

**Contributo al SIA relativo alla costruenda
centrale termoelettrica di Servola**

suolo e sottosuolo

Dr. Franca Morelli

Giugno 1998

Suolo e sottosuolo

Situazione ambientale attuale

Geomorfologia, geologia e idrogeologia

L'area in esame è rappresentata sul Foglio Trieste n° 53 della Carta Geologica delle Tre Venezie in scala 1:100.000 e comprende tutta l'Istria Settentrionale, la città di Trieste e parte del Carso triestino.

Ulteriori dati riguardanti la geologia del Carso triestino sono stati raccolti in base a ricerche bibliografiche, lavori specifici (Cucchi et al., 1987), liste bibliografiche (Pavlovec, 1987) e dalla carta geolitologica di Trieste.

La morfologia dell'area compresa nel foglio di Trieste è stata condizionata dalla diversa natura litologica delle due principali formazioni e dalle diverse fasi di regressione e trasgressione marina cui fu soggetta la regione.

L'aspetto odierno è dovuto all'opera di erosione fluviale, meteorica, al carsismo ed a ripetute spinte orogenetiche alpine che provocarono un graduale movimento di sollevamento della regione sul livello del mare, quest'ultimo ancora attivo.

La serie stratigrafica delle rocce affioranti del carso rivela la presenza di sei "membri" appartenenti alla formazione dei calcari carsici; dal più antico al più recente (Fig. 1):

1. Membro del M. Coste (Cretaceo inf.);
2. Membro del Rupingrande (Albiano-Cenomaniano);
3. Membro di Zolla (Cenomaniano-Turoniano inf.);
4. Membro di Borgo Grotta Gigante (Turoniano inf.-Senoniano)
5. Membro di M. Grisa (Paleocene);
6. Membro di Opicina (Paleocene-Eocene inf.).

Tale sequenza carbonatica è poi coperta da torbiditi (arenarie marnose) dell'Eocene inferiore che costituiscono il "Flysch", la cui parte basale talvolta consiste in marne dal colore azzurrognolo.

Membro del M. Coste

Calcari neri o grigio scuro compatti, con evidente stratificazione, contenenti fossili di Requienia e noduli di selce. Presenza di livelli centimetrici di calcari nerastri, di lenti dolomitiche e livelli di 1-3 metri di breccia monogenica.

Membro di Rupingrande

Dolomie cristalline grigio chiaro più o meno compatte e calcari dolomitici grigio chiaro scarsamente fossiliferi con evidente stratificazione (decimetrica-metrica). Presenza di frequenti livelli di breccie a cemento dolomitico.

Membro di Zolla

Può essere suddiviso in due intervalli:

1°- calcari neri più o meno compatti con la presenza di livelli fossiliferi a radiolariti con evidente stratificazione

2°- calcari grigi compatti con stratificazione decimetrica, intercalati da calcari dolomitici neri. Assenza di fossili.

Membro di Borgo Grotta Gigante

Calcari da grigio chiaro a grigio scuro con stratificazione massiva. Variazioni verticali ed orizzontali molto frequenti rappresentate da calcari nerastri compatti. Normalmente ricchi in fossili, soprattutto Rudiste.

Membro di M. Grisa

Può essere distinto in due intervalli:

1°- calcare nero compatto, spesso con pigmentazioni rossastre, ricco di fossili di gastropodi. Presenta un'evidente stratificazione decimetrica.

2°- calcari nero-grigi ricchi di fossili di gastropodi ad evidente stratificazione decimetrica.

Membro di Opicina

Sono state riconosciute due parti:

- Parte inferiore

Calcari grigi compatti ricchi di fossili di nummuliti, coralli, gastropodi ed echinidi, talora con spesse lenti dolomitiche. Stratificazione non evidente.

- Parte superiore

Calcari marnosi grigi con lenti dolomitiche e talora con presenza di selce nei livelli più superficiali.

Dal punto di vista strutturale il Carso triestino rappresenta il lembo meridionale di un'anticlinale leggermente asimmetrica con direzione assiale NW-SE; tale lembo è caratterizzato da una piega che rivela un movimento verso SW. La piega presenta un coricamento in media di 10-30° verso S, nettamente crescente lungo il margine del "plateau" carsico per diventare subverticale o rovesciato verso Duino e Prosecco.

L'asse anticlinale gira leggermente in senso antiorario nell'area di Monrupino-Basovizza, dove sono presenti alcune faglie trasverse con debole dislocazione orizzontale o modesto rigetto verticale.

La dinamica del complesso tettonico dovuta alle fasi dinariche ed alpine è evidente negli affioramenti dell'area di Sistiana e della Val Rosandra.

Da un punto di vista idrogeologico l'area è caratterizzata dall'assenza di idrografia superficiale.

Dai sondaggi attrezzati con piezometri è stato rilevato un corpo idrico superficiale ad una quota compresa tra i 3,50 ed i 4 metri dal piano di campagna (D. Gasparetti, 1997).

Geotecnica

Da indagini geognostiche, sia di campagna che di laboratorio, effettuate nell'area interessata dalla centrale termica di Servola (D. Gasparetti, 1997), è stata ricostruita la stratigrafia e sono state individuate cinque *unità geotecniche*, sintetizzate in quattro sezioni geologiche (Fig. 2).

Le unità stratigrafiche indagate, dalla più superficiale alla più profonda rispetto al piano di campagna, sono riportate in figura 3.

Per mezzo dei profili geotecnici (Fig. 4) sono stati ricostruiti gli spessori e la geometria di queste unità geotecniche.

- Unità geotecnica n° 1

Riporto: deposito di terreno artificiale molto eterogeneo costituito da lopa derivante da lavorazione siderurgica, ghiaia eterometrica e sabbia, mista a clasti calcarei ed arenacei. Lo spessore si mantiene mediamente intorno ai 4- 5 metri.

Parametri geotecnici:

$$\phi = 31^\circ$$

$$Dr = 60\%$$

Questi parametri hanno un valore puramente indicativo, poiché risultano sconosciute la composizione chimica e la storia dei rimaneggiamenti e movimenti terra che ha subito questo strato superficiale. Infatti la lopa d'altoforno può rigonfiare e quindi trasmettere forti pressioni alle pavimentazioni e alle fondazioni superficiali di edifici.

- Unità geotecnica n° 2

Argilla sabbiosa poco plastica di colore grigio scuro con abbondanti frammenti di fossili, ricadente nel campo CL secondo la classificazione delle terre di Casagrande.

Lo spessore di questa unità varia dai 2 ai 14 metri.

Caratteristiche geotecniche riassuntive (D. Gasparetti, 1997):

γ_{nat}	1.76-1.96
Densità Relativa (Dr %)	60 %
Angolo di Attrito ϕ	29°
Limite Liquido	32
Limite Plastico	20
Indice Plastico	12
Coesione non drenata C_u (Kg/cm ²)	0.1-0.4

- **Unità geotecnica n° 3**

Limo sabbioso non plastico di colore grigio scuro con frammenti di conchiglie fossili, ricadente nel campo ML secondo la classificazione delle terre di Casagrande.

Lo spessore di questa unità varia dai 3 agli 8 metri.

Le caratteristiche geotecniche sono:

γ_{nat}	1.91
Densità Relativa (Dr %)	60 %
Angolo di Attrito ϕ	31°
Limite Liquido	26
Limite Plastico	26
Indice Plastico	n.p.
Coesione non drenata Cu (Kg/cm ²)	0.15

- **Unità geotecnica n° 4**

Flysch alterato: si incontra negli strati più superficiali della Formazione del Flysch Eocenico, risulta costituito da marne decomprese e arenarie fratturate. Presenta spessori molto variabili in tutta l'area indagata (da un massimo di 9 metri nel sondaggio S5 ad un minimo di 1 metro nel sondaggio S1).

L'alterazione delle marne è così intensa da non permettere il riconoscimento della struttura originaria della formazione; negli strati più profondi le caratteristiche litologiche e geomeccaniche

migliorano rapidamente permettendo di identificare i rapporti di spessore fra il litotipo marnoso ed il litotipo arenaceo.

Il Flysch assume negli strati più superficiali l'aspetto ed il comportamento di una argilla plastica. Il valore medio di consistenza ricavato dai valori di pocket penetrometro sui livelli costituiti da argilla plastica è pari a:

$$\sigma_f = 2.3 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{poiché } C_u = \sigma_f / 2 \quad \text{si ottiene } C_u = 1,15 \text{ Kg/cm}^2.$$

Parametri geotecnici delle arenarie alterate:

Densità (t/m ³): γ	2.55
Angolo di Attrito stimato: ϕ	25°
Coesione dell'ammasso	<100 KPa

Il valore medio percentuale di RDQ è pari a 18 % e definisce la qualità della roccia come molto scadente.

Modulo di deformazione Mpa	Indice velocità sismica	Capacità portante ammissibile Mpa
690	0.2	0.1

- Unità geotecnica n° 5

Flysch integro: alternanza di sottili strati di marna grigia compatta e di arenaria calcarea grigia compatta.

Il valore medio percentuale di RDQ è compreso fra 75% e 90%, definisce la qualità della roccia come buona.

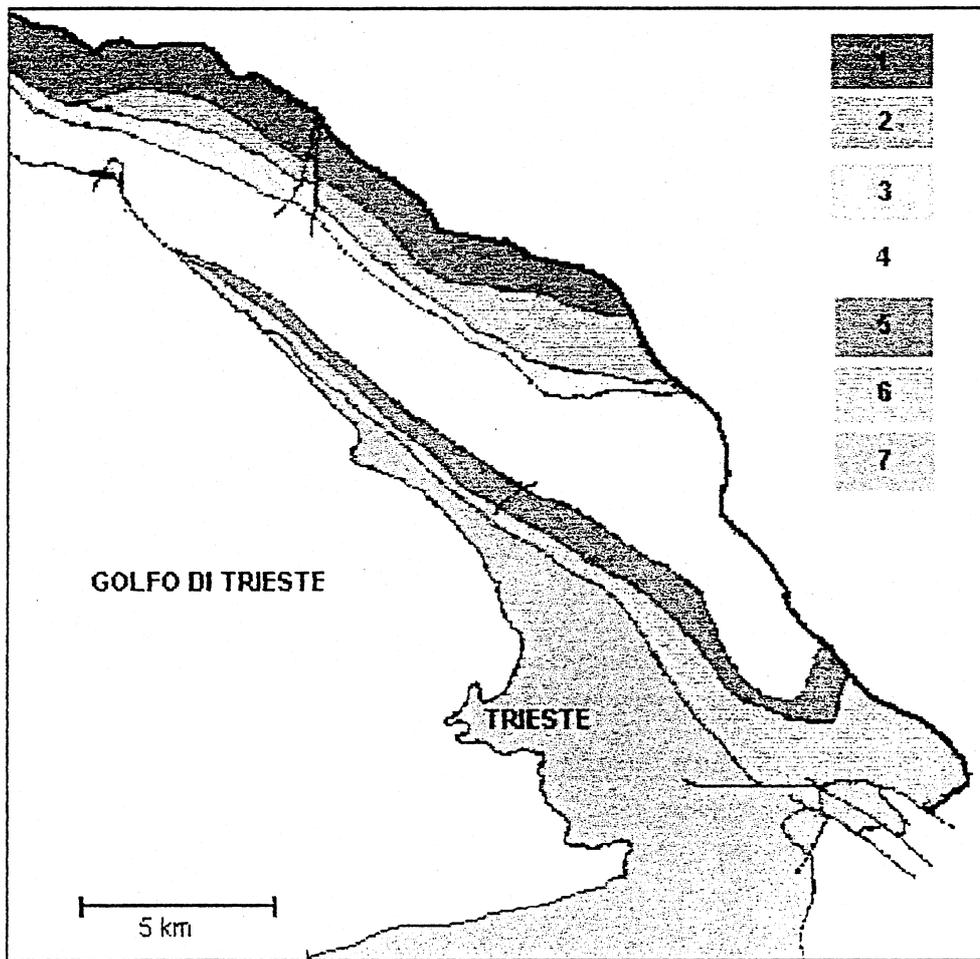
Modulo di deformazione Mpa	Indice velocità sismica	Capacità portante ammissibile Mpa
27500	0.7	12

Parametri geomeccanici, derivanti da prove pressiometriche effettuate all'interno della formazione del Flysch Eocenico (D. Gasparetti, 1997).

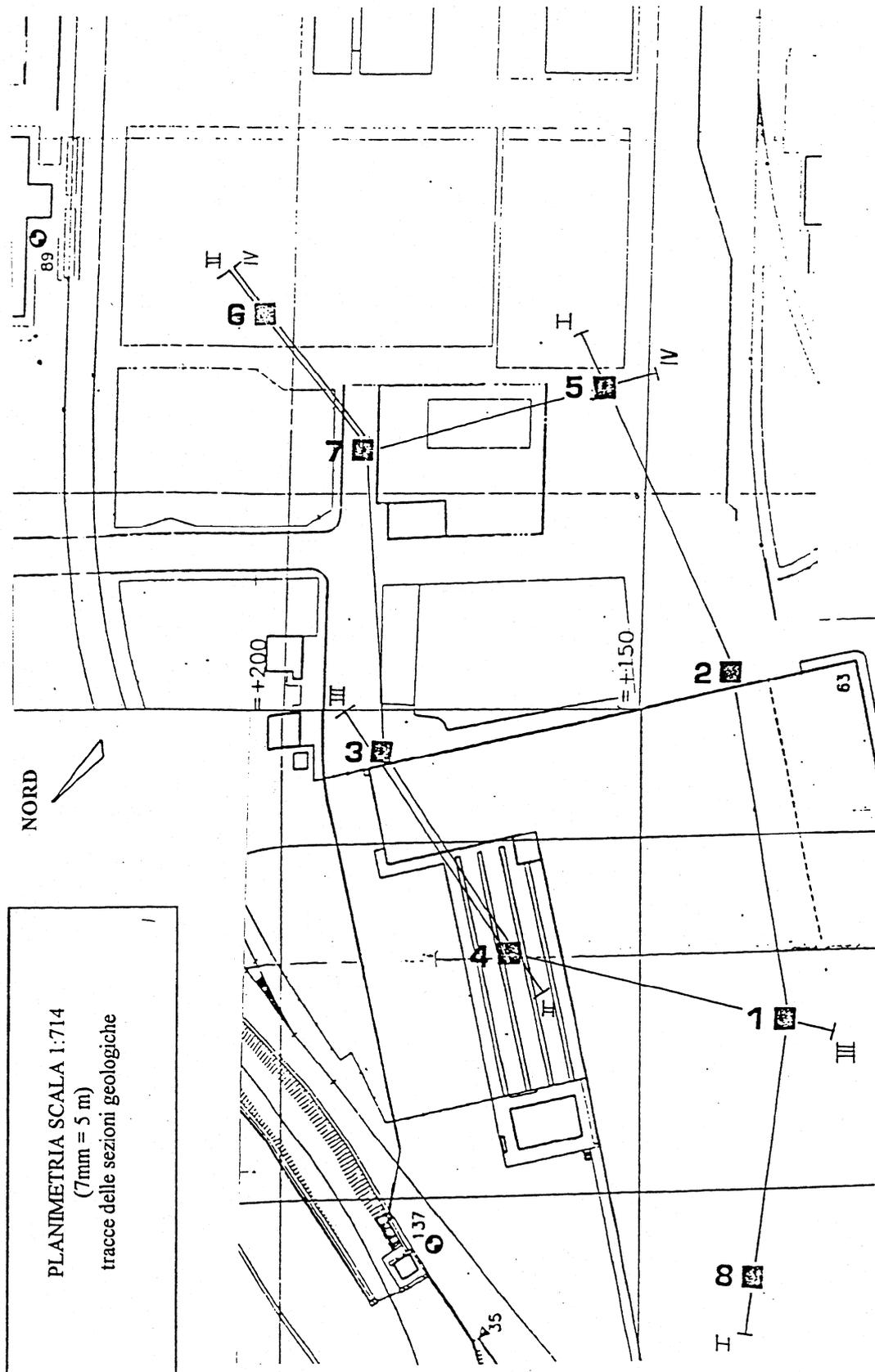
FLYSCH EOCENICO		
PARAMETRI	MARNA	ARENARIA
Velocità sonica (m/sec)	2500	>5000
Densità (t/m ³)	2.6	2.7
Modulo di Young (bar)	100000	700000
Compressione Rc (bar)	150-300	750-1300
Resistenza a trazione (bar)	50	100
Coeff. Poisson	0.2	0.25
Coesione (bar)	120	190
Angolo di attrito	31.5°	42°
Angolo di attrito residuo	25°	
Pres. Di rigonfiamento (bar)	32	

Questa unità geotecnica rappresenta il livello più idoneo per impostare il piano di appoggio di eventuali pali di fondazione.

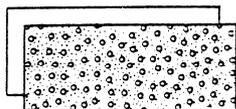
Nell'area indagata la formazione del Flysch è stata raggiunta da tutti i sondaggi .



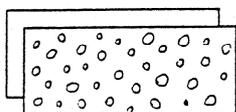
Carta geologica semplificata del Carso triestino; 1: Membro di M. Coste, 2: Membro di Rupingrande, 3: Membro di Zolla, 4: Membro grotta Gigante, 5: Membro di M. Grisa, 6: Membro di Opicina, 7: Flisch.



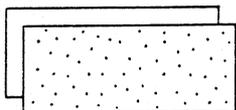
LEGENDA DELLE SEZIONI GEOLOGICHE



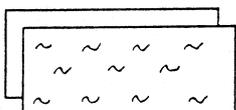
terreno di riporto



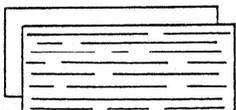
ghiaia



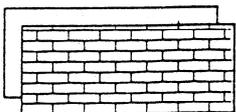
sabbia



limo



argilla



flysch



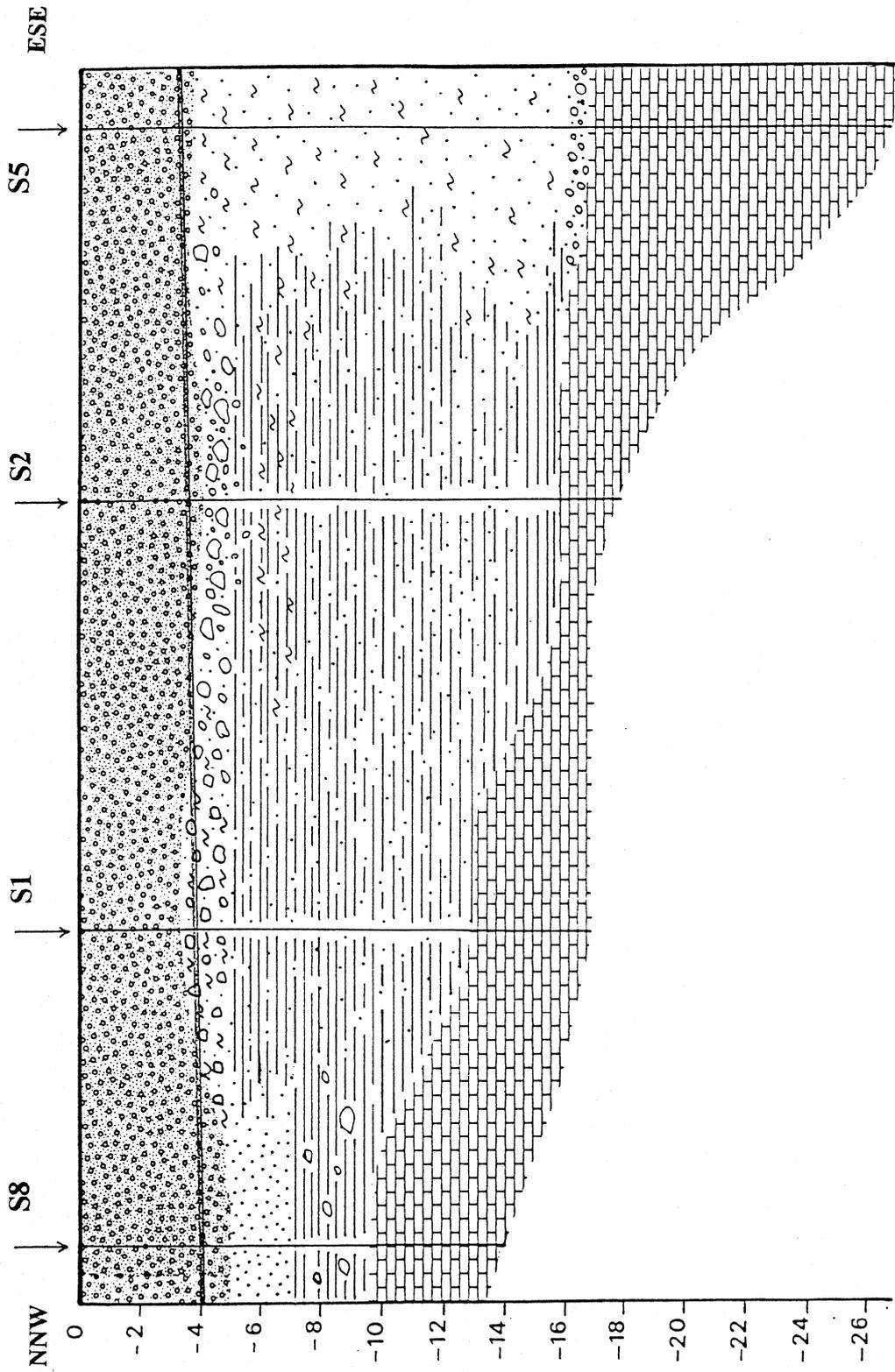
traccia della superficie piezometrica

S 3

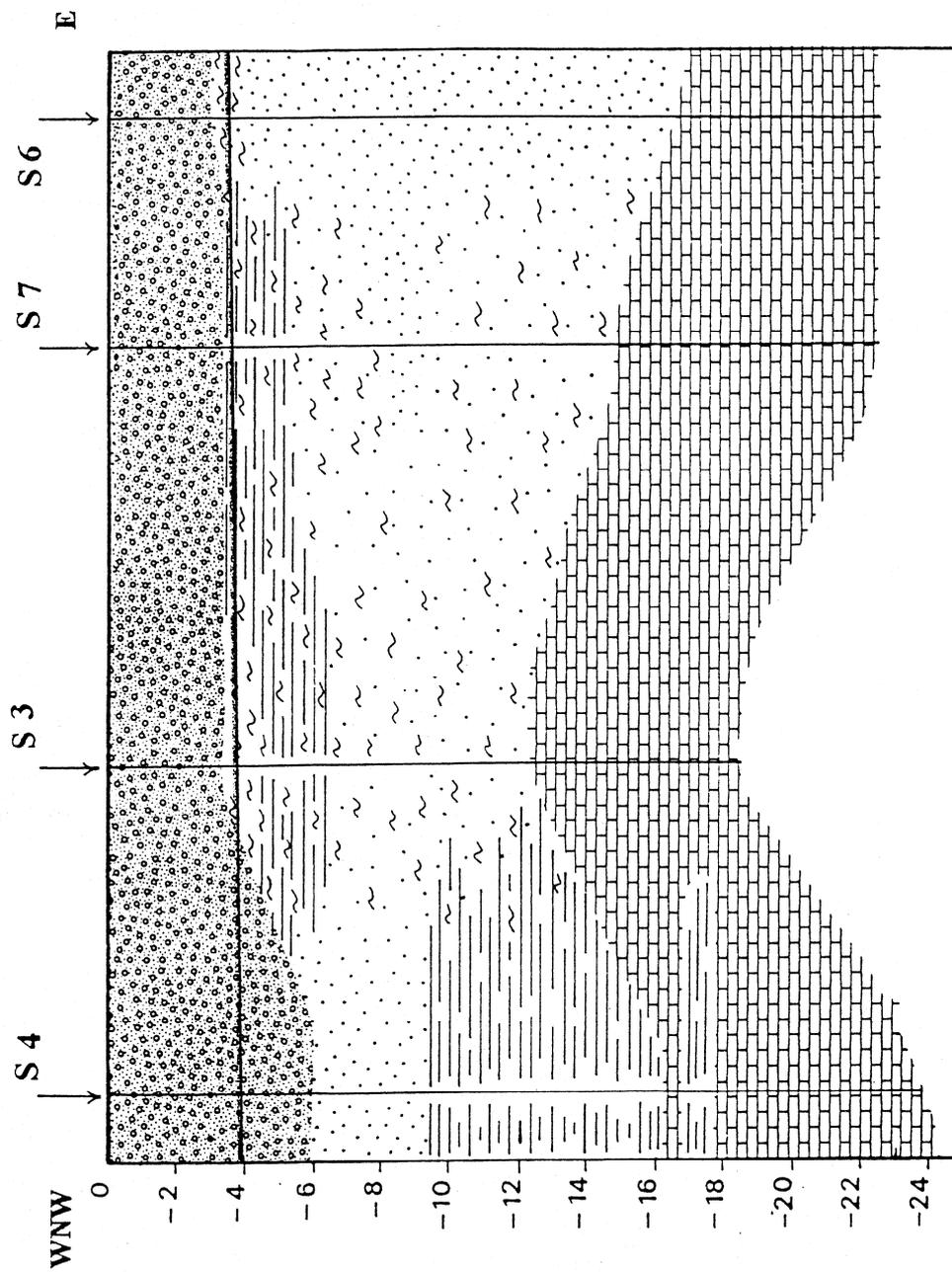


traccia dei sondaggi

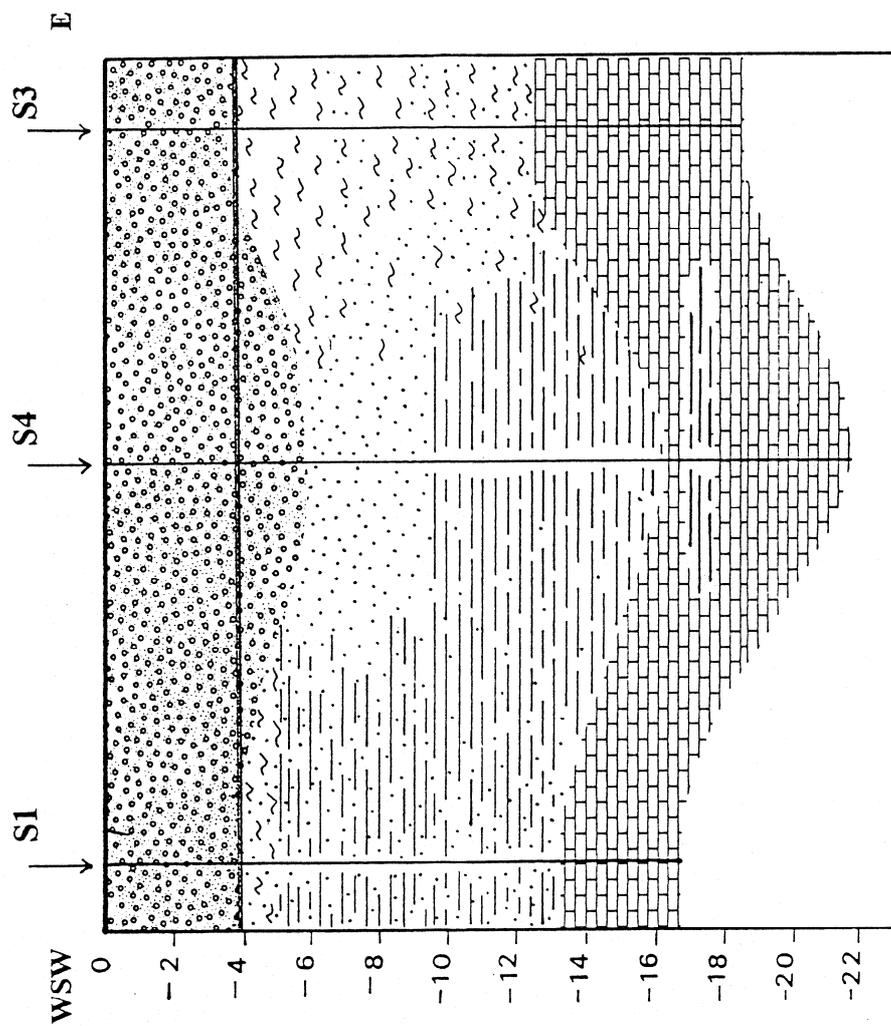
Sezione idrogeologica I-I
scala orizzontale 1:714 (7 mm = 5m)
scala verticale 1:200 (1cm = 2 m)



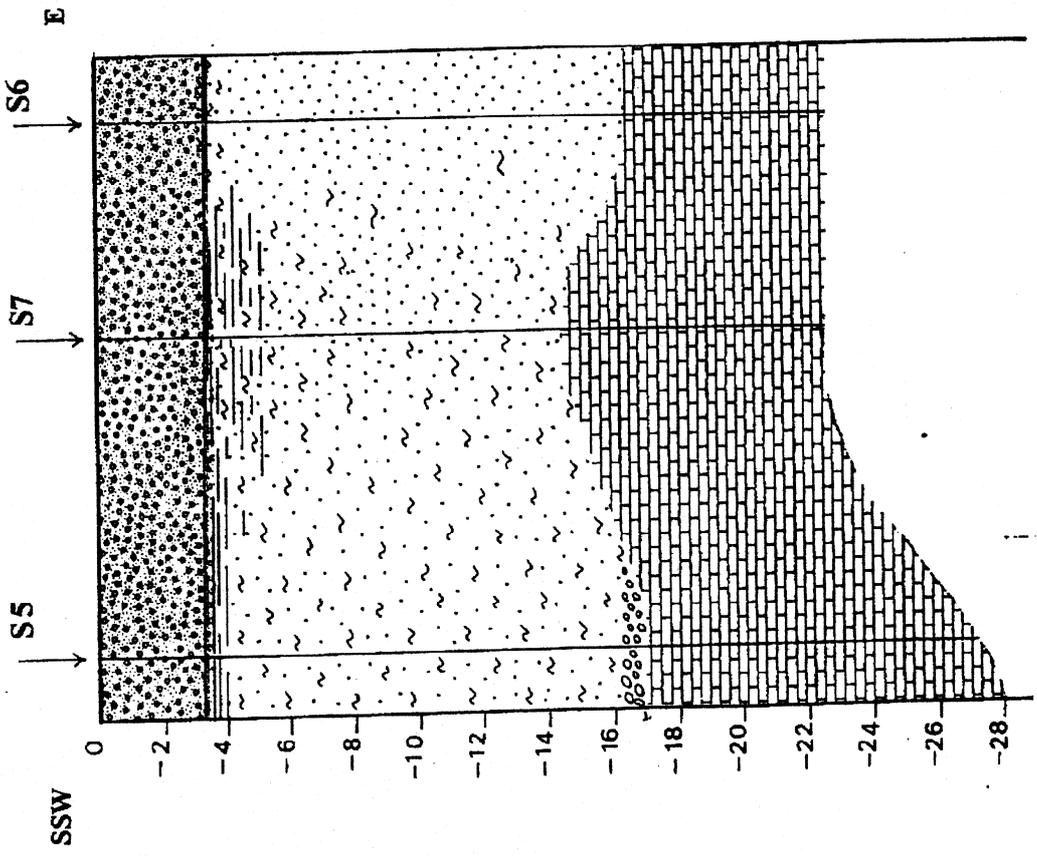
Sezione idrogeologica II-II
scala orizzontale 1:714 (7 mm = 5m)
scala verticale 1:200 (1cm = 2 m)



Sezione idrogeologica III-III
scala orizzontale 1:714 (7 mm = 5m)
scala verticale 1:200 (1cm = 2 m)



Sezione idrogeologica IV-IV
scala orizzontale 1:714 (7 mm = 5m)
scala verticale 1:200 (1cm = 2 m)



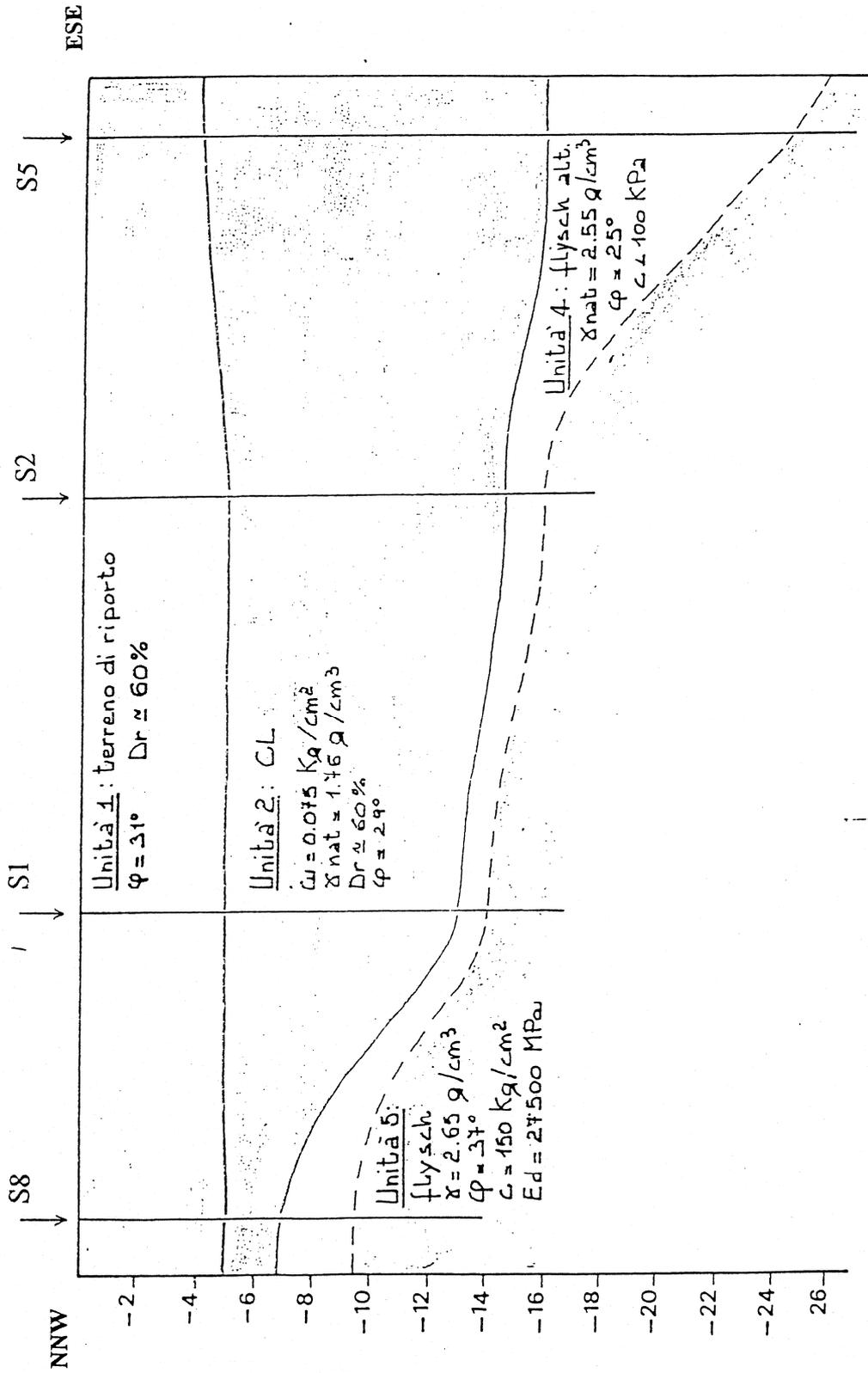
LEGENDA DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

- UNITÀ 1 terreno di riporto costituito da materiale estremamente eterogeneo per natura e granulometria; da sottolineare la presenza di laterizi e scarti di fonderia (lopa)
- UNITÀ 2 argilla sabbiosa poco plastica avente simbolo di gruppo CL secondo la classifica delle terre di Casagrande
- UNITÀ 3 limo sabbioso non plastico avente simbolo di gruppo ML secondo la classifica delle terre di Casagrande
- UNITÀ 4 cappellaccio di alterazione del flysch costituito da marne decomprese e arenarie fratturate
- UNITÀ 5 flysch costituito da marne grigie compatte e arenarie marroni compatte

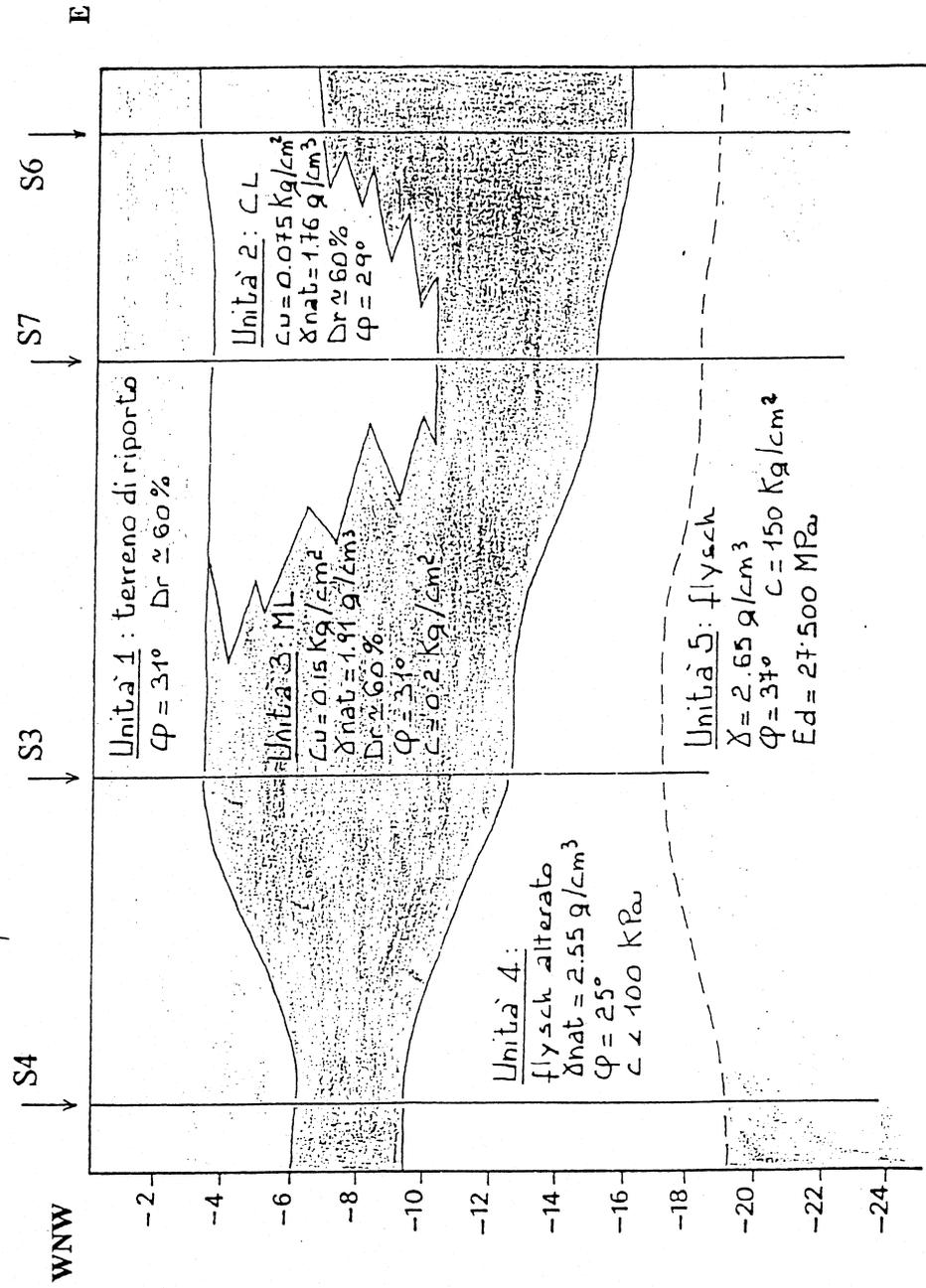
LEGENDA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

- ϕ = angolo di attrito interno c = coesione
- γ_{nat} = peso di volume naturale del terreno c_u = coesione non drenata
- γ = densità della roccia D_r = densità relativa
- E_d = modulo di deformabilità

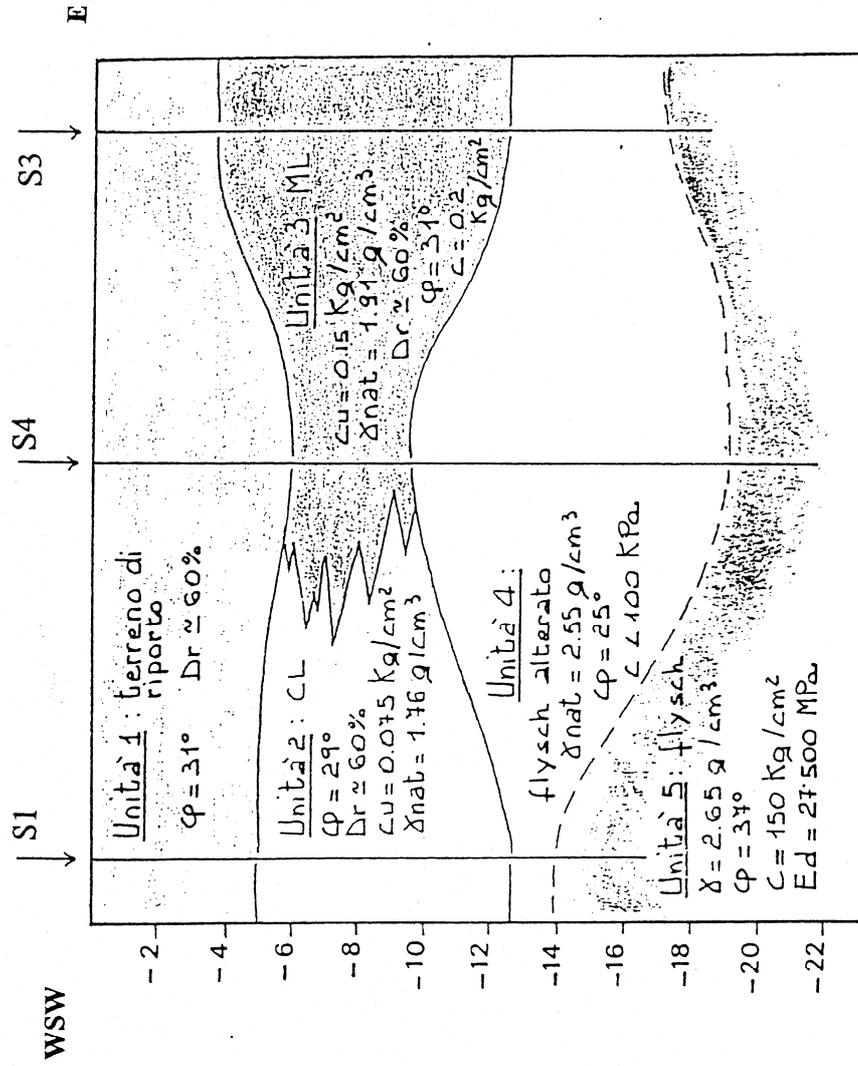
Sezione I-I



Sezione II-II



Sezione III-III



Sezione IV-IV

