

*Committente:*

---

---

**BOTTOLI COSTRUZIONI SRL**

---

---

*Attività:*

---

---

**COMUNE SUZZARA (MN)**  
**INDAGINE GEOGNOSTICA PER COSTRUZIONE NUOVO**  
**FABBRICATO**

---

---

*Elaborato:*

---

---

**RELAZIONE GEOGNOSTICA**

---

---

*Redatta da:*



---

Remedello (BS), lì 24 marzo 2011

## INDICE

<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>1 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO</b>	<b>4</b>
<b>2 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE</b>	<b>6</b>
2.1 Sondaggio a carotaggio continuo con posa di tubo piezometrico	6
2.2 Prove SPT – Standard Penetration Test	7
2.3 Prove di permeabilità	9
<b>3 ANALISI DEI RISULTATI</b>	<b>10</b>
3.1 Parametrizzazione geotecnica del sottosuolo	10
3.2 Valutazione della categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	11
3.3 Azione sismica	14
<b>4 ALLEGATI</b>	<b>16</b>

## **PREMESSA**

La presente relazione illustra le attività di campo eseguite per conto della BOTTOLI COSTRUZIONI SRL, nell'ambito del progetto di demolizione e ricostruzione in aderenza a due fabbricati adiacenti, al fine di valutare la tipologia dei terreni presenti nel sito dove è prevista la realizzazione di fondazioni profonde.

Si andranno ad illustrare nel seguito le indagini svolte.

Lo studio si è articolato nei seguenti punti:

- realizzazione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo;
- realizzazione di n. 9 prove SPT (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio;
- realizzazione di n. 1 prova di permeabilità Lefranc a carico variabile;
- elaborazione della presente relazione, alla quale sono allegati:
  - Ubicazione indagini;
  - Stratigrafia sondaggio;
  - Tabella prova di permeabilità;
  - Documentazione fotografica.

## 1 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

Il sito d'intervento è ubicato in via Cantoni Marca, nel centro storico di Suzzara; la quota topografica è pari a circa 20 m s.l.m.

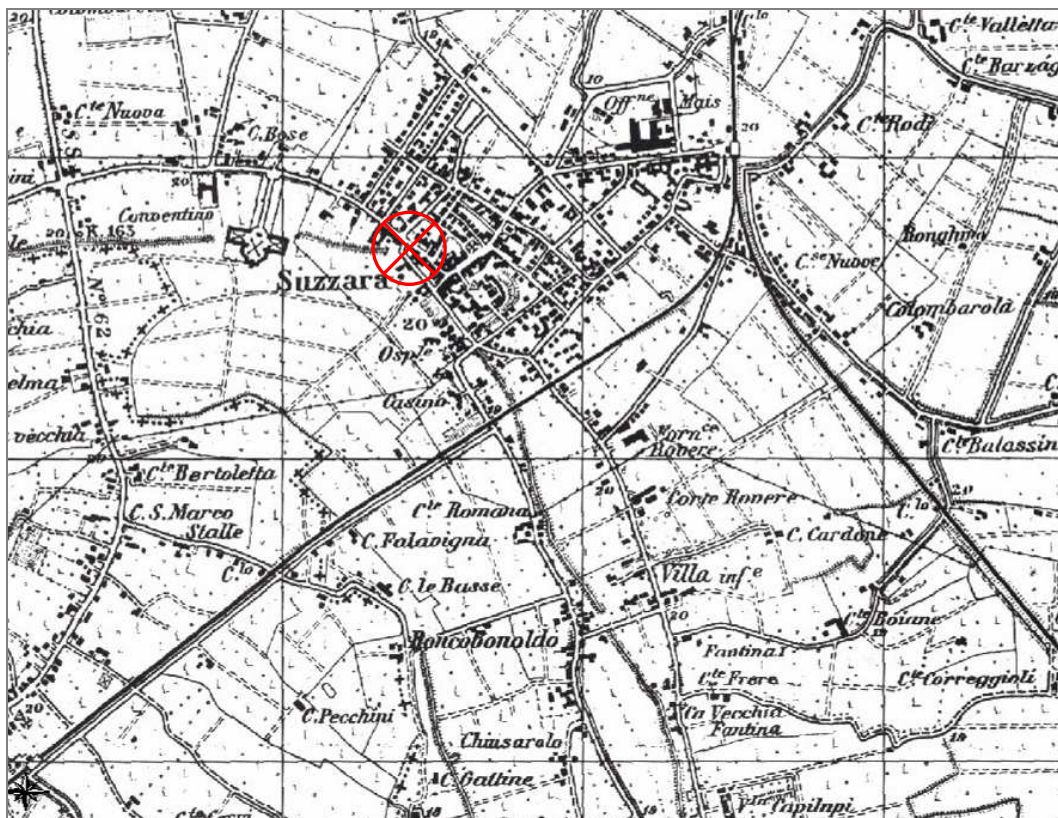


Figura 1 – Ubicazione area in studio - Estratto dalla Carta Topografica d'Italia I.G.M. – (scala 1:25.000)



La Carta Geologica d'Italia – Foglio 74 “Reggio Emilia” – descrive i litotipi affioranti come costituiti da depositi  $a_2$  – “alluvioni argillose a lenti limose della bassa Pianura, anche attualmente esondabile” (cfr. figura 2).

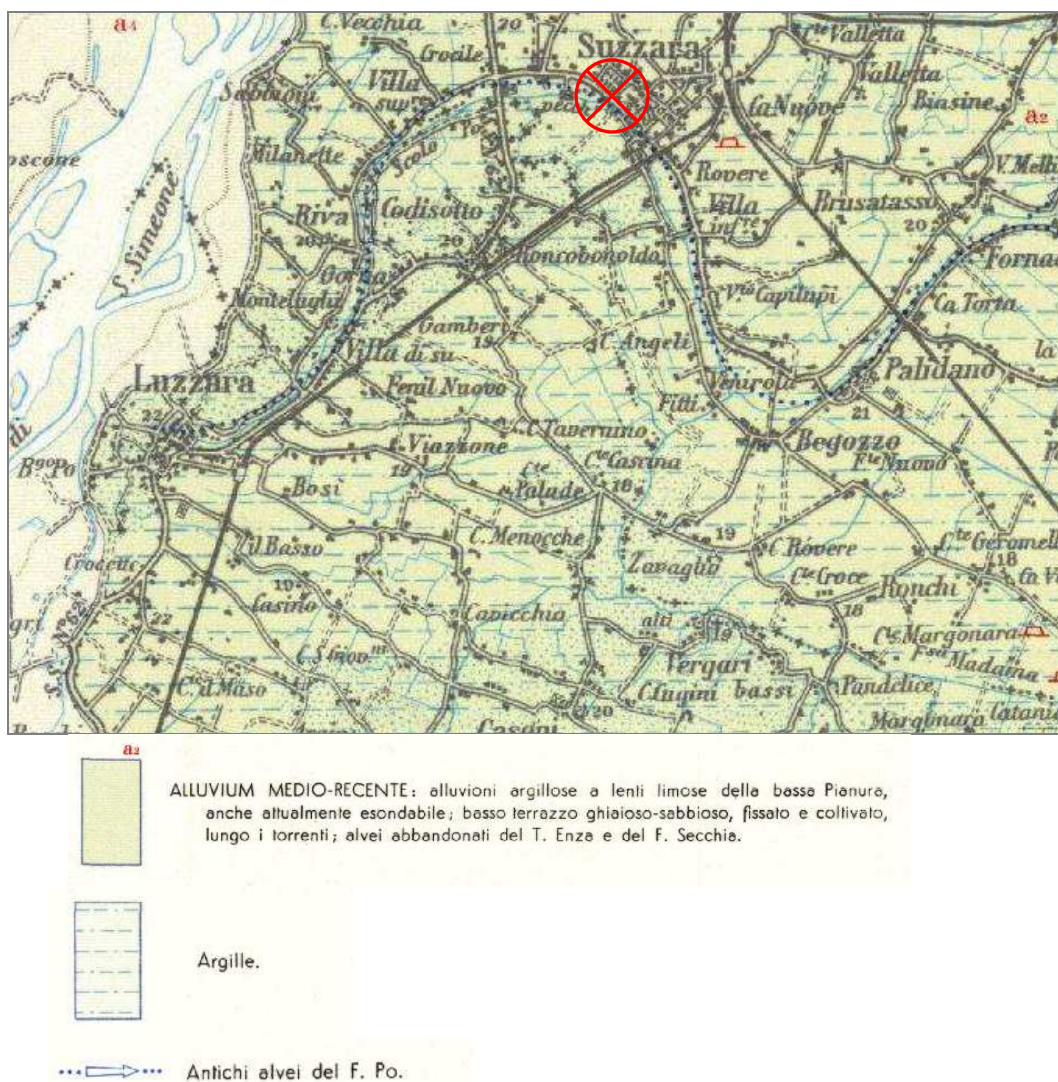


Figura 2 - Estratto dalla Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) – Foglio 74 – Reggio Emilia

## 2 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Lo studio si è articolato nei seguenti punti:

- esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 m da p.c., con posa di tubo piezometrico ( $\varnothing = 3$  " ; L = 6 m);
- realizzazione di n. 9 prove SPT (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio;
- realizzazione di n. 1 prova di permeabilità Lefranc in foro di sondaggio.

### 2.1 Sondaggio a carotaggio continuo con posa di tubo piezometrico

In data 21 marzo 2011, è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, con andamento verticale, impiegando una sonda del tipo "Fraste FS 200" montata su carro gommato 4x4 "Iveco Trakker"; accompagnata dai seguenti materiali:

- carotiere  $\varnothing = 101$  mm;
- rivestimenti  $\varnothing = 127$  mm;
- scarpe al Widia;
- cassette in plastica con coperchi.

Nel seguito viene descritta la sequenza di operazioni effettuata su ogni punto di carotaggio per il prelievo di campioni di sottosuolo in continuo:

- posizionamento della sonda sul punto di perforazione e controllo della verticalità della torre di perforazione operando sugli stabilizzatori;
- inizio della perforazione a secco, generalmente con diametro  $\varnothing = 127$  mm;
- perforazione a bassa velocità di rotazione e con approfondimenti di 20÷40 cm;
- recupero del carotiere ed estrusione della carota a secco;
- collocazione della carota all'interno di una cassetta catalogatrice, munita di scomparti da cui è possibile rilevare la profondità corrispondente alla carota estratta;
- completata ogni cassetta, il Direttore di cantiere provvede a fotografare la stessa ed a redigere la stratigrafia dei terreni campionati annotando la descrizione delle litologie attraversate.

Al termine delle operazioni di carotaggio si è provveduto alla posa di un tubo piezometrico, procedendo come segue.

- posa di tubo piezometrico  $\varnothing = 3''$  alla quota di progetto (  $L = 6$  m);
- formazione del dreno con ghiaietto calibrato in corrispondenza del tratto filtrato;
- recupero dei rivestimenti;
- sigillatura del tratto cieco con bentonite in pellets.

## **2.2 Prove SPT – Standard Penetration Test**

La prova SPT standardizzata si effettua facendo penetrare nel terreno, a percussione, una punta aperta di tipo *Raymond*, montata all'estremità di una batteria di aste cave, attraverso una massa battente di peso e altezza di caduta standardizzate.

La prova SPT consiste nel rilevare il numero di colpi (rispettivamente N1, N2 ed N3) necessari per infiggere la punta per tre tratti successivi di 15 cm ciascuno. La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dal numero di colpi richiesti per l'attraversamento degli ultimi due tratti, per complessivi 30 cm ( $N_{spt} = N2 + N3$ ).

Il dispositivo di infissione è costituito da un maglio del peso di 63,5 Kg, che cade liberamente da un'altezza di 76 cm.

È da rilevare che la prova penetrometrica dinamica viene interrotta in presenza di una delle seguenti condizioni (rifiuto):

N1 > 50 colpi

N2 + N3 > 100 colpi

La prova SPT è, allo stato attuale, la più conosciuta e la più praticata al mondo e pertanto ha trovato un vastissimo campo di applicazione in geotecnica. Il numero di colpi ottenuto per infiggere il campionatore ( $N_{spt}$ ) permette di valutare lo stato di addensamento e/o la consistenza dei depositi attraversati dal sondaggio e, quindi, mediante le opportune correlazioni esistenti, di caratterizzare geotecnicamente gli stessi. La valutazione dei parametri geotecnici può essere affinata attraverso la normalizzazione dei risultati della prova con l'introduzione di fattori correttivi che tengono conto della pressione efficace del

terreno sovrastante, del dispositivo utilizzato per la prova, della lunghezza del dispositivo di prova e delle caratteristiche del foro e del campionatore.

L'insieme di questi fattori concorre a determinare il valore dell'effettiva energia trasmessa dal maglio al campionatore e, pertanto, l'esito della prova stessa; assumendo un rendimento energetico medio dei macchinari pari al 60% e normalizzando i dati ottenuti ad un rapporto energetico standard del 60% si ricavano i valori denominati  $N_{spt 60}$ .

Nella tabelle che seguono sono riportati i risultati del numero di  $N_{spt}$  registrati alle diverse quote, normalizzati per effetto della profondità ed in rapporto al rendimento del dispositivo di misura  $(N_1)_{60}$ .

Per quanto riguarda il grado di addensamento e la coesione non drenata ( $c_u$ ) verranno utilizzate le valutazioni proposte da Terzaghi e Peck (1948).

<b>Sondaggio</b>	<b>S.P.T.</b>	<b>Profondità (m da p.c.)</b>	<b><math>N_{SPT}</math></b>	<b><math>(N_1)_{60}</math></b>	<b>Grado di addensamento e/o consistenza (Terzaghi e Peck-1948)</b>	<b><math>\phi</math> (°)</b>	<b><math>c_u</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
S1	1	3,0	2	2	molle	-	0,13
	2	6,0	5	5	mediamente compatta	-	0,33
	3	9,0	2	2	molto molle	-	0,13
	4	12,0	2	2	molto sciolta	20	-
	5	15,0	17	13	media	29	-
	6	18,0	16	11	media	28	-
	7	21,0	20	12	media	28	-
	8	24,0	20	11	media	28	-
	9	27,0	12	8	media	26	-

NB: le prove sono state eseguite con punta aperta standard (tipo Raymond)

Tabella 1

Dove:

$\Phi$  = angolo di attrito interno (Road Bridge specification)



$c_u$  = coesione non drenata (Terzaghi e Peck, 1948)

### 2.3 Prove di permeabilità

L'indagine svolta ha consentito la realizzazione di n. 1 prova di permeabilità (Lefranc) a carico variabile in foro di sondaggio, al fine di valutare il coefficiente di permeabilità (K) dei terreni.

La prova consiste nella misura della velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro di sondaggio (abbassamento o risalita) dopo averlo alterato mediante immissione o emungimento.

Sulla base di quanto espresso nelle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" - A.G.I. 1977, il valore del **coefficiente di permeabilità k**, per le prove a carico variabile, si ottiene dalla seguente formula:

$$k = \frac{A}{C_L \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Dove:

A = area di base del sondaggio;

h1 e h2 = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso, agli istanti t1 e t2;

t1 e t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2;

CL = coefficiente di forma dipendente dall'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

Nella seguente tabella si riportano i risultati delle prova eseguita.

<i>sondaggio</i>	<i>tratto di prova (m da p.c.)</i>	<i>litologia</i>	<i>k (m/s)</i>
<b>S1</b>	<b>4.2 – 4.6</b>	<b>Sabbie medie</b>	<b>6.3 * 10<sup>-5</sup></b>

Tabella 2

### **3 ANALISI DEI RISULTATI**

L'analisi dei dati stratigrafici e geotecnici ottenuti con le diverse indagini geognostiche ha permesso la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo dell'area in oggetto.

Schematizzando i risultati desunti dalle prove si può affermare quanto segue:

in superficie è presente uno strato di riporti e rimaneggiamenti costituiti prevalentemente da limi argilloso - sabbiosi;

tra le profondità di 4,0 e 6,0 m, si incontra una lente sabbiosa che ospita una falda superficiale con livello statico che si attesta a circa 2,5 m da p.c.;

a partire da 6,0 m fino alla profondità di 12,0 m sono presenti limi argillosi e argille poco consistenti;

a partire dalla profondità di 12,0 m inizia un potente strato sabbioso saturo, sciolto fino a 15 m e quindi caratterizzato da medio grado di addensamento.

#### **3.1 Parametrizzazione geotecnica del sottosuolo**

Di seguito si propone una descrizione schematica della parametrizzazione geotecnica relativa ai principali livelli litologici, sulla base delle considerazioni sopra indicate.

Le seguenti analisi tentano di fornire una modellizzazione del sottosuolo, interpretando e mediando orizzonti litologici aventi caratteristiche granulometriche, tessiturali e geotecniche simili.

<i>strato</i>	<i>Prof da m a m</i>	<i>litologia</i>	<i>Nspt</i>	<i>Cu (kg/cm2)</i>	<i>φ (°)</i>	<i>Mo (kg/cm2)</i>
<b>A</b>	0,0 -6,0	Riperti e limi con lenti sabbiose	2	0,13		12
<b>B</b>	6,0-12,0	Argille	3	0,23		21
<b>C1</b>	12,0-15,0	Sabbia sciolta	2		20	11
<b>C2</b>	15,0-30,0	Sabbia media	17		28	66

Tabella 3

Dove:

$N_{spt} = N$  colpi

$c_u$  = coesione non drenata

$\phi$  = angolo di attrito interno (Road Bridge Specification)

$M_o$  = modulo edometrico

### 3.2 Valutazione della categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

La normativa antisismica nazionale classifica i terreni ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto in 5 categorie principali (dalla A alla E) a cui ne sono aggiunte altre 2 (S1 ed S2 per le quali sono richiesti studi speciali per definire l'azione sismica da considerare), sulla base del parametro  $V_{s30}$  che rappresenta la velocità delle onde S riferita a 30m di profondità e calcolata mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1}^N h_i / V_i$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

La proposta della nuova normativa conclude che il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  se disponibile, altrimenti sulla base del valore di  $N_{spt}$ .

Nel nostro caso il profilo stratigrafico di progetto viene definito sulla base delle prove SPT eseguite nel sondaggio, i cui risultati sono descritti nei precedenti

paragrafi; analizzando i valori medi di N<sub>spt</sub> condotti sulla verticale di indagine si ottengono i seguenti valori:

Sondaggio	Valori medi di N <sub>spt</sub> nei primi 30 m di sondaggio
<b>S1</b>	<b>11</b>

Tabella 4

Secondo i risultati sopra riportati è possibile attribuire i terreni indagati alla seguente categoria di sottosuolo:

**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  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT} < 15$  nei terreni agrana grossa e  $c_{u30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).**

Verranno ora analizzati i valori di  $V_{s30}$  ottenuti applicando la relazione di Otha & Goto (1978), relazione direttamente legata ai valori di N<sub>spt</sub>.

La relazione di Otha & Goto (1978) si basa sulla formula:

$$V_s = 54,33 \cdot (N_{spt})^{0,173} \cdot (z/0,303)^{0,193} \cdot \alpha \cdot \beta \quad (\text{m/s})$$

Dove si ha:

$z$  = profondità dal piano campagna (m)

$\alpha$  = coefficiente dipendente dall'età geologica del deposito, pari a:

olocene = 1

pleistocene = 1,3

$\beta$  = coefficiente dipendente dalla composizione granulometrica, pari a:

limi e argille = 1

sabbie = 1,09

sabbie e ghiaie = 1,19

I depositi in studio sono considerati depositi alluvionali afferibili al Olocene ( $\alpha = 1$ );

Sondaggio	Profondità SPT	$N_{spt_1}$	$V_s$ m/s (Otha e Goto '78)
<b>S1</b>	3,0 m	2	<b>95</b>
	6,0 m	5	<b>128</b>
	9,0 m	2	<b>118</b>
	12,0 m	2	<b>136</b>
	15,0 m	16	<b>203</b>
	18,0 m	16	<b>209</b>
	21,0 m	18	<b>220</b>
	24,0 m	18	<b>226</b>
	27,0 m	12	<b>217</b>

Tabella 5

Analizzando i dati contenuti nella tabella 5, si può considerare che i valori medi delle VS nelle diverse verticali d'indagine valgono:

$$\mathbf{S1 \quad VS = 172 \text{ m/s}}$$

Sulla base di tali valori di  $V_{s30}$ , è possibile attribuire i terreni indagati alla seguente categoria di sottosuolo:

**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  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).**

Tale categoria di sottosuolo, coincide con quella emersa dalle prove  $N_{spt}$ .

Per quanto riguarda le **condizioni topografiche** del sito, per configurazioni superficiali semplici, si può adottare la seguente classificazione:



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 $i > 30^\circ$

Figura 3: tabella 3.2.IV Norme tecniche per le costruzioni: categorie topografiche

In base a tale classificazione, si può affermare che i luoghi in esame ricadono entro la **categoria T1**.

### 3.3 Azione sismica

Sulla base delle mappe interattive dell'INGV richiamate dal D.M. 14 Gennaio 2008 l'area in esame è inseribile nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale  $a_g$  riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s compreso tra **0,075g e 0,100g** (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50°percentile).

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito di intervento, in riferimento ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ( $T_r = 475$  anni), il calcolo eseguito con il programma "Spettri di risposta – ver. 1.0.3" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, mediante interpolazione per media ponderata, individua la pericolosità sismica del sito di intervento con un valore di  $a_g$  riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30} > 800$  m/s pari a **0,094 g**.

Nel seguito si riportano le coordinate di un punto compreso nel lotto in oggetto, in base alle quali si è calcolato il valore dell'azione sismica espressa in termini di accelerazione massima attesa ag.

<b>Latitudine sito</b>	<b>44,99145</b>
<b>Longitudine sito</b>	<b>10,74248</b>

*Tabella 6: coordinate sito d'intervento- sistema wgs 84*

Sarà compito del progettista strutturale scegliere i parametri da utilizzare nei calcoli in funzione della "Strategia di progettazione" adottata una volta definita la Vita Nominale, la Classe d'uso ed il Periodo di Riferimento assegnate alla struttura.

#### **4 ALLEGATI**

**All. 1: Ubicazioni indagini**

**All. 2: Stratigrafia del sondaggio**

**All. 3: Tabella prova di permeabilità**

**All. 4: Documentazione fotografica**