pericolosità elevata; Eb* A = intensità/pericolosità media/elevata; EmA,
EmL = intensità/pericolosità media/moderata)

Legenda

In particolare, tali settori risultano inondabili per eventi di piena catastrofici "Aree EmA", in posizione marginale rispetto al deflusso di piena, caratterizzate da acque a bassa energia, assenza di trasporto solido ed altezze idrometriche minori di 0.4 m.

Tali terreni non sono sottoposti al vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 30 dicembre 1923 n°3267.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo ascensore esterno al Palazzetto dello Sport per il superamento delle barriere architettoniche.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico strutturale l'area si situa nella parte centrale del ben noto "**Bacino Pliocenico Astigiano**" caratterizzato da depositi tardo terziari formanti un ciclo sedimentario completo a struttura sinclinalica con asse orientato in direzione est-ovest.

In particolare nell'area in questione si rilevano affioramenti della **Formazione delle Sabbie di Asti** (Pliocene) costituite, litologicamente, da sabbie fini, giallastre, pseudo-coerenti, indisturbate, con percentuali limose in banchi di media potenza a giacitura sub-orizzontali.

Tali depositi sono ascrivibili a facies deposizionali tranquille di mare profondo e rappresentano le vicende sedimentologiche finali della storia geologica del bacino terziario piemontese prima della sua emersione.

Le Sabbie di Asti, regressive, poggiano sulle sottostanti **Argille di Lugagnano** (Pliocene medio inferiore), affioranti alle basi dei versanti e costituite da argille marno-sabbiose grigio-azzurre con intercalazione, verso l'alto al passaggio di facies, di sabbie analoghe alle precedenti.

Si allega un estratto della C.G.I.:



Estratto dal foglio 69 della C.G.I. e legenda

Le formazioni appena descritte rappresentano le ultime fasi di riempimento del bacino ed evidenziano il progressivo passaggio da un ambiente di mare relativamente profondo (Argille di Lugagnano) ad un ambiente litorale (Sabbie di Asti), che, verso l'alto, attraverso alternanze sabbioso-argillose, lasciano il posto a depositi pliocenico-pleistocenici di tipo fluviale e fluvio-lacustre classificati come “Villafranchiano Auctorum *p.p.*”.

L'area in esame è ubicata in un settore dove affiorano i **depositi alluvionali del T. Borbore** che mascherano i termini argilloso-marnosi compatti riferibili alla **Formazione delle Argille di Lugagnano**.

La successione litostratigrafica di dettaglio tipica per la piana alluvionale del Borbore e ricavata da sondaggi geognostici eseguiti in passato per la realizzazione di pozzi è, quindi, costituita dall'alto verso il basso dai seguenti termini:

Profondità da p.c.	Litologia	Caratteristiche
Da p.c a -2.00 m	Copertura eluvio-colluviale	Limi-argillosi
Da -2.00 m a -5.00 m	Depositi fluviali recenti e post-glaciali	Limi e sabbie

	pleistocenici del T. Borbore	fini
Da -5.00 m a -12.00 m		Sabbia medio-fine passante a sabbia e ghiaia fine
Oltre -12.00 m da p.c.	Formazione delle Argille di Lugagnano	Marna compatta

L'area in esame si situa dal punto di vista morfologico in sx orografica dell'incisione valliva del T. Borbore e non presenta particolari peculiarità essendo del tutto pianeggiante: tali considerazioni sono graficamente illustrate nella Tav. 2 (Carta Geomorfologica e dei Dissesti) in allegato alla presente.

La morfologia tipica è quella delle pianure alluvionali, con andamento planimetrico terrazzato.

La morfologia dell'alveo del T. Borbore, con particolare riferimento a forma, ampiezza e mobilità dei meandri, è strettamente condizionata dalla presenza dei rilievi collinari, sia in destra che in sinistra idrografica.

Ne deriva un corso irregolare, con meandri più ampi dove il fondovalle è più largo, e tratti da sinuosi fino a rettilinei dove questo si restringe.

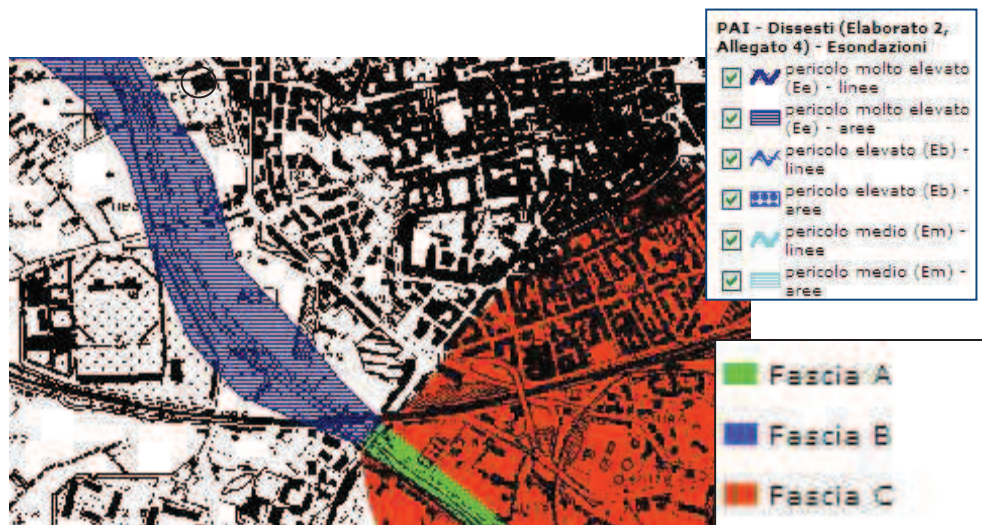
Nel complesso l'evoluzione del corso d'acqua è molto lenta e i processi di erosione spondale sono locali e limitati (seppure talvolta influenti sulla stabilità dei versanti collinari).

Scarsa è la presenza di forme relitte, limitate ad alcuni orli di terrazzo fluviale (come nel caso della Loc. Case Nuove) e paleoalvei legati al corso del F. Tanaro.

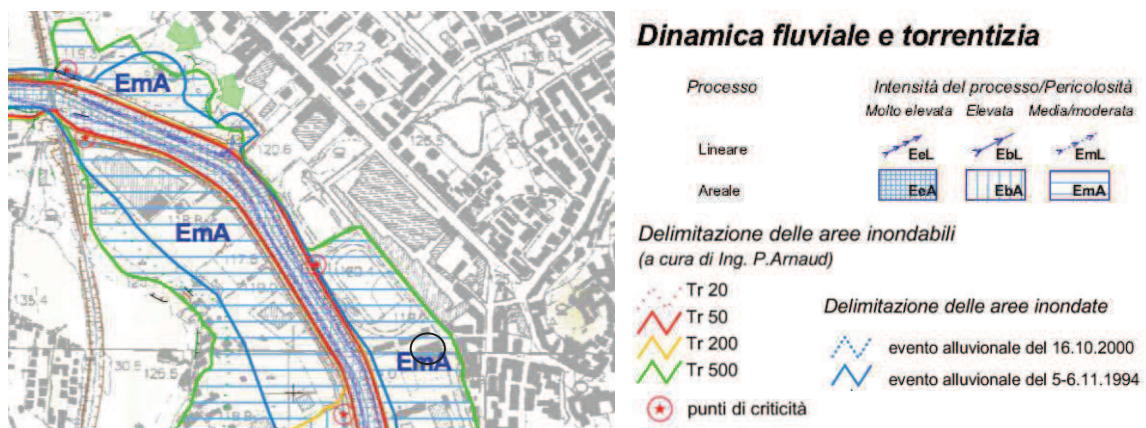
Le aree di esondazione sono molto estese e frequentemente attraversate da rilevati stradali.

Analizzando:

- la Banca Dati Geologica della Regione Piemonte;
- la Banca Dati dell'Autorità di Bacino del Fiume PO (PAI);
- le carte tecniche allegate al vigente P.R.G.C.;
- le caratteristiche geomorfologiche locali,



Estratto Banca Dati dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (PAI)



Estratto Carta Geomorfologica, dei Dissesti e della Dinamica Fluviale di
 P.R.G.C.

si rileva che, seppure non sia stata inondata per apporto diretto nel corso dell'evento alluvionale del 1994, l'area oggetto d'intervento è classificata, dal vigente P.R.G.C., come coinvolgibile da esondazioni con pericolosità media o moderata (EmA), caratterizzate da acque a bassa energia, assenza di trasporto solido ed altezze idrometriche minori di 0.4 m.

A seguito dell'alluvione del novembre 1994, sono stati eseguiti lavori di difesa spondale, atti a ridurre la pericolosità derivante dalle inondazioni.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista dell'assetto idrogeologico, l'area oggetto d'intervento è interessata dal "Complesso delle alternanze limoso-sabbiose", costituito da limi e sabbie, talore argillose, di origine fluviale.

Il complesso può essere considerato come un sistema acquifero multi-falda in cui i livelli sono in comunicazione tra loro, attraverso setti semipermeabili.

Il coefficiente di permeabilità varia, in funzione della frazione granulometrica, tra 10^{-6} e 10^{-8} m/s (nei depositi fluviali antichi e villafranchiani) e tra 10^{-5} e 10^{-4} m/s nei livelli più grossolani.

Le alluvioni della piana del Borbore presentano una falda di tipo libero alimentata da filtrazione diretta e caratterizzata da forti escursioni connesse alle fluttuazioni idrometriche superficiali dei corsi d'acqua.

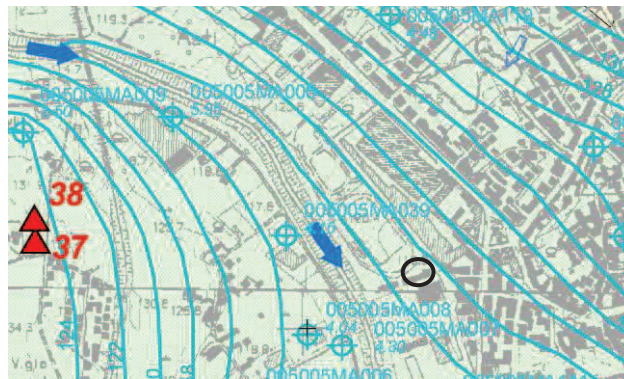
Si può osservare che la presenza di falde a debole profondità lungo la fascia prossima all'alveo è evidenziata dai tronchi di meandro abbandonati.

Il complesso acquifero alluvionale può essere considerato come un sistema acquifero multifalda in cui i livelli sono in comunicazione tra loro, attraverso setti semipermeabili.

Malgrado la limitata potenza di tale acquifero, le falde superficiali di subalveo sono state molto sfruttate, negli anni, in particolare per l'irrigazione: la piana del T. Borbore è infatti da sempre zona coltivata ad orto.

Queste falde di subalveo, mancando totalmente di una copertura di depositi impermeabili, non sono protette da infiltrazioni superficiali; sono quindi facilmente vulnerabili e sussistono forti possibilità di inquinamento sia chimico-fisico che batteriologico.

In base ai dati raccolti a seguito di campagne piezometriche eseguite sui pozzi esistenti nell'area si rileva che il livello statico di falda si instaura ad una profondità di circa -6.00 m dal p.c. attuale.



Estratto della Carta Geoidrologica

4. AZIONI SISMICHE

Il quadro sismo-tettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Asti (AT) un grado molto basso di rischio sismico, risentendo in modo più o meno intenso degli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro nelle Alpi Occidentali e nell'Appennino Settentrionale.

Nelle carta probabilistica di pericolosità sismica, redatta dall'ING (2006) adottata nell'Ordinanza P.C.M. 3519 del 20/04/2006, nel territorio di Asti (AT) sono attese accelerazioni al bedrock comprese fra **0.025 e 0.050 g**.

Tali accelerazioni sismiche sono calcolate con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (corrispondenti ad un tempo di ritorno di 475 anni), riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s, ovvero categoria A, punto 3.2.2. del D.M. 14/01/2008).

Nella nuova classificazione sismica del territorio nazionale, introdotta dall'O.P.C.M. n°3274 e s.m.i., il Comune di Asti (AT) è inserito in **Zona 4**, alla quale è associata un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g), pari a circa 0.05.

Per quanto riguarda la classificazione sismica locale dei terreni di fondazione bisogna definire le azioni sismiche di progetto a partire dalla pericolosità sismica di base precedentemente descritta.

Oltre a questa classificazione, l'effetto della risposta sismica locale può essere valutata mediante specifiche analisi e metodologie di indagine sperimentale ovvero, mediante una procedura semplificata, basata sull'attribuzione dei terreni di fondazione alle categorie di sottosuolo di riferimento, oltre che all'individuazione della Classe d'uso dell'opera e la categoria topografica.

Pertanto, nel nostro caso in esame si prendono in considerazione i seguenti parametri:

Categoria di suolo (D.M. 14/01/08-Tab. 3.2.II):

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento</i> (con $V_g > 800$ m/s).

Se consideriamo l'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

ed i valori di $N_{SPT,30}$ ricavati nei capitoli seguenti sulla base di prove penetrometriche eseguite su terreni analoghi si ottengono valori di $N_{SPT,30}$ pari a circa 15 (colpi/piede) per spessori inferiori a 20 m, tali da classificare i sottosuoli di riferimento nella categoria E con valori di $V_{s,30} > 800$ m/s.

Categoria topografica (D.M. 14/01/08-Tab. 3.2.III):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Classe d'uso (D.M. 14/01/08 - Cap. 2.4.2)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per quanto riguarda le forme spettrali riferite al sito in esame, ai fini della normativa vigente, sono definite a partire dai valori dei parametri riportati nella tabella sottostante:

I valori sono stati ricavati tramite l'utilizzo dell'apposito software "Spettri di risposta ver. 1.0.3" ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	60	0.024	2.637	0.190
SLD	101	0.029	2.672	0.210
SLV	949	0.051	2.794	0.305
SLC	1950	0.059	2.893	0.319

con:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Mediante software si ottengono i seguenti valori di calcolo da inserire nel calcolo geotecnico di cui al D.M. 14/01/2008 (NTC):

Parametri sismici	Asti
Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	100anni
Coefficiente c_u :	2
Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	60 [anni]
a_g :	0,022 g
Fo:	2,618
T^*c :	0,186 [s]
Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	101 [anni]
a_g :	0,027 g
Fo:	2,659
T^*c :	0,209 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	949 [anni]
a_g :	0,049 g
Fo:	2,761
T^*c :	0,305 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	1950 [anni]
a_g :	0,057 g
Fo:	2,848
T^*c :	0,321 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,600	Ss: 1,600	Ss: 1,600	Ss: 1,600
Cc: 2,250	Cc: 2,150	Cc: 1,850	Cc: 1,810
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,007	Kh: 0,009	Kh: 0,016	Kh: 0,018
Kv: 0,004	Kv: 0,004	Kv: 0,008	Kv: 0,009
Amax: 0,347	Amax: 0,423	Amax: 0,774	Amax: 0,901
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,200

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INTERESSATI DAI LAVORI EDILI IN PROGETTO

Sulla base dell'esperienza e sulla base delle conoscenze disponibili (dati tecnici acquisiti dalla letteratura), i terreni che saranno interessati dall'opera in oggetto possono essere caratterizzati, dal punto di vista geotecnico, mediante le seguenti proprietà classificative fisico-meccaniche:

-terreni di copertura eluvio-colluviale (fino a -2.0 m circa da p.c.), da rimuovere:

-peso di volume naturale	$\gamma_n=18.5 \text{ kN/m}^3$
-angolo d'attrito efficace	$\phi'=15^\circ-20^\circ$
-coesione efficace	$c'=2 \text{ kPa}$
-coesione non drenata	$c_u=25 \text{ kPa}$ (curva DM-7 per argille limose a bassa plasticità)

-depositi alluvionali del T. Borbore (da -2.0 m a -12.00 m da p.c.):

Granulometricamente il materiale è costituito da limi e sabbie fini verso l'alto e sabbie e ghiaie verso il basso, con ciottoli anche decimetrici, immersi in matrice sabbio-limosa localmente passante ad orizzonti limoso-sabbiosi e vari livelli cementati.

Da mediamente a fortemente addensato, il colore varia da grigio a marrone.

La formazione alluvionale è classificabile in generale come incoerente e meccanicamente è identificabile attraverso l'angolo di resistenza al taglio.

I depositi fluviali in esame, pertanto, sono classificabili, dal punto di vista geotecnico, come **sabbie incoerenti e permeabili**.

Secondo le classificazioni correnti tali litotipi possono essere catalogati come terreni appartenenti al **gruppo S secondo il Sistema Unificato (SM-SP-SW-SC)** mentre secondo la classificazione AASHO (CNR-UNI-10006) si possono descrivere come materiali sabbiosi fini appartenenti al **gruppo A2-4**.

Localmente comunque possono essere riscontrati orizzonti di **A3 (SP)** ed addirittura di **A4 (ML)**.

Pertanto si ricavano per tali terreni incoerenti i seguenti parametri fisico-meccanici:

LIMI E SABBIE (da -2.0 m a -5.0 m circa da p.c.):

-peso di volume naturale	$\gamma_n=18.5 \text{ kN/m}^3$
-densità relativa	$D_R>20\%$ bassa
-angolo d'attrito efficace	$\varphi'=25^\circ$
-modulo elastico	$E_y=4500 \text{ kPa}$
-modulo edometrico	$E_d=5000 \text{ kPa}$

SABBIE E GHIAIE (da -5.0 m a -12.00 m circa da p.c.):

-peso di volume naturale	$\gamma_n=19.0 \text{ kN/m}^3$
-densità relativa	$D_R>40\%$ media
-angolo d'attrito efficace	$\varphi'=30^\circ-34^\circ$
-modulo di deformabilità	$E_d=40 \text{ Mpa}$

Tuttavia le considerazioni espresse nel presente capitolo e nel precedente devono essere verificate in corso d'opera ovvero durante le operazioni di scavo il sottoscritto deve essere informato per valutare direttamente le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere in progetto.

6. STRUTTURE FONDAZIONALI ED IPOTESI DI PROGETTO

Il progetto prevede, come detto, la realizzazione di un ascensore esterno al Palazzetto dello Sport (lato N) per il superamento delle barriere architettoniche.

Quale tipologia fondazionale si prevede di adottare una **tipologia fondazionale del tipo diretto a platea adeguatamente armata (H=40 cm).**

Tale piastra dovrà essere impostata sui depositi alluvionali del T. Borbore, a natura limoso-sabbiosa, rimuovendo i terreni di copertura: tali depositi posseggono infatti discrete caratteristiche geotecniche che offrono sufficienti garanzie.

7. CALCOLAZIONI GEOTECNICHE PRELIMINARI

La valutazione delle problematiche geotecniche, dopo aver individuato la tipologia di fondazione più idonea, deve essere ricondotta alla:

-valutazione della capacità portante dei terreni di fondazione e stima dei possibili cedimenti ovvero alla verifica agli stati limite ultimi (SLU) ed alle condizioni di esercizio.

In particolare il D.M. 14/01/2008 prevede che le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure seguenti.

STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

Per ogni **stato limite ultimo (SLU)** deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

STATO LIMITE D'ESERCIZIO (SLE)

Le opere e i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese per l'opera stessa.

Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno-struttura è funzione dell'importanza dell'opera.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione.

Le strutture di fondazione devono rispettare le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio e le verifiche di durabilità.

Per quanto riguarda le opere di fondazione, nelle verifiche di sicurezza, devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale

- SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

Nel nostro caso si utilizza **SLU (GEO)**.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali.

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3).

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Nel nostro caso si procede con l'utilizzo dell'approccio 2 con la seguente combinazione (A1+M1+R3).

Per le verifiche di massima delle opere di fondazione dell'ascensore in progetto (ipotizzando una fondazione a platea, da impostare sui depositi alluvionali del T. Borbore a natura limoso-sabbiosa e stimando i carichi) si è seguita la seguente procedura mediante l'utilizzo di uno specifico software:

**CALCOLO PORTANZA E CEDIMENTI
DI FONDAZIONI SUPERFICIALI
NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

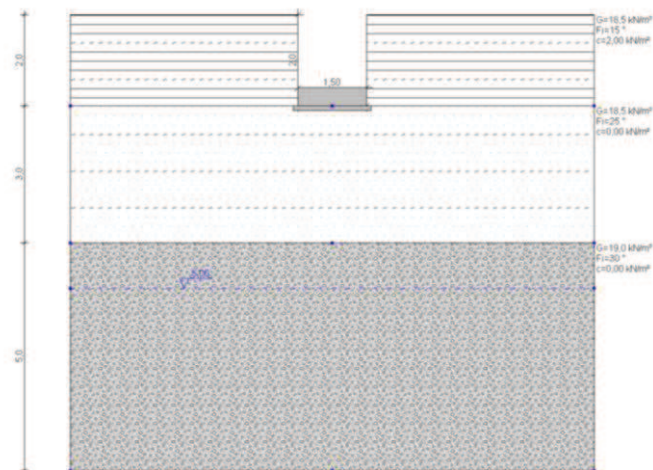
Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

Applicando un software prodotto dalla Soc. Geostru si ottengono i seguenti valori:

PLATEA

Verificata con L=1.50 m, B=1.50 m e H=0.40 m



DATI GENERALI

Larghezza fondazione	1,5 m
Lunghezza fondazione	1,5 m
Profondità piano di posa	2,0 m
Profondità falda	6,0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,036
Coefficiente sismico orizzontale	0,0072
Coefficiente sismico verticale	0,0036

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	44,9
Longitudine:	8,21
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:		E		
Categoria topografica:		T1		
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,22	2,62	0,19
S.L.D.	101,0	0,26	2,66	0,21
S.L.V.	949,0	0,48	2,76	0,31
S.L.C.	1950,0	0,56	2,85	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,352	0,2	0,0072	0,0036

S.L.D.	0,416	0,2	0,0085	0,0042
S.L.V.	0,768	0,2	0,0157	0,0078
S.L.C.	0,896	0,2	0,0183	0,0091

STRATIGRAFIA TERRENO

DH: Spessore dello strato;

Gam: Peso unità di volume;

Gams: Peso unità di volume saturo;

Fi: Angolo di attrito;

c: Coesione;

Ey: Modulo Elastico;

Ed: Modulo Edometrico;

cu: Coesione non drenata

DH (m)	Gam (kN/m ³)	Gams (kN/m ³)	Fi (°)	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Ey (kN/m ²)	Ed (kN/m ²)
2,0	18,5	19,0	15,0	2,0	25,0	2500,0	2600,0
3,0	18,5	19,0	25,0	0,0	0,0	4500,0	5000,0
5,0	19,0	19,5	30,0	0,0	0,0	40000,0	40000,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto (kN/m ²)	N (kN)	Tipo
1	A1+M1+R3	185,55	385,00	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	2,3	1,1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955)

Pressione limite 575,2 kN/m²

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 23008,12 kN/m³

Tabella 9.1 Valori indicativi del modulo di reazione k_s .

I valori riportati si devono intendere come indicativi e servono per confronto con valori ricavati in base a formule approssimate.

Terreno	k_s , kN/m ³
Sabbia sciolta	4800 ÷ 16000
Sabbia mediamente compatta	9600 ÷ 80000
Sabbia compatta	64000 ÷ 128000
Sabbia argillosa mediamente compatta	32000 ÷ 80000
Sabbia limosa mediamente compatta	24000 ÷ 48000
Terreno argilloso:	
$q_u \leq 200$ kPa	12000 ÷ 24000
$200 < q_u \leq 400$ kPa	24000 ÷ 48000
$q_u > 400$ kPa	> 48000

A1+M1+R3

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10,66
Fattore [Nc]	20,72
Fattore [Ng]	6,77
Fattore forma [Sc]	1,49
Fattore profondità [Dc]	1,42
Fattore forma [Sq]	1,25
Fattore profondità [Dq]	1,21
Fattore forma [Sg]	1,25
Fattore profondità [Dg]	1,21
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0,99
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	732,1 kN/m ²
Resistenza di progetto	318,3 kN/m ²
Fattore sicurezza	4,28
Condizioni di verifica [Ed<=Rd]	Verificato

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

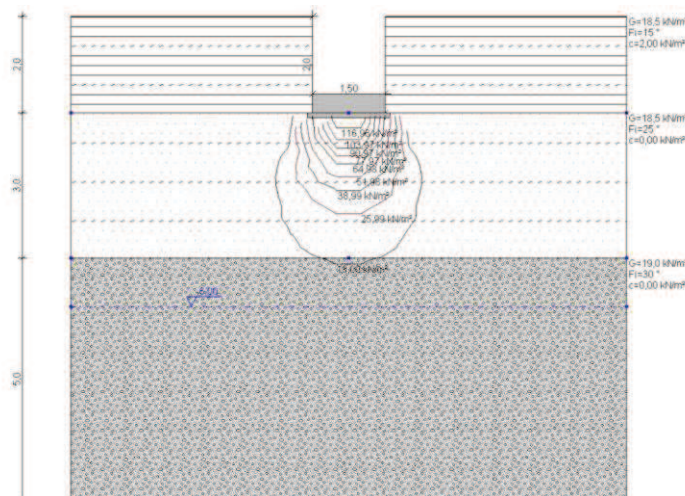
Fattore [Nq]	10,66
Fattore [Nc]	20,72
Fattore [Ng]	10,88
Fattore forma [Sc]	1,51
Fattore profondità [Dc]	1,37
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,47
Fattore profondità [Dq]	1,29
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,6
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0,99
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	831,23 kN/m ²
Resistenza di progetto	361,41 kN/m ²
Fattore sicurezza	4,86
Condizioni di verifica [Ed<=Rd]	Verificato

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10,66
Fattore [Nc]	20,72

Fattore [Ng]	9,01
Fattore forma [Sc]	1,47
Fattore profondità [Dc]	1,37
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,42
Fattore profondità [Dq]	1,29
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,7
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0,99
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	806,14 kN/m ²
Resistenza di progetto	350,5 kN/m ²
Fattore sicurezza	4,71
Condizioni di verifica [Ed<=Rd]	Verificato



CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	130,0 kN/m ²
Spessore dello strato	3,0 m
Profondità substrato roccioso	8,0 m
Modulo Elastico	4500,0 kN/m ²
Coefficiente di Poisson	0,3
Coefficiente di influenza I1	0,41
Coefficiente di influenza I2	0,04
Coefficiente di influenza Is	0,44

Cedimento al centro della fondazione	16,35 mm
--------------------------------------	----------

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Coefficiente di influenza I1	0,29
Coefficiente di influenza I2	0,06
Coefficiente di influenza Is	0,33
Cedimento al bordo	6,24 mm

Tabella 5.8 Cedimenti differenziali tollerabili da edifici, in mm⁽¹⁾ e fra parentesi i valori massimi raccomandabili.

Criterio	Fondazioni isolate	Fondazioni a graticcio e a platea
Distorsione angolare (fessure)		0.1
Massimo cedimento differenziale		
Argille		45 (35)
Sabbie		30 (25)
Massimo cedimento		
Argille	75 (60)	75-125 (35-100)
Sabbie	50 (35)	50-75 (35-60)

⁽¹⁾ MacDonald e Skempton (1955).

8. CONCLUSIONI

Sulla base delle caratteristiche geologico-tecniche dei litotipi che saranno interessati dai lavori edili possiamo fare alcune considerazioni di carattere conclusivo:

-dall'analisi degli elaborati tecnici allegati al vigente P.R.G.C., l'area è compresa in un settore soggetto ad episodi di esondazione da parte del T. Borbore (Classe III b 1.1) per acque a bassa energia;

-si evidenzia tuttavia come l'area non sia stata interessata da inondazione nel corso dell'evento alluvionale del 1994;

-il progetto in esame, prevedendo la realizzazione di un ascensore esterno al Palazzetto dello Sport per il superamento delle barriere architettoniche, appare in linea con i dettami delle N.T.A. del vigente P.R.G.C.;

-l'intervento in progetto non dovrà modificare, in alcun modo, il regime idrologico ed idrogeologico dell'area;

-dovranno essere predisposte adeguate reti di canalizzazione per lo smaltimento delle acque meteoriche e vadose verso le normali direttrici di scolo (sistema fognario esistente);

-per quanto riguarda *l'ascensore* in progetto, i calcoli di capacità portante preliminare (ipotizzando fondazioni a platea a spessore uniforme, *stimando i carichi agenti ed ipotizzando come piano d'imposta i depositi alluvionali limoso-sabbiosi del T. Borbore*) sono compatibili con gli stati limite ultimi (SLU);

-*i cedimenti valutati sono compatibili con gli stati limite d'esercizio (SLE)*;

-tali valori devono essere verificati, dal progettista strutturale ai sensi del D.M. 14/01/2008 - NTC, sulla base dei carichi reali trasmessi dalla struttura sul piano fondazione;

-sarà cura della D.L. risolvere eventuali problemi tecnici in corso d'opera;

-si richiamano integralmente le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008);

-sono fatte salve le norme urbanistiche vigenti.