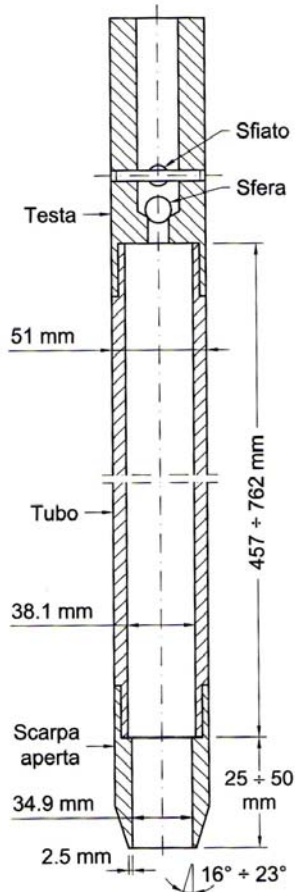


(riprendendo un trasparente mostrato a proposito di indagini e campionamento)

## MEZZI D'INDAGINE

| <b>FINALITÀ</b>              | <b>MEZZI</b>                                   |   |
|------------------------------|--|---|
| <b>PROFILO STRATIGRAFICO</b> | <b>DIRETTI</b>                                 | <b>INDIRETTI</b>                                  |
|                              | POZZI  | INDAGINI GEOFISICHE                               |
|                              | TRINCEE  | PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)              |
|                              | CUNICOLI<br>SONDAGGI                           |   |
| <b>PROPRIETÀ MECCANICHE</b>  | <b>IN LABORATORIO</b>                          | <del><b>IN SITO</b></del>                         |
|                              | PROVE SU CAMPIONI INDISTURBATI                 | PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)              |
|                              |  | PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (SPT)             |
|                              |  | PROVE SCISSOMETRICHE                              |
|                              |  | PROVE DILATOMETRICHE                              |
|                              |  | PROVE DI CARICO SU PIASTRA                        |
|                              |  | PROVE GEOFISICHE (CH, DH, SASW)                   |
| <b>PROPRIETÀ IDRAULICHE</b>  | <b>IN LABORATORIO</b>                          | <b>IN SITO</b>                                    |
|                              | PROVE DI PERMEABILITÀ SU CAMPIONI INDISTURBATI | PROVE DI PERMEABILITÀ IN FORI DI SONDAGGIO, POZZI |
| <b>REGIME IDRAULICO</b>      | <b>IN LABORATORIO</b>                          | <b>IN SITO</b>                                    |
|                              |  | INSTALLAZIONE E MISURE CON PIEZOMETRI             |

## STANDARD PENETRATION TEST (SPT)



**Tipo di attrezzo:** campionatore a pareti grosse standardizzato (Raymond)

**Installazione:** da foro di sondaggio

**Modalità di applicazione dei carichi:** infissione mediante caduta di una massa di 63.5 kg da 76 cm di altezza sulla testa della colonna di aste poste al di sopra del campionatore, con ritmo compreso tra 10 e 25 colpi al minuto

**Procedure sperimentali:** avanzamento del campionatore per 15 cm per attraversare la zona disturbata a fondo perforazione. Successivo avanzamento per 15 + 15 cm

**Grandezze misurate:** numero di colpi necessari ad ottenere l'avanzamento in ciascun tratto di 15 cm

**Restituzione dati:** istogramma (profilo discontinuo) riportante  $N_1$  ( $\leq 50$ ) e  $N_{SPT} = N_2 + N_3$  ( $\leq 100$ ) in funzione della profondità

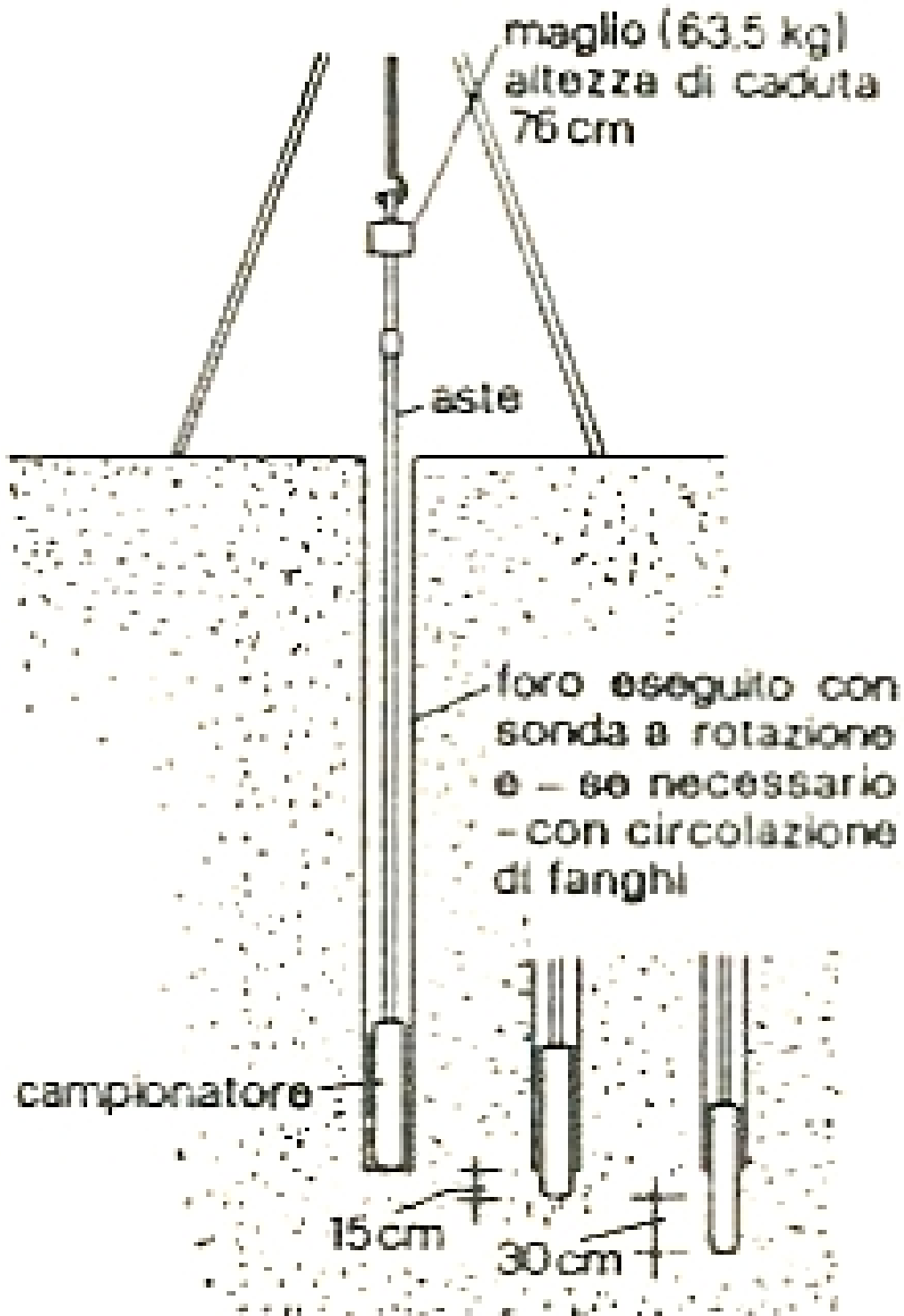
**Parametri ottenibili:** resistenza, compressibilità

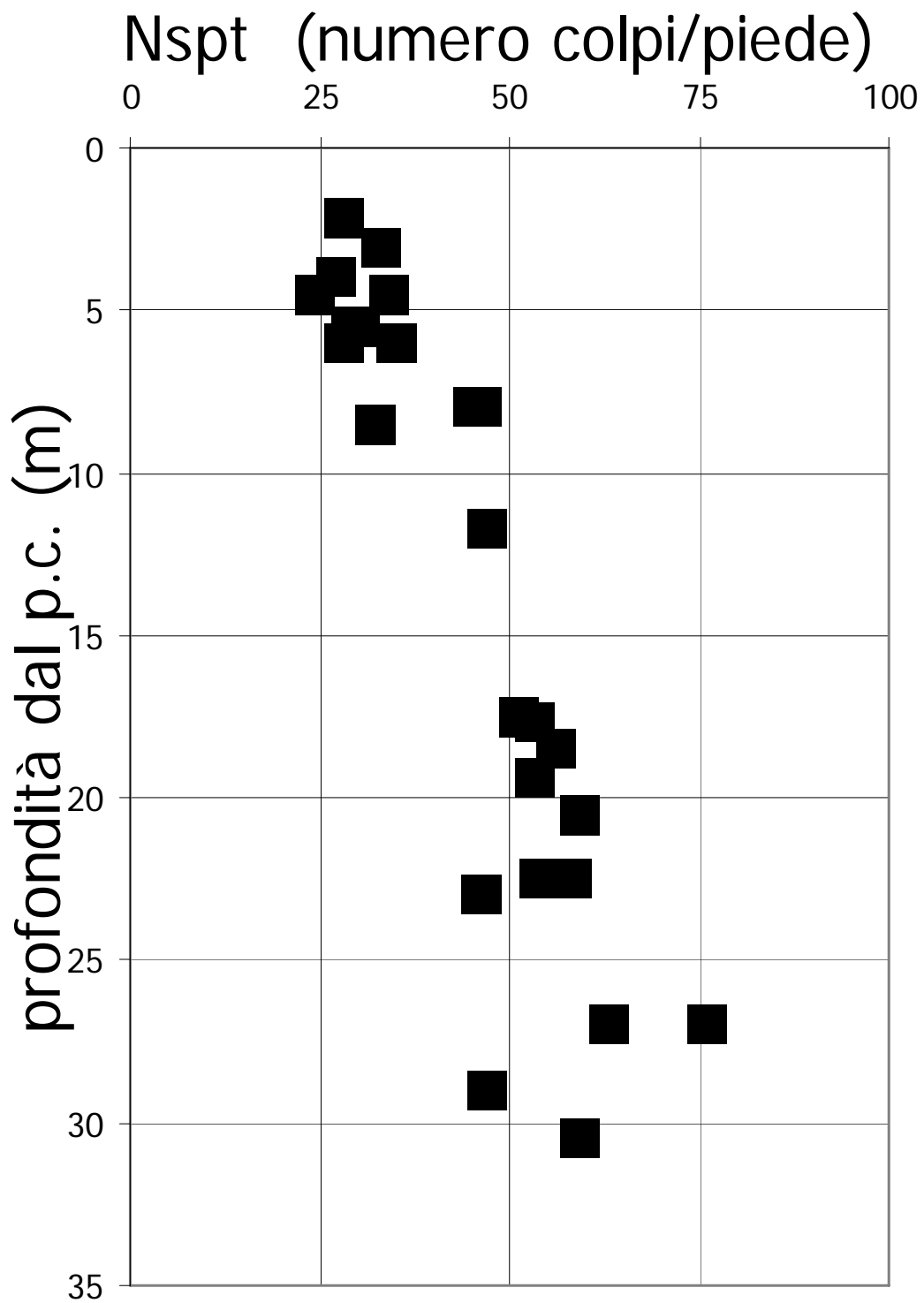
**Tipo di interpretazione:** empirica,  $\phi' = f(N_{SPT}, \sigma'_v)$ ,  $E_{ed} = f(N_{SPT}, D)$

**Limitazioni:** valida essenzialmente per terreni a grana grossa. Nel caso di ghiaie grosse si deve usare la punta conica SCPT

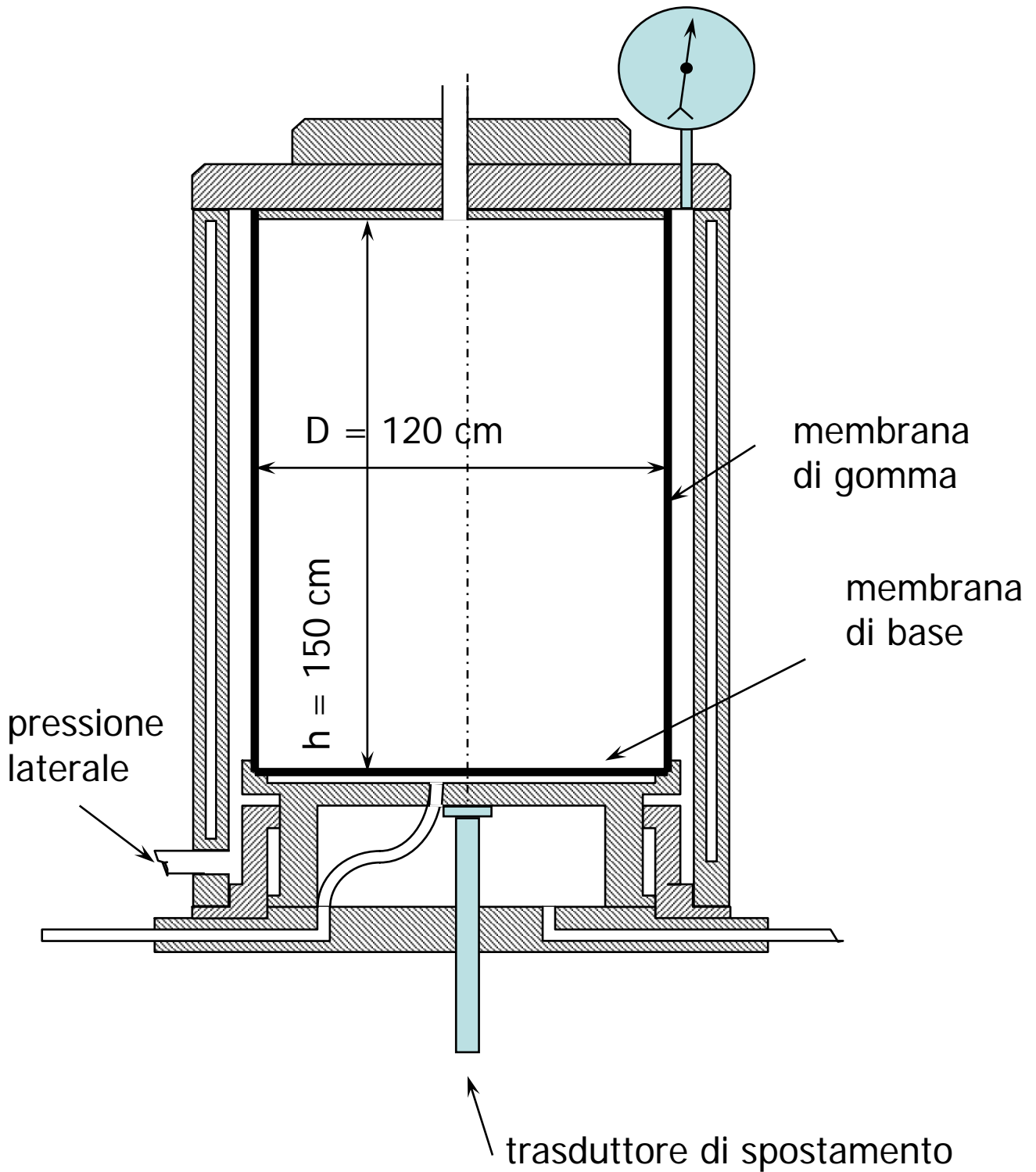
**Notazioni:** usare solo attrezzature che seguono gli standard

## Schema della prova SPT



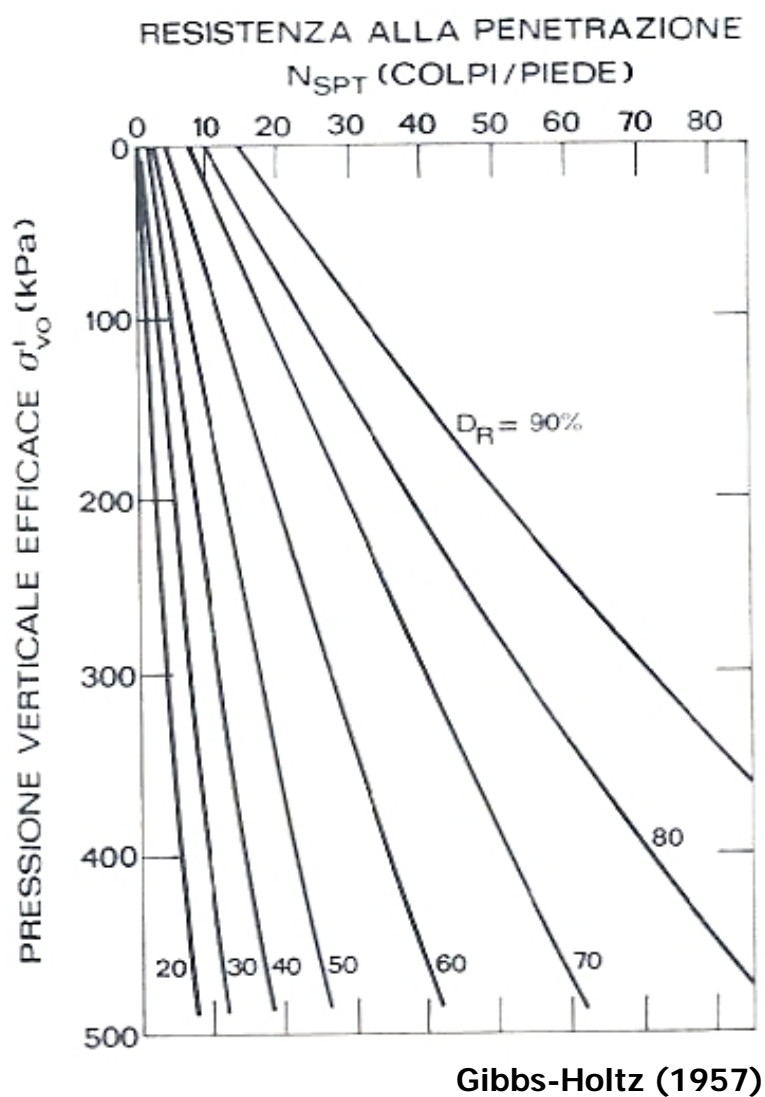


# CELLA DI CALIBRAZIONE



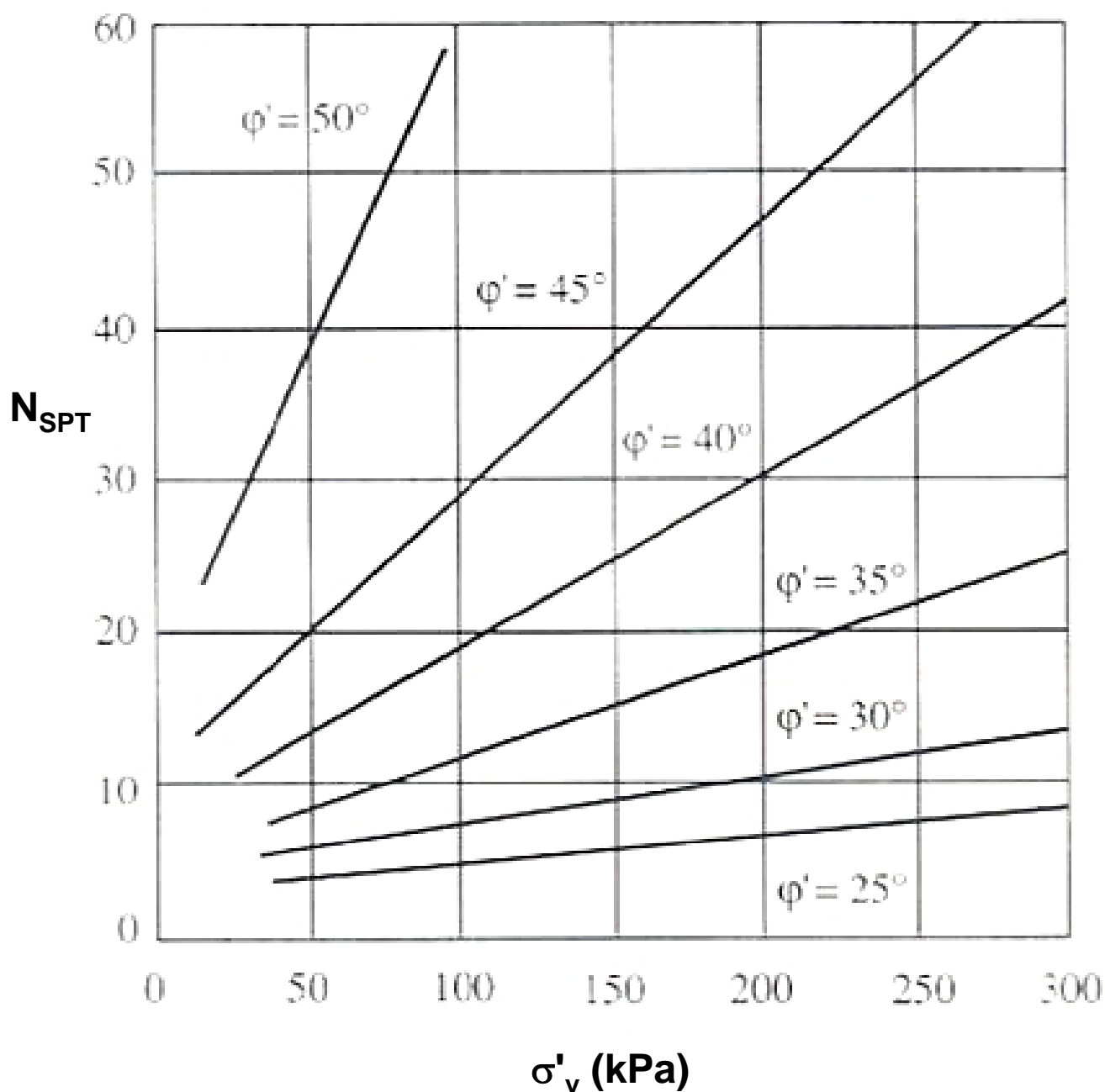
## Esempi di correlazioni tra $N_{SPT}$ e proprietà dei terreni attraversati

| $N_{SPT}$ | DENSITÀ RELATIVA     |                    |
|-----------|----------------------|--------------------|
|           | Terzaghi-Peck (1948) | Gibbs-Holtz (1957) |
| 0-4       | molto sciolta        | 0-15%              |
| 4-10      | sciolta              | 15-35%             |
| 10-30     | media                | 35-65%             |
| 30-50     | densa                | 65-85%             |
| > 50      | molto densa          | 85-100%            |

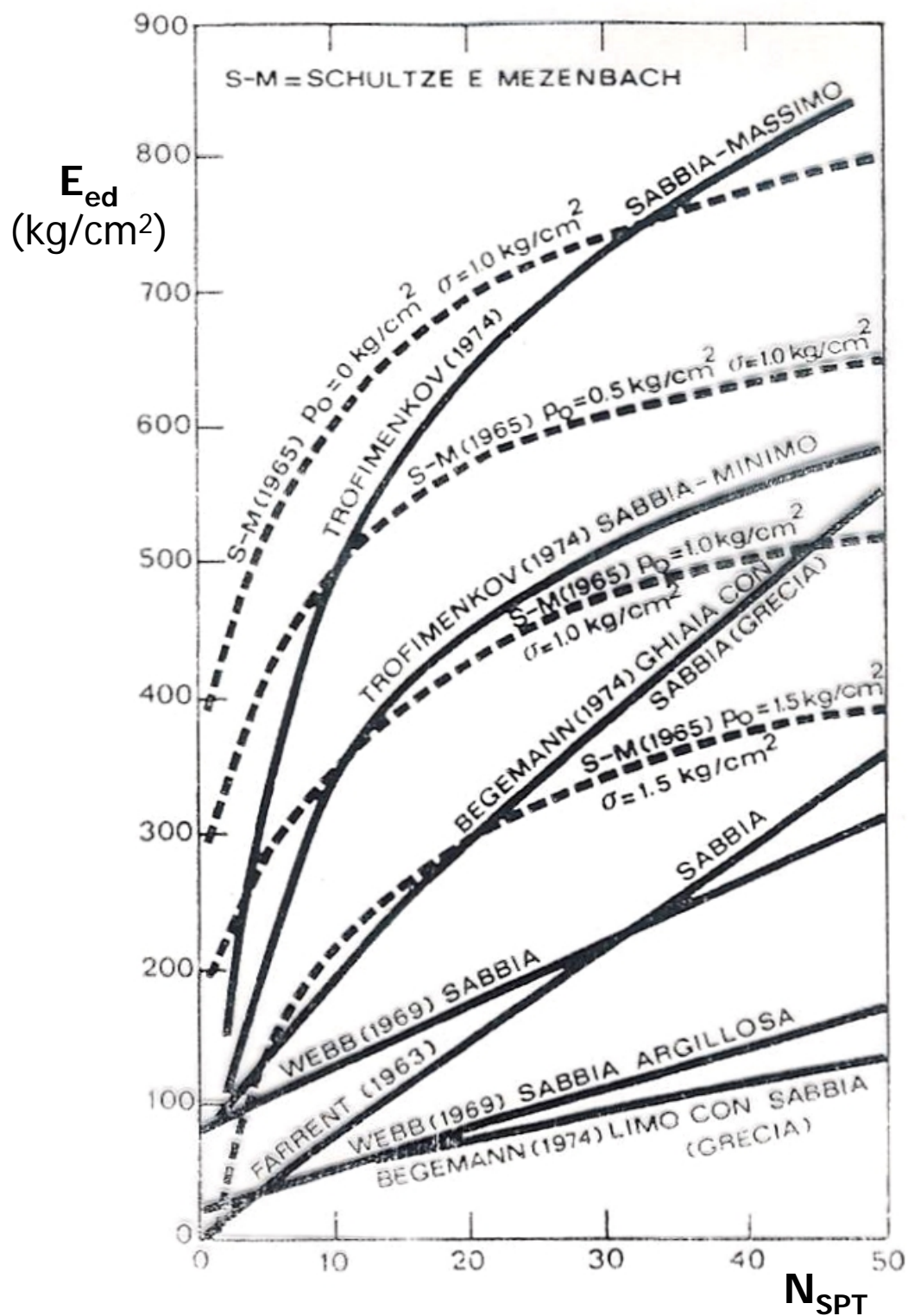


## Esempi di correlazioni tra $N_{SPT}$ e proprietà dei terreni attraversati

De Mello (1971)

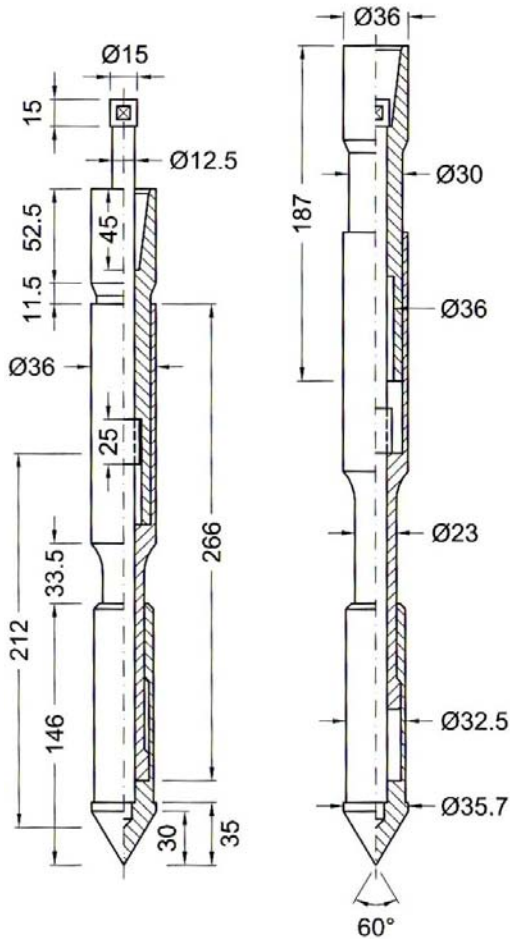


## Esempi di correlazioni tra $N_{SPT}$ e proprietà dei terreni attraversati





## CONE PENETRATION TEST (CPT)



**Tipo di attrezzo:** penetrometro standardizzato dotato di punta conica ( $D = 37.5 \text{ mm}$ ;  $\alpha = 60^\circ$ ), aste cave ed eventualmente manicotto con superficie laterale di  $150 \text{ cm}^2$

**Installazione:** da piano campagna

**Modalità di applicazione dei carichi:** a pressione, con velocità di  $2 \text{ cm/s}$

**Procedure sperimentali:** infissione per tratti di  $10 \text{ cm}$  con avanzamento alternato di punta, di punta e manicotto laterale, di tutto l'attrezzo (penetrometro meccanico); avanzamento continuo (penetrometro elettrico)

**Grandezze misurate:** resistenza alla punta  $q_c$  e laterale  $f_s$

**Restituzione dati:** diagrammi continui di  $q_c$ ,  $f_s$  e  $FR = q_c/f_s$  in funzione della profondità (salvo nel caso di rifiuto all'avanzamento)

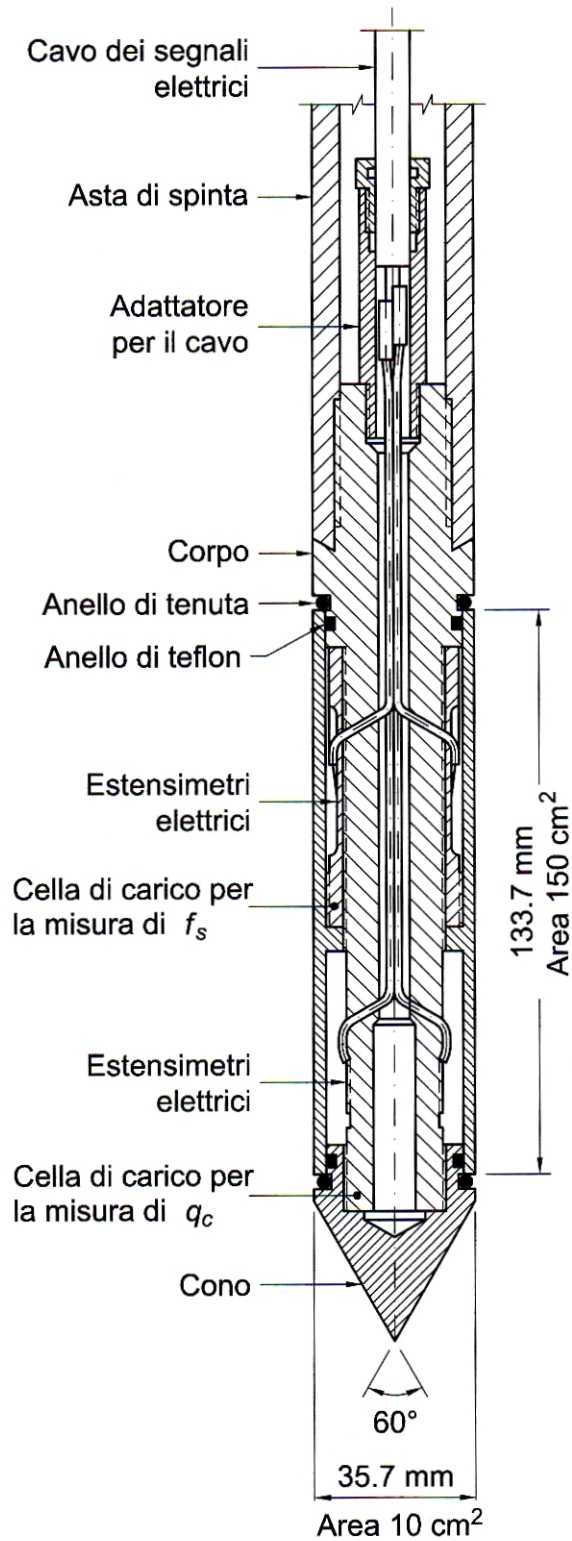
**Parametri ottenibili:** resistenza, compressibilità

**Tipo di interpretazione:** empirica,  $\phi' = f(q_c, \sigma'_v)$ ,  $E_{ed} = f(q_c)$ ,  $E' = f(q_c)$ ,  $c_u = f(q_c, \sigma'_v)$

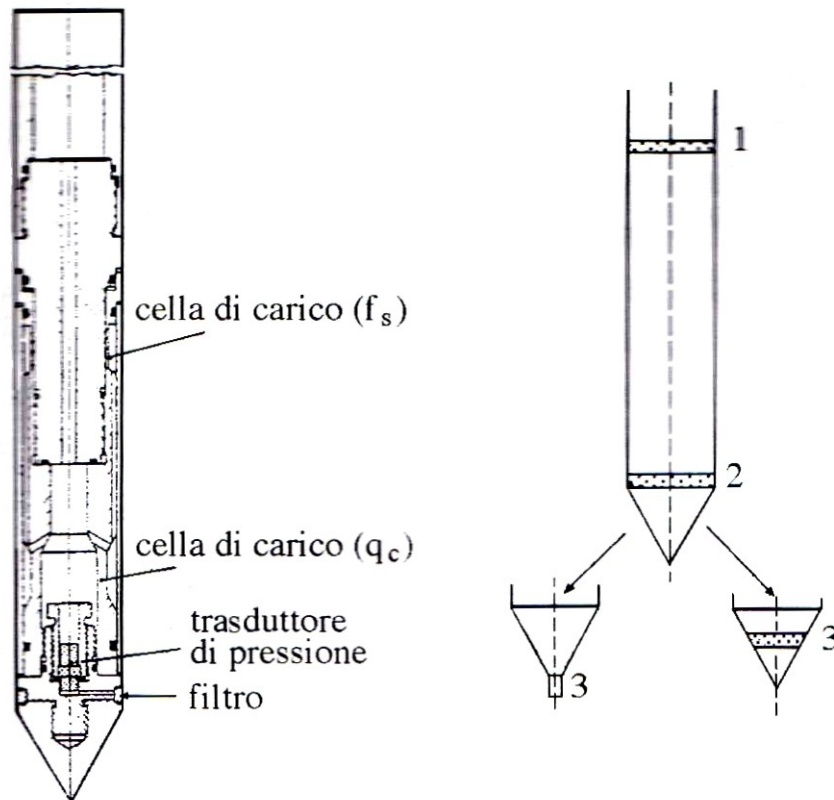
**Limitazioni:** impossibilità di avanzare in terreni sabbiosi molto addensati o con significativa frazione ghiaiosa

**Notazioni:** usare solo attrezzature che seguono gli standard

# PENETROMETRO ELETTRICO



## CONE PENETRATION TEST (CPTU)



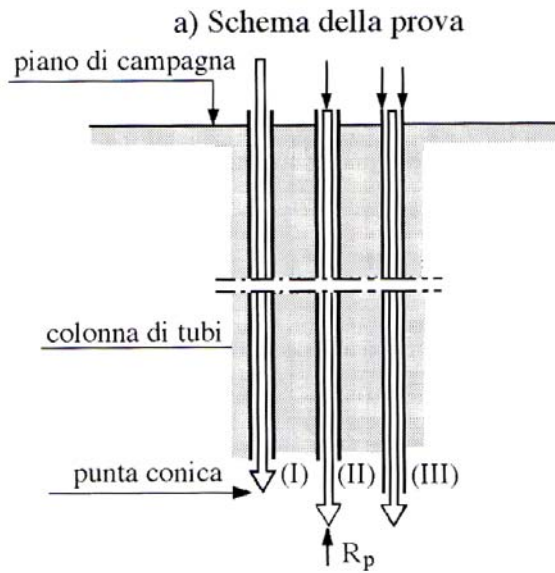
**Esistono versioni più avanzate del CPT che, oltre a  $q_c$  e  $f_s$ , permettono la misura di altre quantità.**

Una versione **particolarmente interessante** per il riconoscimento dei terreni attraversati (ossia, per utilizzare i dati della prova a fini stratigrafici) **è quella dotata di punta piezometrica.**

Questo tipo di penetrometro (CPTU) consente la misura delle  $\delta u$  indotte in fase di avanzamento (2 cm/s) e quindi il riconoscimento del tipo di materiale attraversato (grana fine, grana grossa).

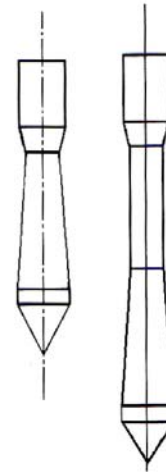
Su tali misure si tornerà in seguito.

# Schema della prova CPT

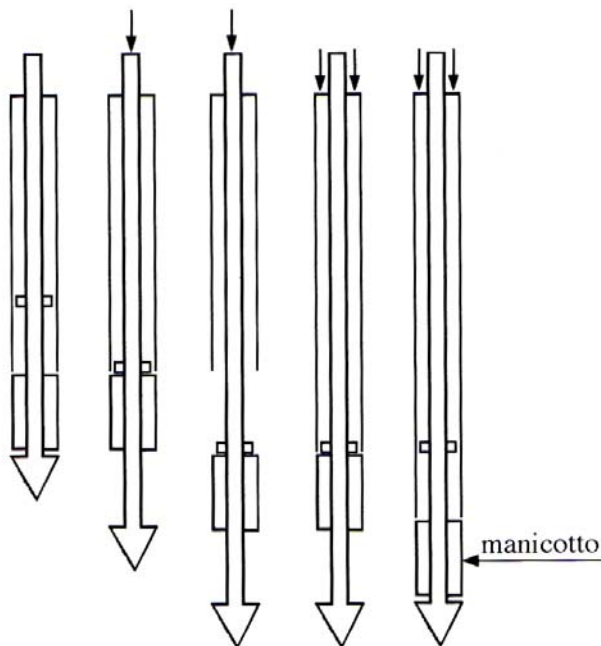


- I - posizione iniziale
- II - avanzamento della punta e misura della  $R_p$
- III - avanzamento della colonna dei tubi e misura della R

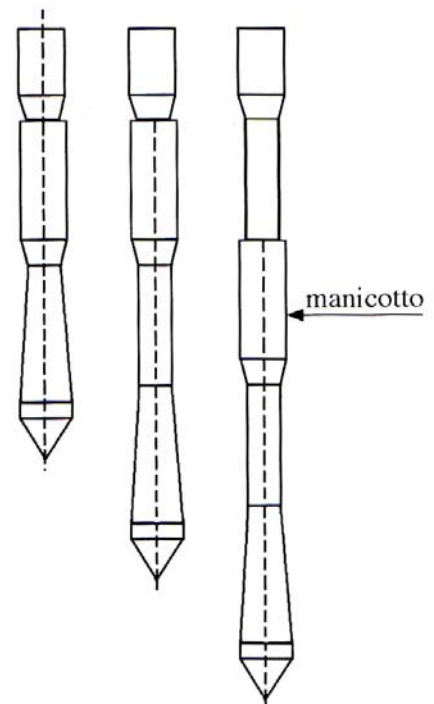
b) Particolare della punta

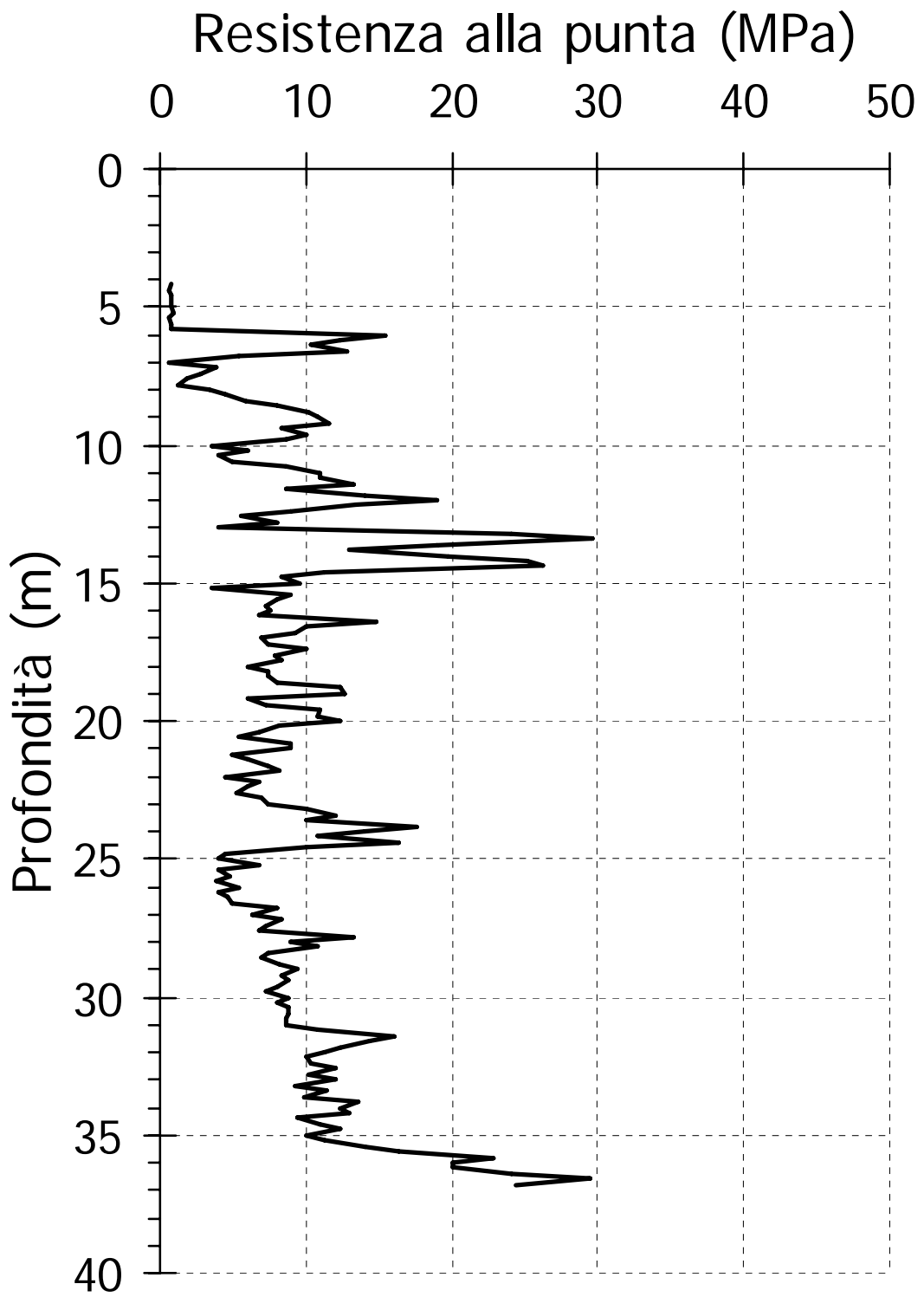


c) Schema della prova con manicotto

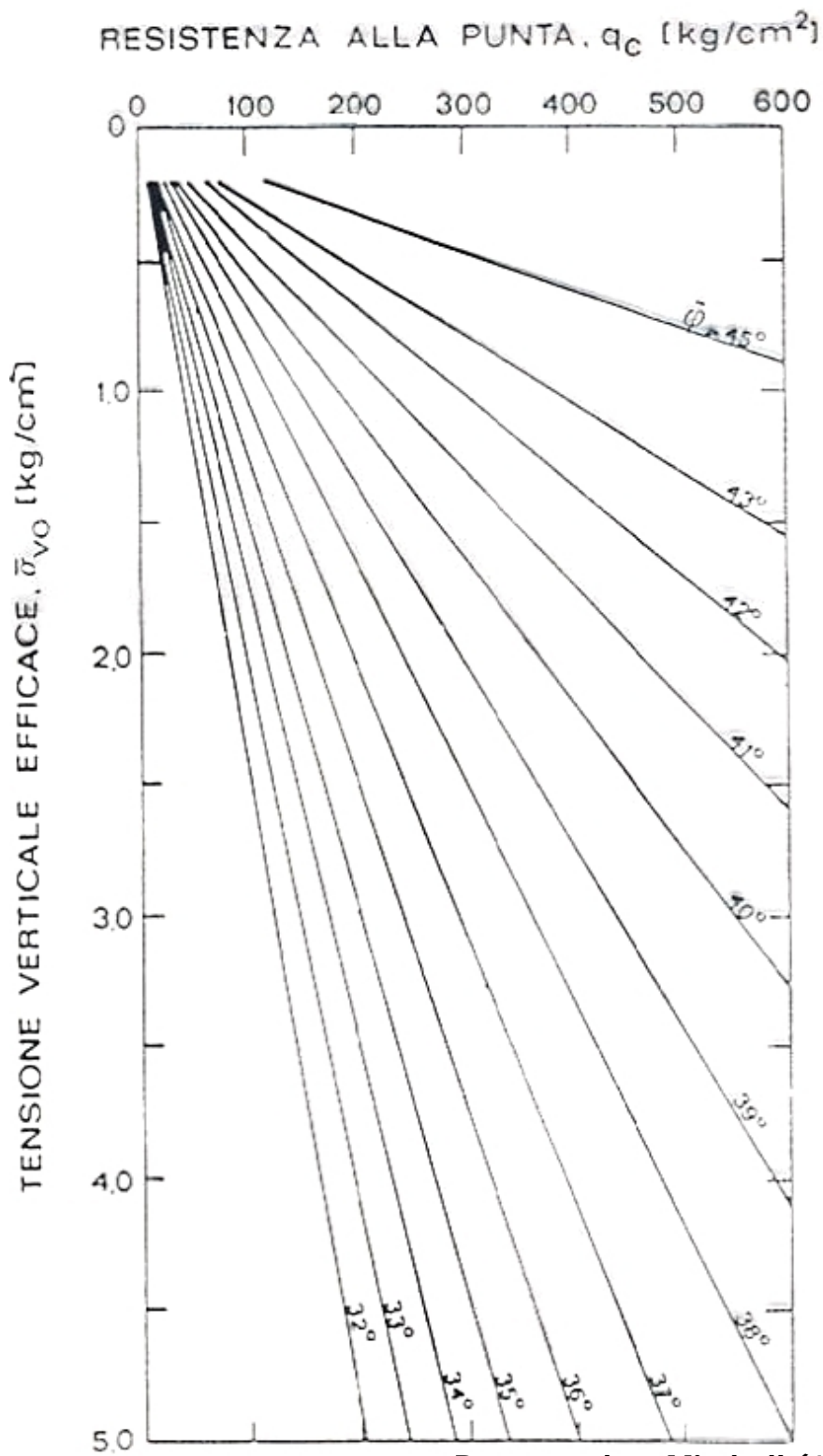


d) Particolare della punta con il manicotto





## Esempi di correlazioni empiriche tra risultati delle prove CPT e proprietà dei terreni attraversati



Durgunoglu e Mitchell (1975)

## Esempi di correlazioni empiriche tra risultati delle prove CPT e proprietà dei terreni attraversati

È possibile ottenere una stima del modulo edometrico  $E_{ed}$ :

$$E_{ed} = \alpha \cdot q_c$$

in cui  $\alpha$  è un parametro adimensionale che assume valori compresi tra 2.5 e 5 passando dalle sabbie fini a quelle ghiaiose.

Esistono anche correlazioni con il modulo secante  $E'_{25}$  ricavabile da prove triassiali drenate in corrispondenza del 25% della tensione deviatorica di rottura:

$$E'_{25} = \beta \cdot q_c$$

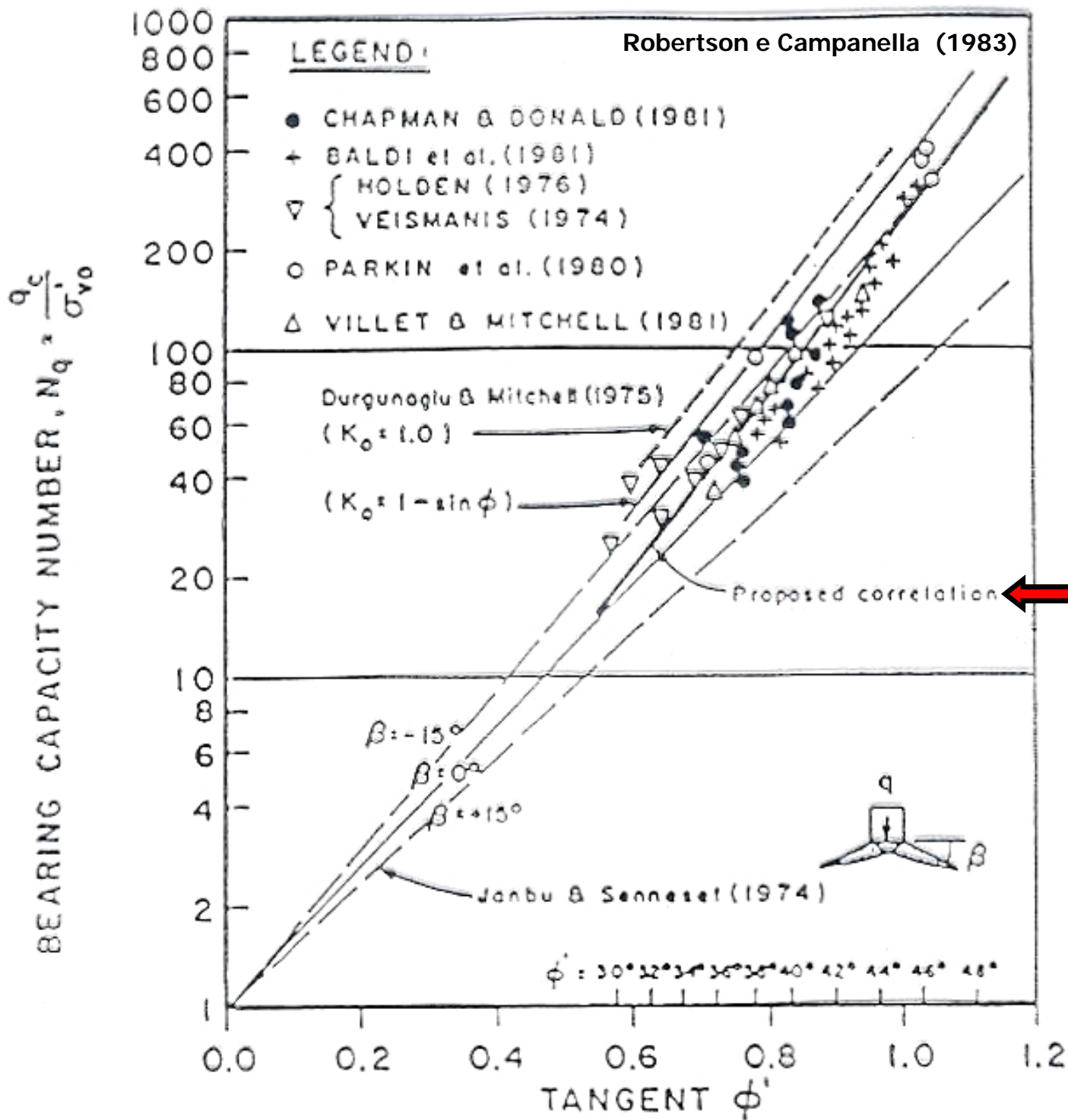
con  $\beta$  variabile tra 1.8 e 2.6 nelle sabbie sciolte e tra 6 e 19 in quelle dense.

Nel caso dei terreni a grana fine la prova avviene in condizioni non drenate. Utilizzando le formule statiche, ossia l'espressione teorica della resistenza alla punta in condizioni non drenate di un palo di fondazione, è possibile scrivere:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_z}{N_c}$$

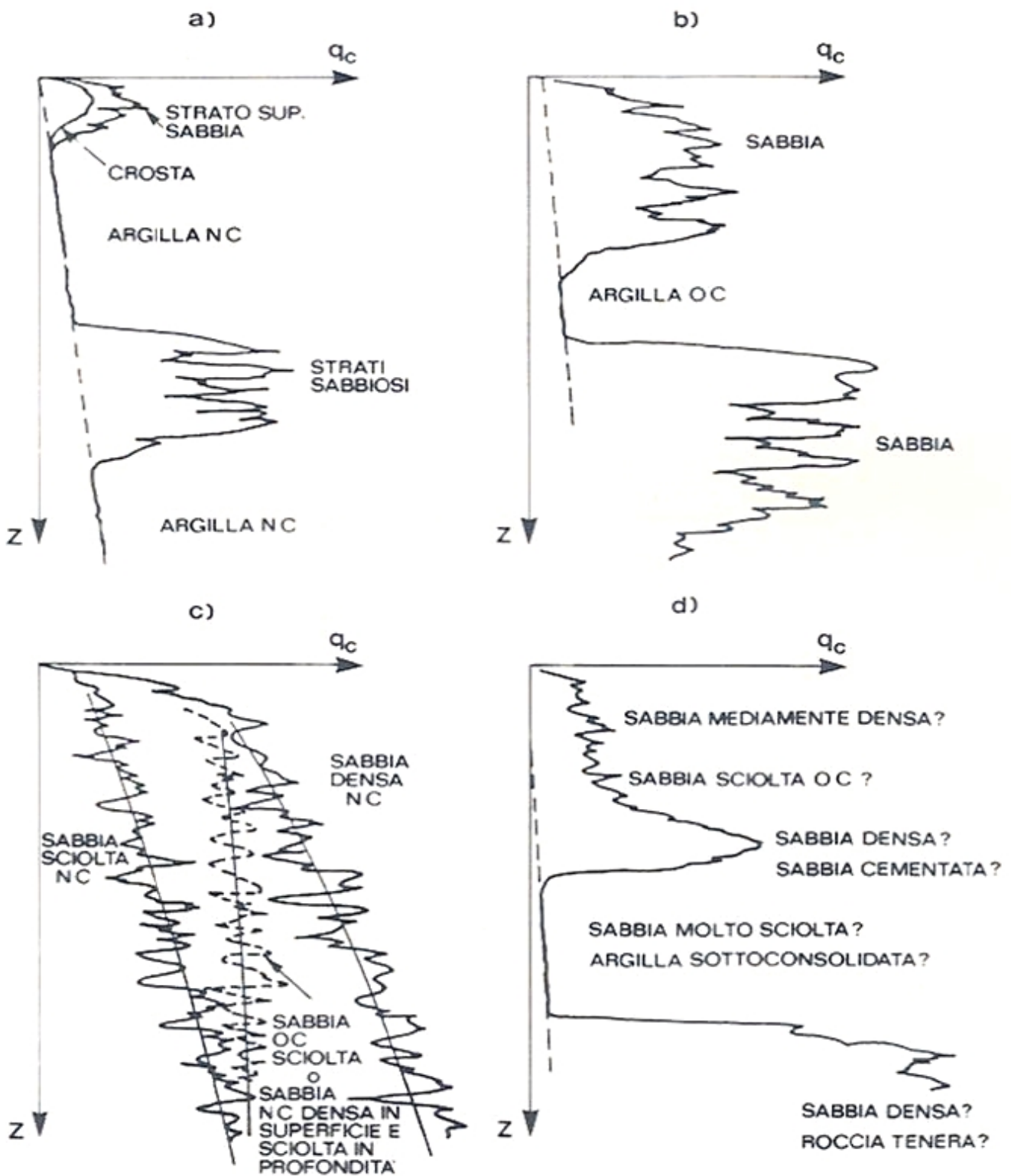
in cui il coefficiente adimensionale  $N_c$  assume valori variabili tra 10 e 30, minori di 15 in argille molli o poco consistenti e maggiori di 15 in quelle consistenti o molto consistenti.

## Esempi di correlazioni empiriche tra risultati delle prove CPT e proprietà dei terreni attraversati

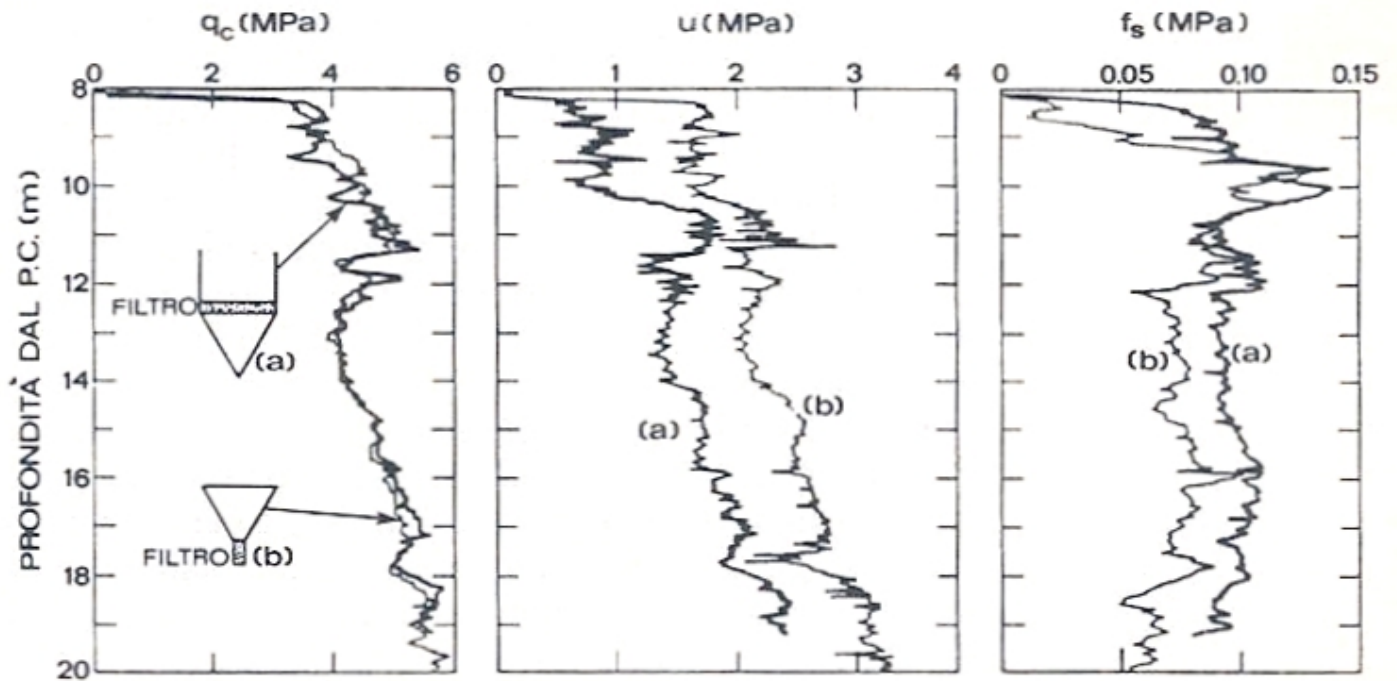




## Uso del CPT a fini stratigrafici



## Uso del CPT a fini stratigrafici



$$FR = q_c / f_s$$

| Terreni                       | FR        |
|-------------------------------|-----------|
| Torbe ed argille organiche    | $\leq 15$ |
| Limi ed argile                | 15-30     |
| Limi sabbiosi e sabbie limose | 30-60     |
| Sabbie e sabbie con ghiaia    | $\geq 60$ |

## Uso del CPT a fini stratigrafici

