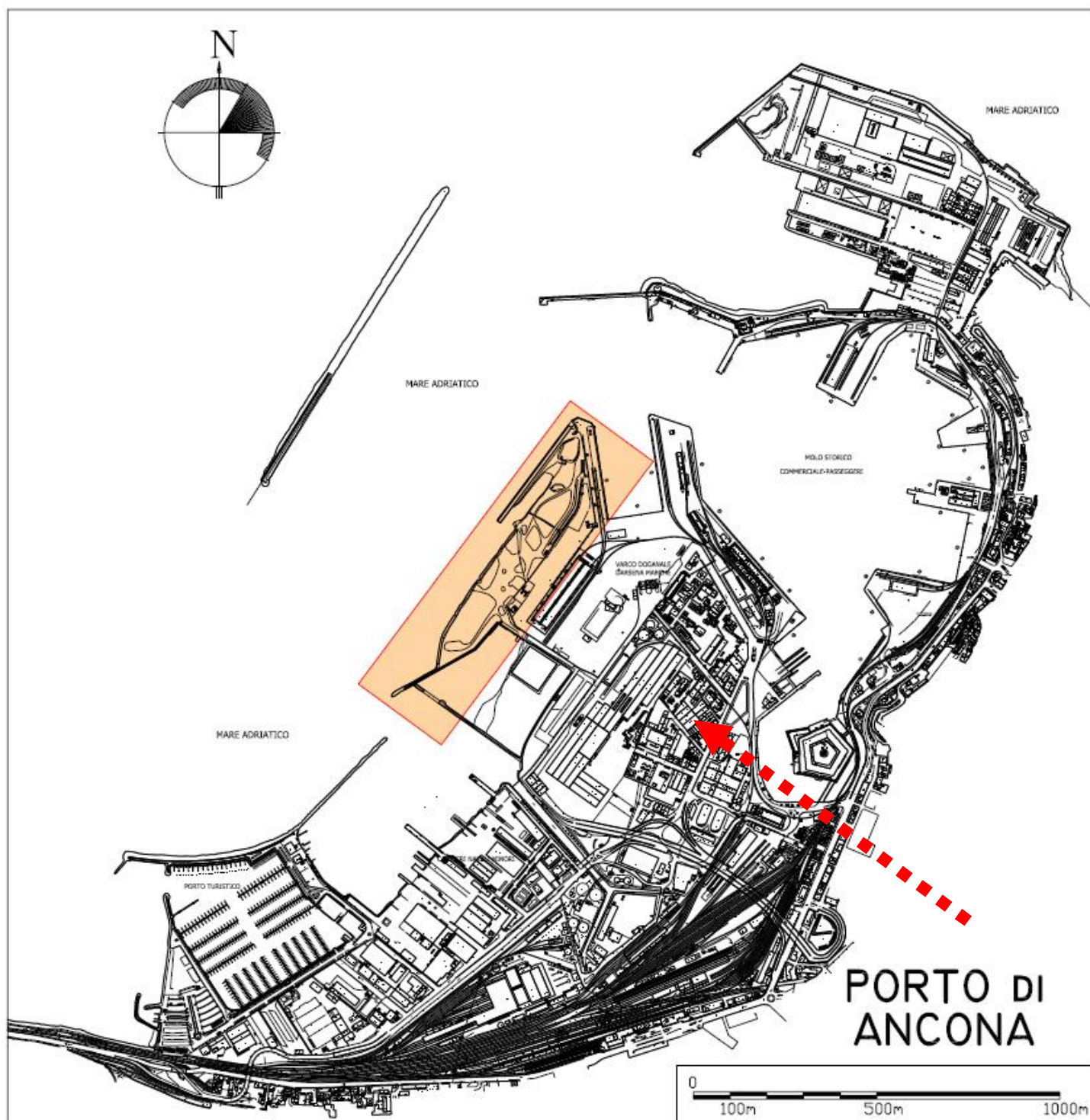


<b>RISTRUTTURAZIONE CON AMPLIAMENTO VOLUMETRICO DI EDIFICIO</b>	<b>LOCALITA':</b> <b>VIA EINAUDI 16 - AREA ZIPA</b> <b>COMUNE:</b> <b>A N C O N A</b>
<b>COMMITTENTE:</b>  <b>C P N s.r.l.</b>	<b>STUDIO GEOLOGICO</b>  <b>Dott. Geol. FRANCO CHIELLI</b>
<b>PROGETTISTA:</b>  <b>Dott. Ing. PAOLO ZOPPI</b>	
<b>RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA</b>	
<b>Dott. Geol. Franco Chielli ó Via I° Maggio 25a ó 60131 Ancona ó cell. 335 5203103 ó e.mail: franco.chielli@gmail.com</b>	



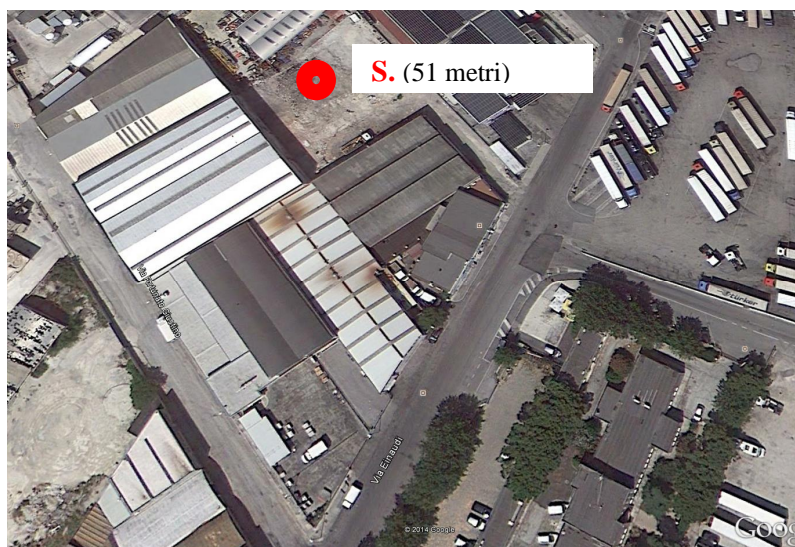
## PREMESSA

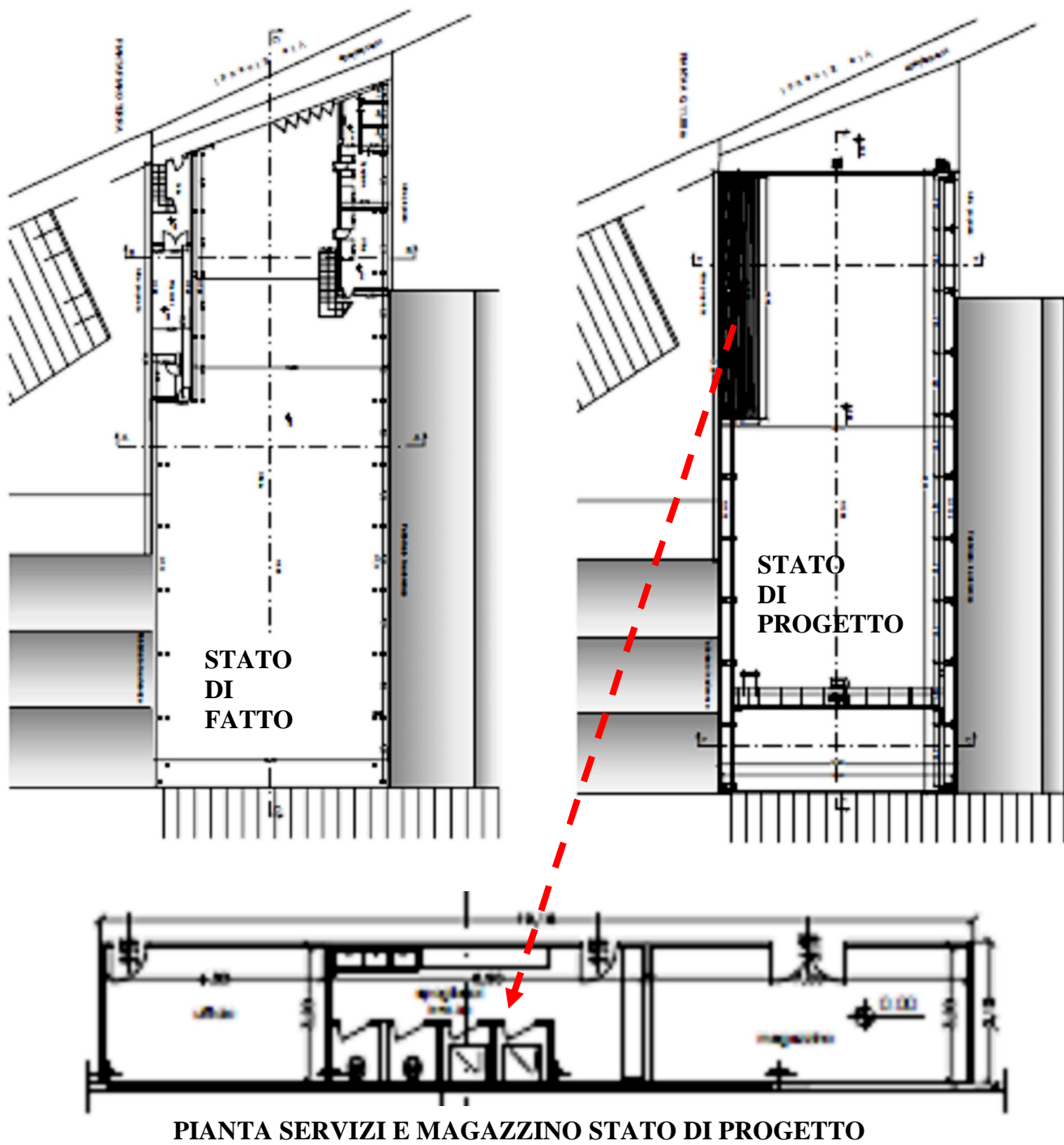
Il progetto a cui questa indagine viene indirizzata consiste nella ristrutturazione di un capannone industriale da utilizzare come laboratorio per la lavorazione di materiali ferrosi nell'ambito dei cantieri navali nell'area Zipa (area portuale) nel Comune di Ancona.

L'area produttiva portuale si è sviluppata a partire dagli anni 60 mediante il riempimento della zona costiera che va dalla Palombella (villa Barducci) alla stazione FF.SS., è facile intuire che, spostandosi verso il mare, aumenta l'entità del riempimento costituito da materiale di scarto che non permette di essere utilizzato come terreno di fondazione.

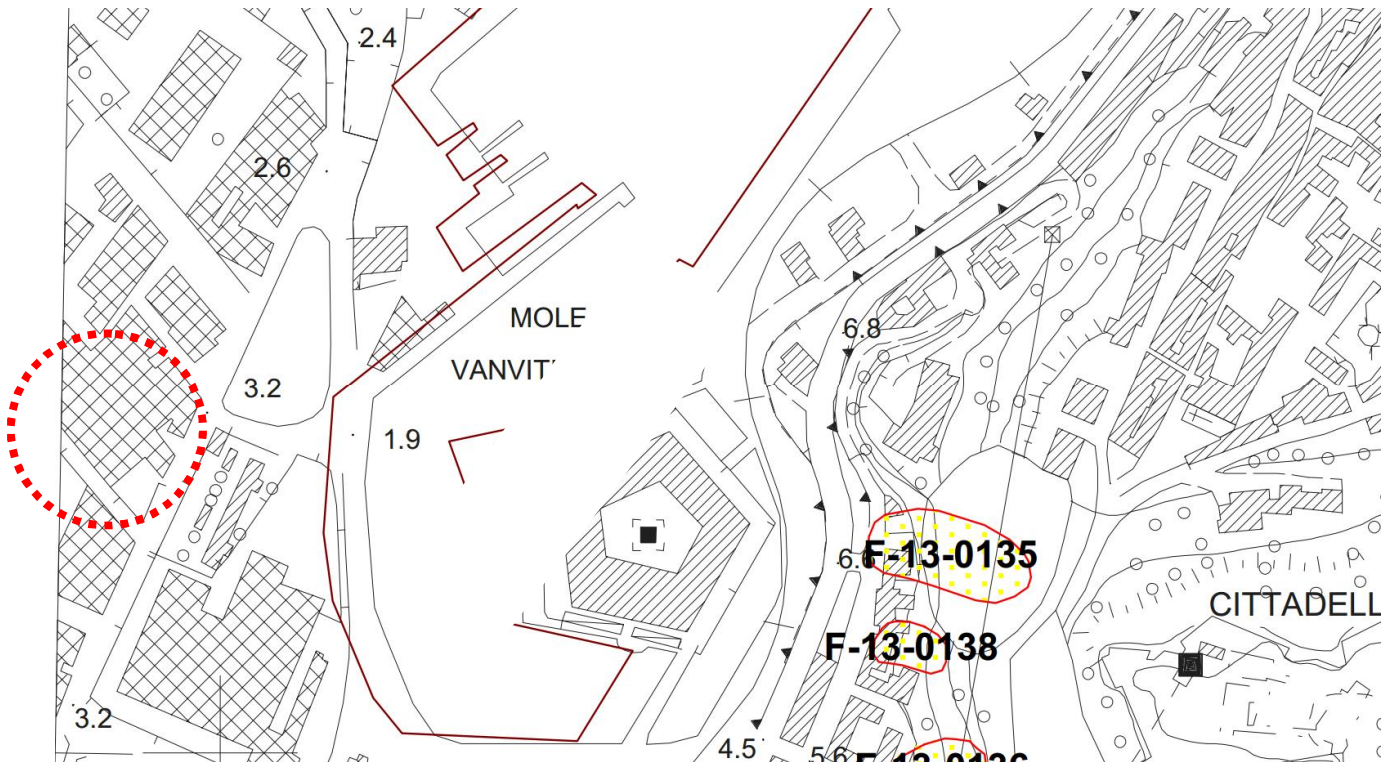
Nell'area indagata la potenza di tale materiale è di circa 6 metri, immerso in acqua salmastra maleodorante.

L'area è già occupata da uno stabilimento che verrà completamente redistribuito.













In base al PAI (*Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico*)  
l'area non viene elencata tra quelle a rischio e/o pericolosità.



Aree a rischio frana  
(Codice F-xx-yyyy)

-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione  
(Codice E-xx-yyyy)

-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)

## **MORFOLOGIA GEOLOGIA LITOLOGIA**

L'inquadramento geologico dell'area in questione è stato ottenuto mediante:

- la rilettura delle campagne effettuate nel maggio del 1996 e nel maggio 2013 che hanno previsto perforazioni meccaniche a carotaggio continuo finalizzate alla determinazione degli orizzonti litici ed al reperimento di campioni da analizzare, finalizzate alla realizzazione degli stabilimenti posti a diretto contatto con quello dell'attuale studio.

La morfologia del fronte marino è caratterizzata dalla presenza di potenti coste con alte acclività (Palombella, Capodimonte, Guasco-San Pietro) giustificate soprattutto sia dal tipo litologico (con buone caratteristiche geotecniche) che dalla giacitura a reggipoggio, fatta eccezione del versante del Montagnolo che incombe sulla Palombella.

Questi versanti sono interrotti da incisioni vallive circa normali alla linea di costa (la valle del Miano, la valle Panocchiara, la valle del Triponzio) che hanno prodotto potenti terrazzi alluvionali subpianeggianti in prossimità del mare.

L'idrografia del sottosuolo è legata alle antiche vallecicole (di origine tettonica) oggi colmate da materiale alluvionale limo-argilloso: la valle del Fosso Canocchio confluyente con il Fosso del Miano, il Fosso del Triponzio confluyente nella valle Panocchiara. La presenza idrica è limitata quindi alla circolazione all'interno dei depositi che trovano come letto impermeabile la formazione argillosa di base.

La geologia locale è legata alla geologia dell'anconetano e principalmente a due delle forme principali che la caratterizzano: la brachianticlinale di Ancona e la sinclinale di Tavernelle.

Le litologie quindi che rappresentano il substrato, anche immerso, della zona portuale sono il proseguimento degli affioramenti litologici delle due forme:

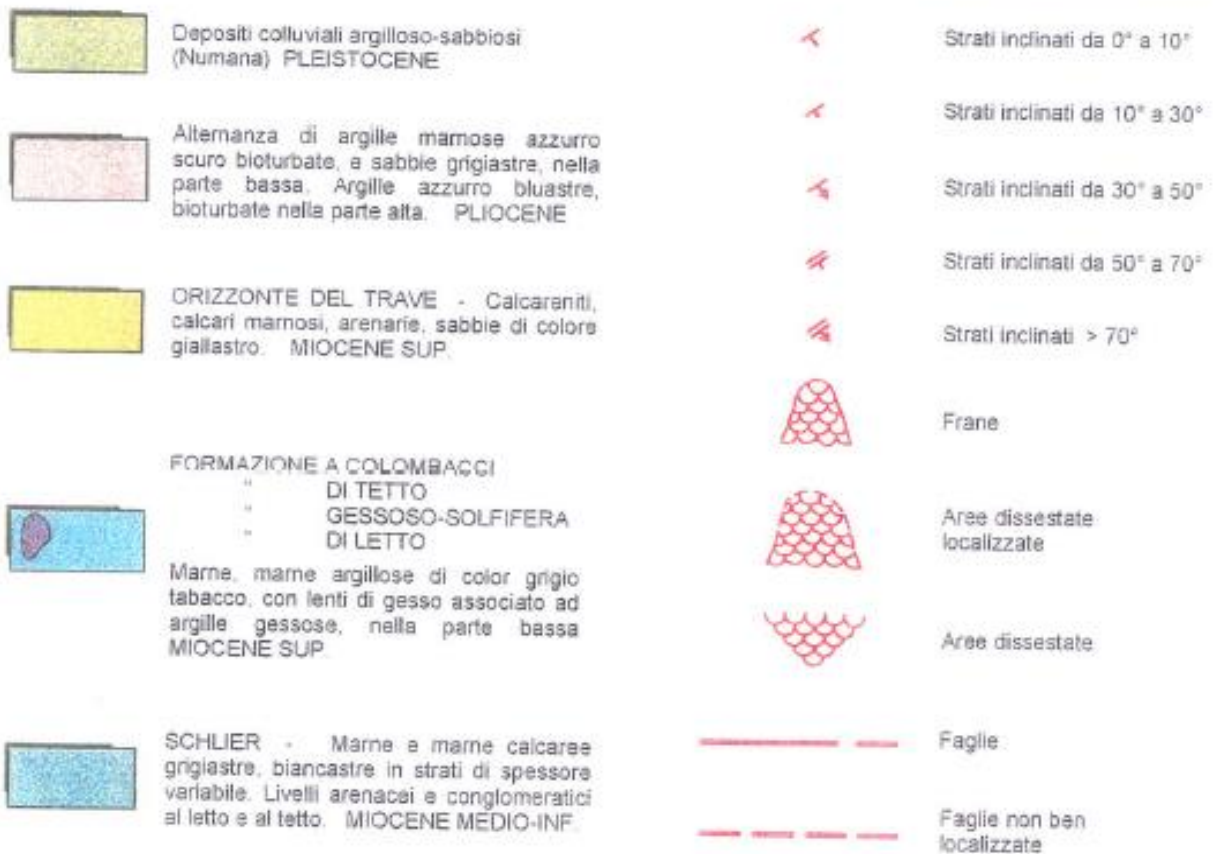
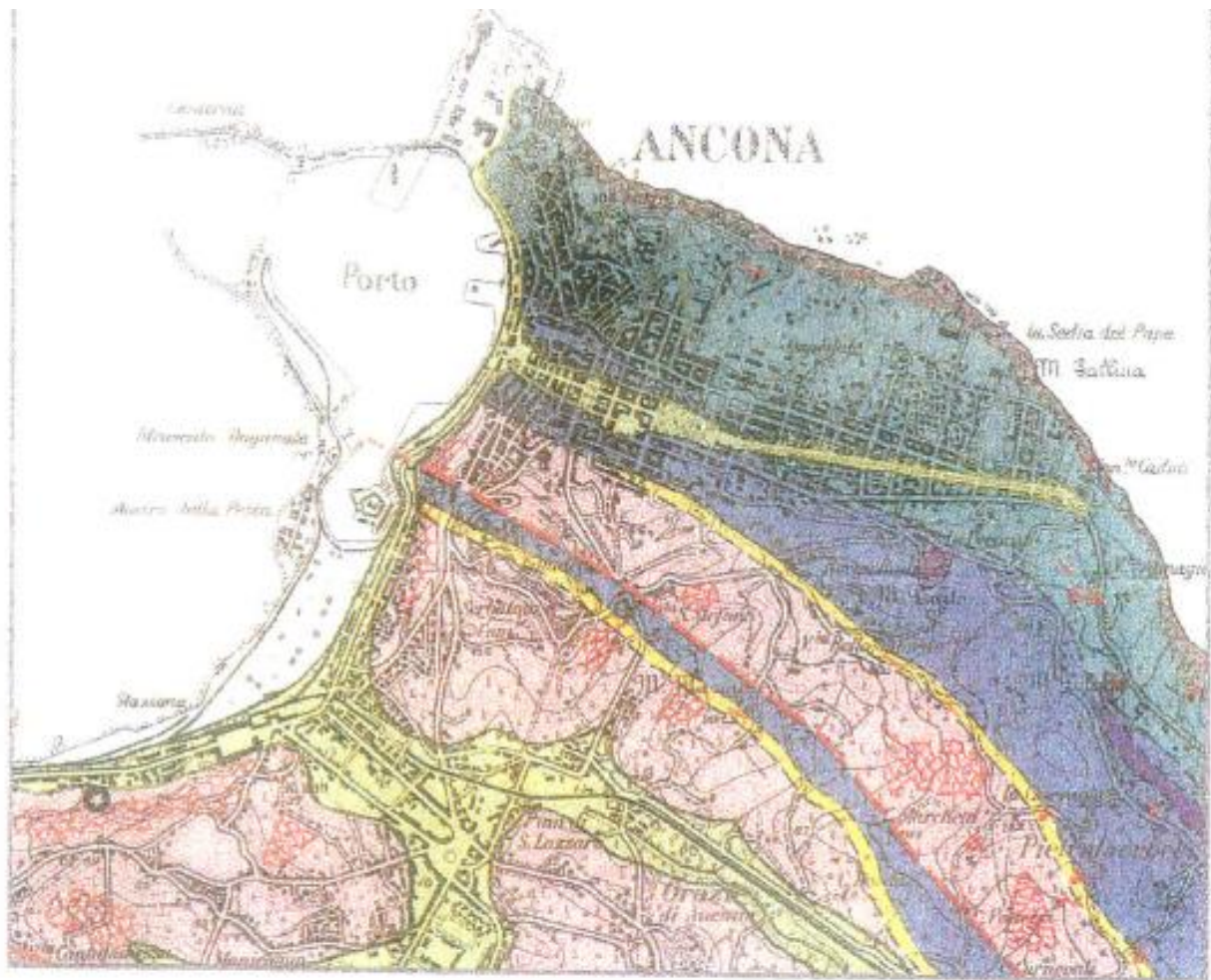
- la formazione dello Schlier dalla parte nord-orientale del porto alle rupi del Passetto
- la formazione Messiniana che lambisce la Mole Vanvitelliana (il Lazzaretto);
- la formazione pliocenica nella parte prospiciente la Palombella fino al Lazzaretto.

L'area di studio è ubicata ai limiti nord-orientali di questa ultima zona.

La letteratura esistente definisce l'assetto geologico strutturale dell'anconetano caratterizzato da sistemi di pieghe con direzione NW ó SE interessate da più sistemi di faglie sia paralleli che trasversali agli assi delle pieghe, coeve alla fase tettonica di formazione delle stesse. Tutta l'area anconetana può essere divisa in due successioni litostratigrafiche, la prima si sviluppa ad oriente, la seconda ad occidente ed è costituita prevalentemente da terreni Pleistocenici argillo marnosi e sabbiosi poggianti in discordanza angolare sulla prima successione mesopliocenica.

L'area della ZIPA è situata ad oriente della linea di separazione tra le due successioni, infatti sono presenti solo affioramenti della prima.

Strutturalmente la zona fa parte del sistema a pieghe con direzione NW ó SE di seguito elencate: monoclinale di Ancona, sinclinale di Tavernelle, anticlinale di Varano, anticlinale di M. Conero. Linee di faglia circa parallele tra di loro mettono a contatto i terreni mesopliocenici con i postpliocenici. Localmente, spostandosi dal settore orientale (monoclinale di Ancona) a quello occidentale, troviamo lo Schlier, la formazione Messiniana e il Pliocene Inferiore.



## INDAGINE INTROSPETTIVA

Viene riportato integralmente quanto riscontrato nella campagna del 2013: *l'indagine introspettiva, rivisitato sia lo studio svolto dallo scrivente per la realizzazione dello stabilimento esistente, che degli innumerevoli studi fatti nell'area portuale, si sono eseguiti tre carotaggi di cui uno spinto fino a 51 metri di profondità, finalizzati anche alla individuazione di potenziali falde idriche delle quali se ne renderà spiegazione più avanti, oltre ad una prova geofisica mediante una prospezione sismica passiva per la stima delle onde Vs30. La sequenza litologica viene così descritta dall'alto verso il basso:*

- a ó dal p.c. per circa 6 metri terreno di riporto a matrice prevalentemente limo-argillosa mista a ciottoli e residui di laterizi e avanzi organici;*
- b ó da 6 metri a 14 metri, sabbie grigiastre dell'antica spiaggia, molto inquinate nella parte superiore;*
- c - a 14 metri circa affiora la formazione delle argille azzurre intercalate a livelli di sabbia grigia stratificata (da 18 a 21 metri e a 40 metri) omogenea per tutta la profondità indagata.*

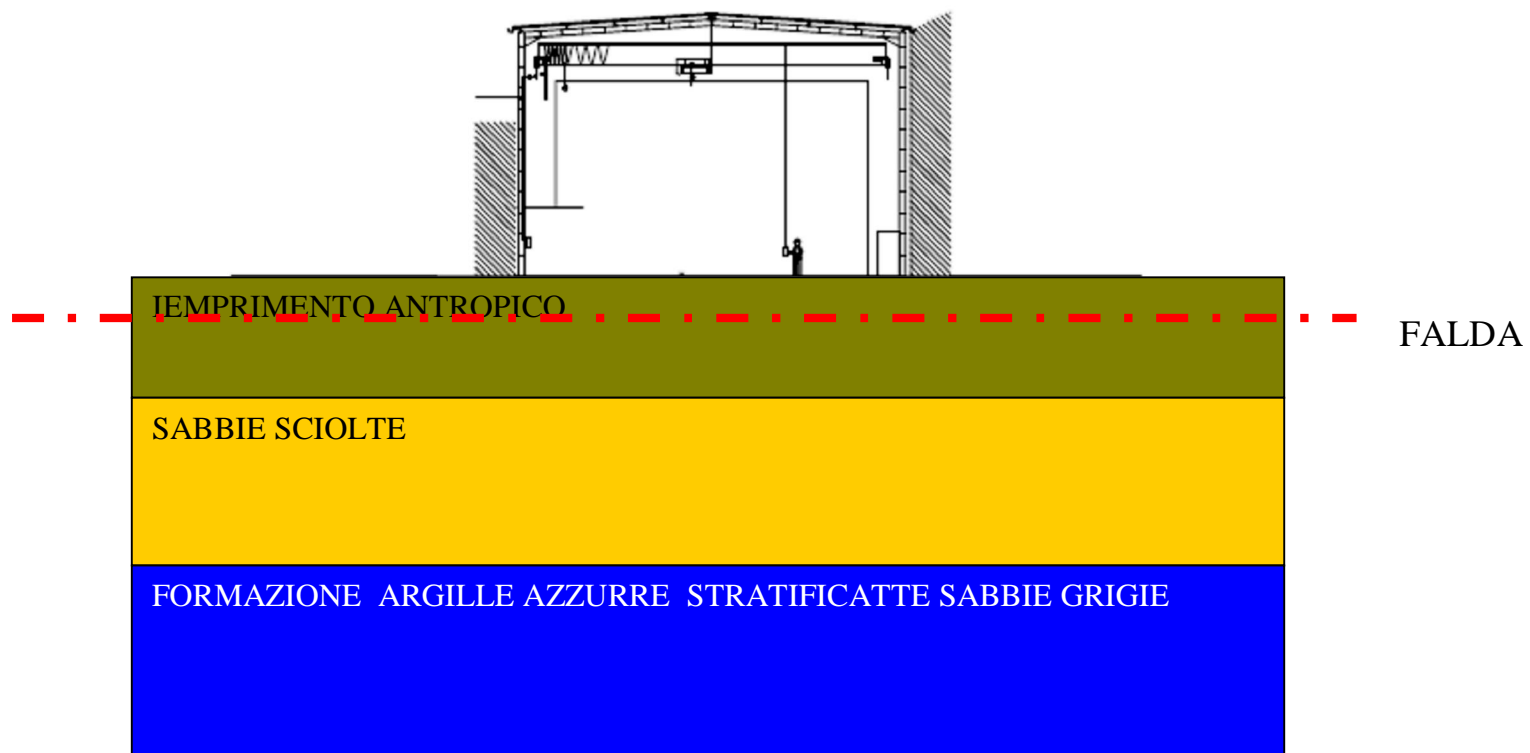
*I tre carotaggi sono stati attrezzati con tre tubi piezometrici per il controllo delle tre potenziali falde presenti, il primo all'interno del riempimento antropico (6 metri), il secondo all'interno delle sabbie del fondo marino precedente al riempimento (14 metri di cui i primi sei metri con tubo cieco e gli ultimi 8 metri forato), il terzo all'interno delle argille della formazione di base (51 metri di cui i primi 14 metri con tubo cieco e i successivi 37 metri forato).*

*Di seguito viene riportata la scheda della colonna stratigrafica.*

COMMITTENTE: Edilsystem				foro m 0.1	SONDAGGIO N. 1				
RIF. LAVORO: Ricerca idrica per nuovo stabulario COPECO				■ Rotazione	Data 13/05/2013				
Stratigrafia scala 1:100	Quote dal p.c. Metri	Spes- sore metri	CLASSIFICAZIONE GEO-LITOLOGICA	Vane test Kg/cm qu	2	Pocket pen. Kg/cm qu	Camp. <input type="checkbox"/> Ind. <input type="checkbox"/> Rim.	Pie- zom- etro	S P T
1	0.60		Pavimentazione in cls.	1					
2			Terreno di riporto antropico costituito da ghiaio eterogeneo in matrice limosa a tratti di colore scuro. Da circa -3.00 m aumenta la percentuale in limo. Sedimento plastico. Da -5.00 m colore verdastro.	1.5					
3				2					
4				2.5					
5				3					
6				3.5					
7				4					
8	6.40		Sabbia limosa grigio scuro e verde scuro. Piccolo livelli di circa 10 cm di limo a -7.00 m, 7.30 m, 7.50 m. Fino a circa 9.40 m caratteristico odore di ammoniac.	4.5					
9				5					
10				5.5					
11				6					
12				6.5					
13				7					
14				7.5					
15				8					
16				8.5					
17				9					
18			9.5						
19			10						
20			10.5						
21			11						
22			11.5						
23			12						
24			12.5						
25			13						
26			13.5						
27			14						
28	14.0		Formazione in posto Pliocenica costituita da argille marnose debolmente sabbiose con veli di sabbia grigia scuro. Ben evidente la struttura con laminazioni. Da circa -18.00 m a -20.40 m livello di sabbia limosa. Poi fino a 24 m argilla marnosa.  Da -24.00 m il sondaggio è proseguito a distruzione di nucleo con tricono.	14.5					
29				15					
30				15.5					
31				16					
32				16.5					
33				17					
34				17.5					
35				18					
36				18.5					
37				19					
38			19.5						
39			20						
40			20.5						
41			21						
42			21.5						
43			22						
44			22.5						
45			23						
46			23.5						
47			24						
48	20.4		24.5						
49			25						
50	24.0								



## SEZIONE GEOLOGICA



## CARATTERISTICHE FISICHE

L'analisi geotecnica è stata finalizzata alla scelta del tipo di fondazione in relazione allo stato geologico generale, alle caratteristiche dei litotipi riscontrati, allo stato di fatto ed alle previsioni progettuali: analisi del sistema che implica una sinergica azione multidisciplinare.

Secondo Casagrande il terreno preso in considerazione, le argille azzurre della formazione, possono essere annoverate tra le terre inorganiche di alta compressibilità.

In sintesi le caratteristiche geotecniche possono essere così riassunte:

### Argille azzurre ó formazione

- peso dell'unità di volume	$\gamma_{\phi} = 2.03 \text{ t/m}^3$
- angolo di resistenza al taglio	$\phi_{\phi} = 24.20$
- coesione intercetta	$c_{\phi} = 0.22 \text{ Kg/cm}^2$
- coesione apparente	$C_u = 2.65 \text{ Kg/cm}^2$
- limite liquido	$LL = 60.5 \%$
- indice plastico	$I_p = 27.5 \%$

### Sabbie sciolte dell'antica spiaggia

- peso dell'unità di volume	$\gamma_{\phi_{mm.}} = 1.0 \text{ t/m}^3$
- angolo di resistenza al taglio	$\phi_{\phi} = 30$
- coesione intercetta	$c_{\phi} = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$

## **FONDAZIONI**

Verificata:

- la scarsa consistenza del riempimento antropico con vuoti e materiale organico;
- la presenza di acqua già a circa 2 metri dal p.c.;
- il tipo di fondazione su pali trivellati utilizzato per l'esistente;

si esclude la possibilità di fondazioni superficiali e di ricorrere quindi a fondazioni profonde spinte, a superare le sabbie, intestate sulle argille azzurre a 14 metri di profondità.

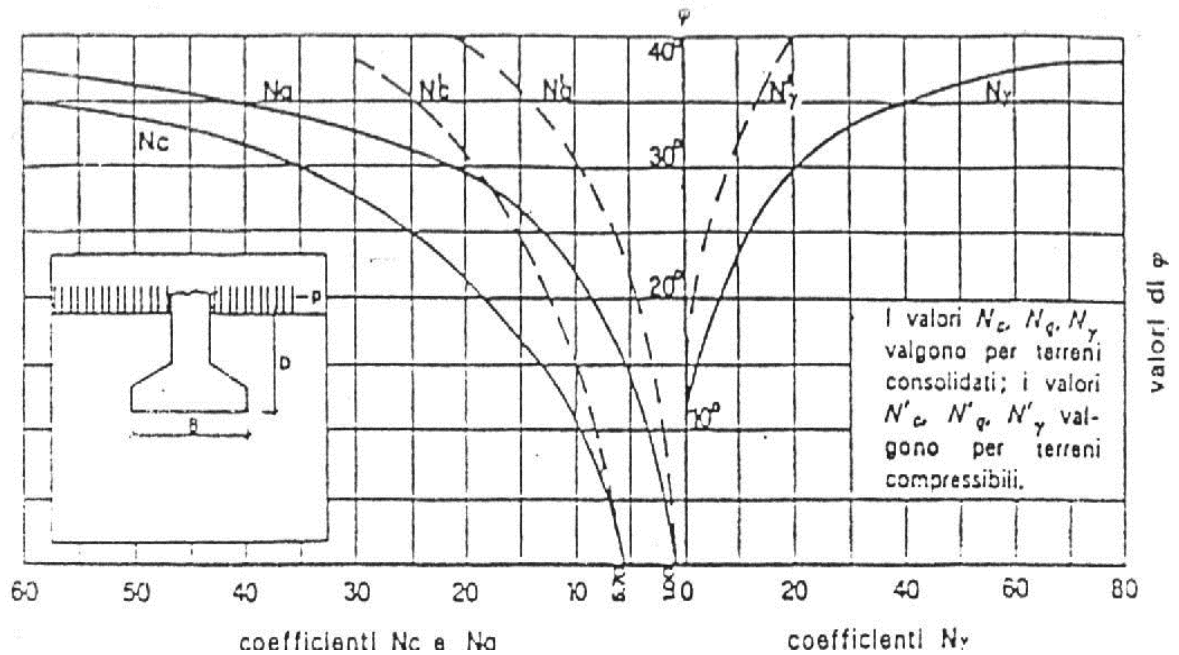
Considerata l'impossibilità, a causa dei manufatti presenti, dell'uso dei pali infissi prefabbricati tipo Scac o a lamierino a perdere tipo Lacor o a recupero di camicia tipo Vip, è necessario ricorrere a pali trivellati incamiciati fino al superamento del riporto ó sabbie.

Si consigliano;

- pali di diametro non inferiore a 60 cm;
- lunghezza del palo tale da essere intestato entro le argille azzurre;
- palo gravante su terreno coerente con  $\gamma_{\phi} = 2.03 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi = 24.20$ ;
- si ritiene nulla la portanza per attrito laterale relativamente alla parte di fusto immersa entro la porzione eterogenea del terreno di riporto.

Di seguito viene riportato il calcolo della portanza limite, a lungo termine (  $C = 0 \text{ t/m}^2$  ), di un palo isolato, lunghezze e diametri sono tra i più probabili utilizzabili. Il calcolo è stato condotto in base alla relazione:

$$P_t = P_b + P_l$$



$$P_b = A_b \cdot \gamma \cdot h \cdot N_q = A_b \cdot 2.03 \cdot h \cdot 12$$

L'apporto della Pl viene ridotta alla porzione di palo intestata nelle sabbie e nelle argille.

$$P_l = A_l \cdot (1 + h/2) \cdot \gamma_i \cdot \tan \varphi = A_l \cdot (1 + h/2) \cdot 1.4 \cdot 0.45$$

D	H	A <sub>b</sub>	A <sub>l</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>l</sub>	P <sub>t</sub>
500	14	02	22	68	79	147
600	14	028	26	95	93	188
800	14	0.5	35	170	126	296

## CEDIMENTO DEI PALI

Il calcolo del cedimento del singolo palo viene effettuato mediante la formula:

$$W = \frac{Q}{D * Et} * I$$

dove:

- W = cedimento
- Q = carico sul palo(60 t)
- D = diametro del palo(50 cm)
- Et = modulo edometrico del terreno(250 Kg/cm<sup>2</sup>)
- Ep = modulo di Joung del palo (250.000 Kg/cm<sup>2</sup>)
- I = coefficiente di influenza in f(K)

$$K = \frac{Ep}{Et}$$

Il cedimento di un palo con D =500 mm ed H = 9 m caricato con 60 t, è:

$$W = \frac{60.000}{50 * 250} * 0.11 = 0.5 \text{ cm}$$

COEFFICIENTE DI INFLUENZA PER IL CALCOLO DEL CEDIMENTO DI UN PALO IN UN SEMISPAZIO ELASTICO -  $\nu_s = 0.5$

K L/D	10	100	1000	10000	100000
1	0.522	0.470	0.463	0.463	0.463
2	0.443	0.363	0.353	0.352	0.351
5	0.373	0.242	0.221	0.219	0.218
10	0.346	0.182	0.147	0.142	0.142
25	0.305	0.146	0.085	0.076	0.075
50	0.259	0.132	0.062	0.046	0.044
100	0.205	0.115	0.052	0.029	0.026
200	0.154	0.097	0.047	0.021	0.015

## COEFFICIENTE DI REAZIONE ORIZZONTALE

La valutazione del coefficiente di reazione orizzontale viene utilizzata la seguente espressione:

$$K_h = \frac{E}{D * (1 + n^2)} * \left( \frac{E * D^4}{E_p * J} \right)^{1/12}$$

dove:

E = modulo edometrico del terreno (250 Kg/cm<sup>2</sup>)

n = coefficiente di Poisson (0.3 ó 0.5)

D = diametro del palo (50 cm)

E<sub>p</sub> = modulo elastico del calcestruzzo ( 250.000 Kg/cm<sup>2</sup>)

J = momento di inerzia palo (  $\pi D^4 / 64$  ) (cm<sup>4</sup>)

$$K_h = \frac{250}{50 * (1 + 0.3^2)} * \left( \frac{250 * 6.250.000}{250.000 * 306.640} \right)^{1/12}$$

$$K_h = 5.49 * (0.20)^{1/12} = 5.49 * 0.87 = 4.77 \text{ Kg/cm}^3$$

**TECNOSONDAGGI  
DI BRUGIAPAGLIA CLAUDIO**  
VIA ABBADIA 39 – OSIMO 60027 – ANCONA  
TEL/FAX 071 781840 – CELL. 335 6686573  
P.I. 01511970426 – WWW.TECNOSONDAGGI.IT

**Vs30 DM 14-01-2008**

**PORTO DI ANCONA**

**INDAGINE SISMICA**  
PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA – METODO HVSR

OSIMO, maggio 2013

## 1 PREMESSA

Il giorno 14 MAGGIO 2013, su committenza della Edilsistem srl e sotto la direzione tecnica del Dott. Geol. Franco Chielli, si è eseguita un'indagine geofisica mediante una Prospezione Sismica Passiva – METODO HVSR per il calcolo delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima della Velocità delle onde Vs30.

## 2 INDAGINE EFFETTUATA

Nel caso in esame la strumentazione è composta da:

- sismografo EEG BR24 24 canali
- Geofono triassiale;

## 3 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA – METODO HVSR

La metodologia sismica HVSR misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato *microtremore* in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato *artificialmente*, come nelle energizzazione della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni all'aumentare della frequenza che sono dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza ( $F$ ) dello strato di terreno  $n$  è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4h$$

in cui  $V_s$  è la velocità media delle onde  $S$  nello strato  $N$  ed  $h$  è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $h$  degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde  $S$  nei singoli strati.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  come riportato nella seguente tabella:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{60(1,30)} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u(30)} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{60(1,30)} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u(30)} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{60(1,30)} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u(30)} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottomuli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).

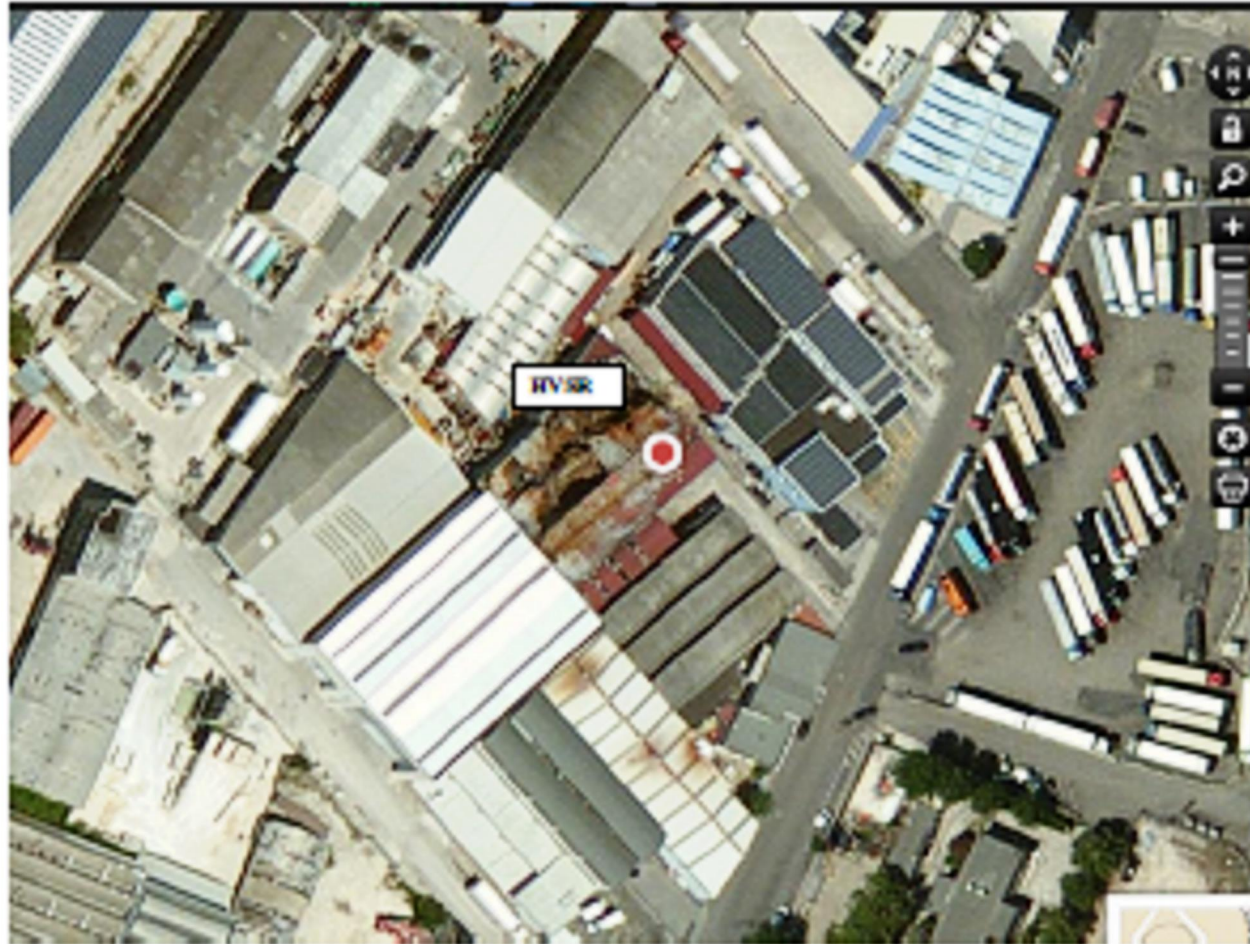
Oltre a queste sono riconosciute ulteriori due categorie di suolo:

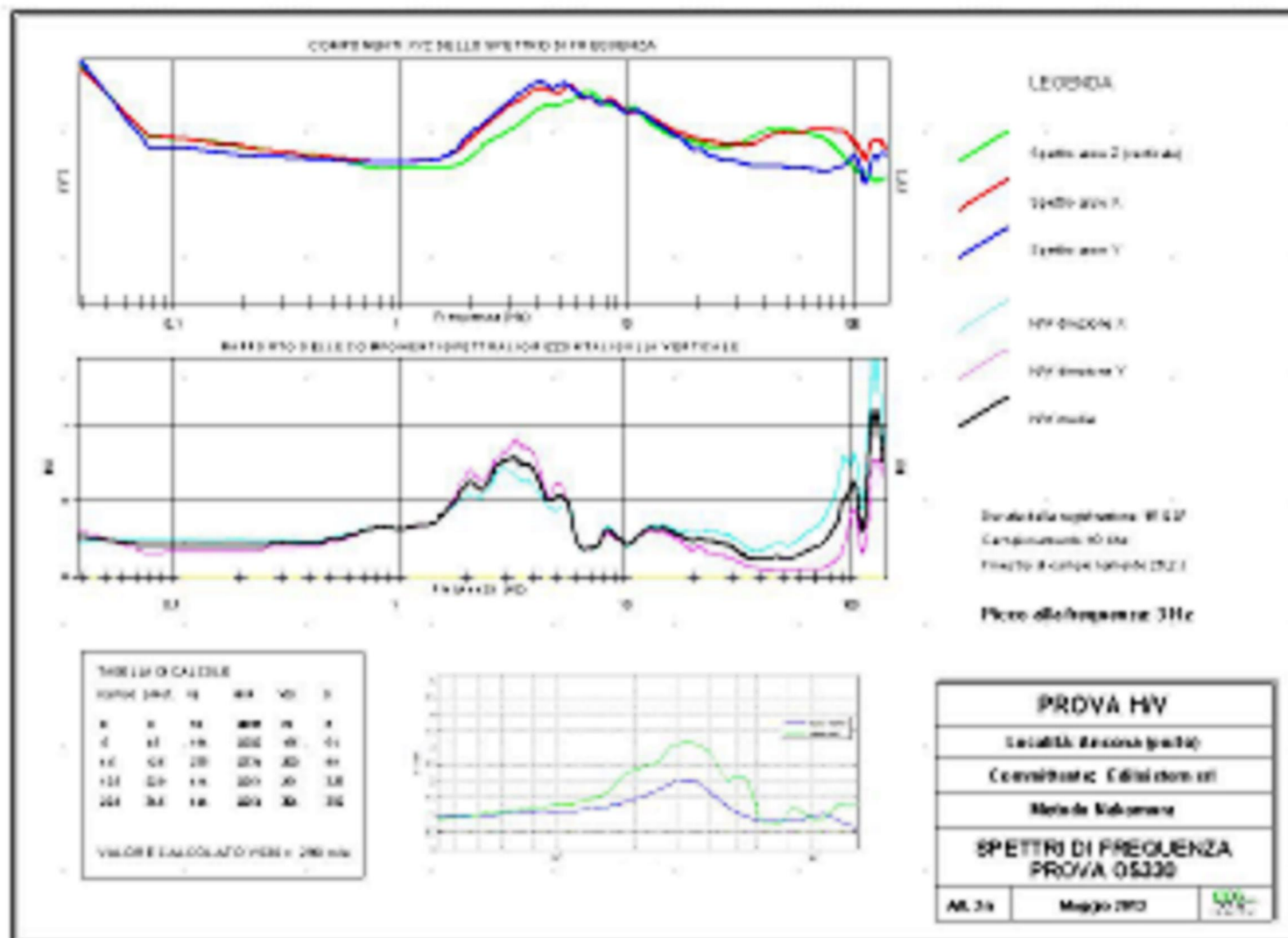
- S1 – Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  kPa).
- S2 – Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità calcolata è:

$$V_{s30} = 290 \text{ m/sec}$$

**PLANIMETRIA**





**COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA**

Nel caso in esame si può attribuire la categoria topografica T1.

**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 $i > 30^\circ$

**INVARIANZA IDRAULICA  
DELLE TRASFORMAZIONI URBANISTICHE**  
LEGGE REGIONALE N. 22 / 2011

**RELAZIONE**

L'intervento in oggetto prevede la riduzione dell'attacco a terra pertanto non rientra in alcun modo su quanto dettato dalla L.R. 22 del 2011.

*Dott. Geol. Franco Chielli*

## CONCLUSIONI

Dalla analisi geologica generale della zona e puntuale dell'area indagata, coscienti che qualsiasi tipo di fondazione superficiale è soggetto a modificazioni in armonia con i sei metri di materiale eterogeneo, praticamente inconsistente in evoluzione, immerso nella fluttuante falda, si consigliano fondazioni profonde: mediante pali trivellati incamiciati.

Nell'area esaminata la Vs30 risultata classifica il terreno nella CATEGORIA Cö.

*C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < NSPT < 50$ ,  $70 < cu < 250$  kPa).*

.

Ancona 06.11.2014

*Dott. Geol. Franco Chielli*