

# **FONDAZIONI**

**ing. Nunziante Squeglia**

**SPERIMENTAZIONE SUI PALI**

# SPERIMENTAZIONE

## - SCOPI -

### INFORMAZIONI PER IL PROGETTO DELLA PALIFICATA

- **Prove di carico di progetto (palo strumentato o non)**

### VERIFICA DELLA ESECUZIONE E DELLE PRESTAZIONI

- **Prove di carico di verifica**
- Carotaggio
- Diagrafia sonica
- Metodi radiometrici
- **Prove ecometriche**
- Prove di ammettenza meccanica
- Prove di carico dinamiche

# DETERMINAZIONE DEL CARICO LIMITE

**Approcci disponibili:**

- **Formule statiche**
- **Formule empiriche**
- **Formule dinamiche**
- **Determinazione diretta (n°  
6)**

## **PROVE DI CARICO (NT, 2018)**

**Prove di verifica:  $Q_{\max} > 1.5 Q_{SLE}$  (1.2, se strumentato)**

**Numero delle prove di verifica: 1 (< 20), 2 (21, 50), 3 (51, 100), 4 (101, 200), 5 (201, 500),  $5 + n/500$  (> 500)**

**Meno prove statiche di verifica se almeno il 50% dei pali è controllato nella sua integrità**

**Prove di progetto:  $Q_{\max} = 2.5 Q_{SLE}$  (come progetto del contrasto); cedimento del 10% o del 5% per la definizione di  $Q_{lim}$**

**Prove pilota su pali di grande diametro: se opportunamente strumentati, palo con  $d$  minore, stessa lunghezza e tecnologia**

# **PROVE DI CARICO**

## **Considerazioni generali**

**Per le prove di progetto la tecnologia e le modalità esecutive devono essere le stesse previste per la costruzione**

**Le prove di progetto devono essere eseguite in un sito ben caratterizzato**

**Le prove di collaudo devono essere eseguite su pali scelti a caso dopo la costruzione**

**I pali battuti in terreni coesivi devono essere sottoposti a prova dopo la dissipazione delle  $\Delta u$  dovute alla battitura**

**PROVE DI CARICO**  
**Applicazione del carico**

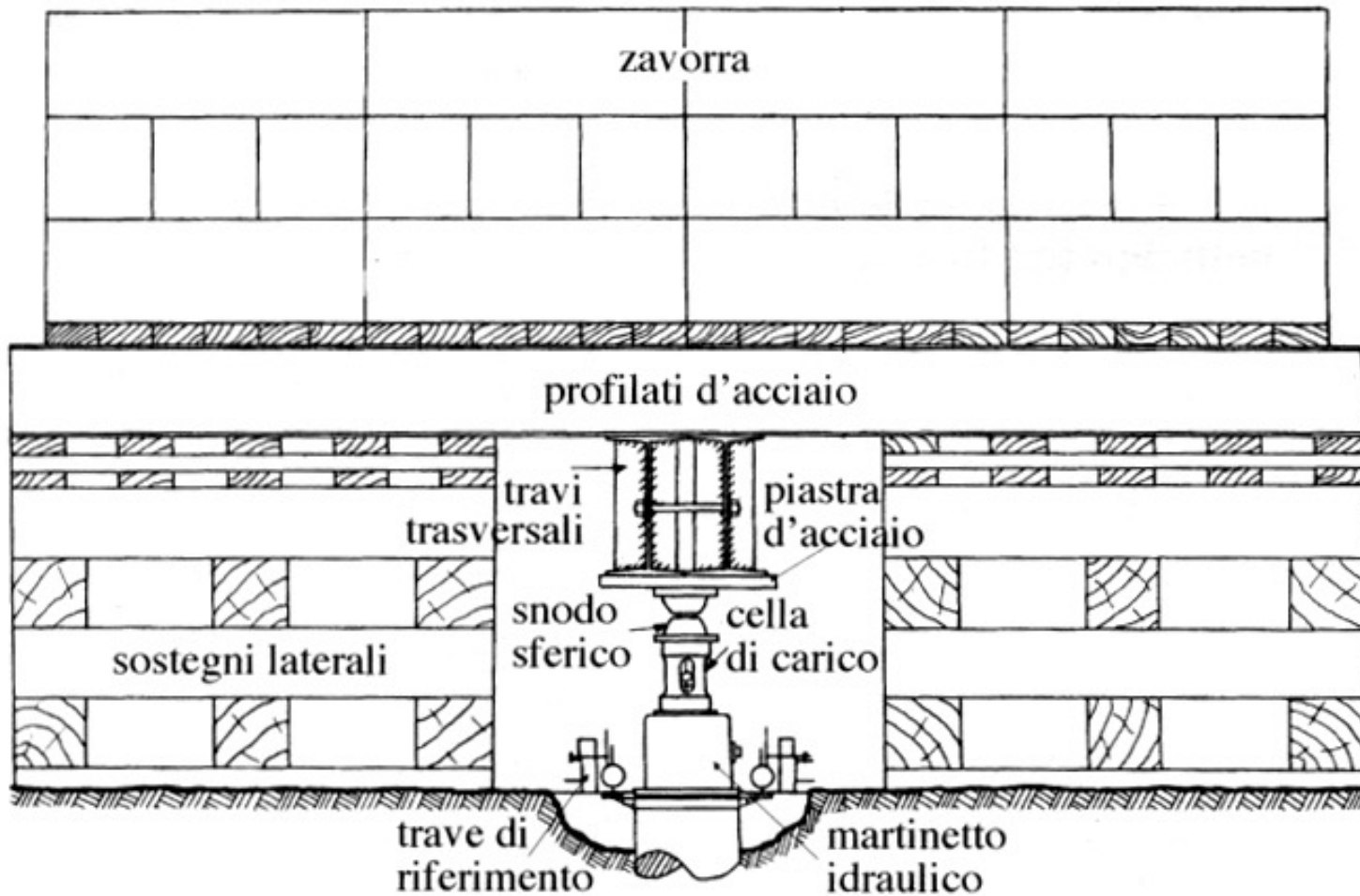
**Martinetto idraulico**

Carico massimo, corsa, compensazione del cedimento

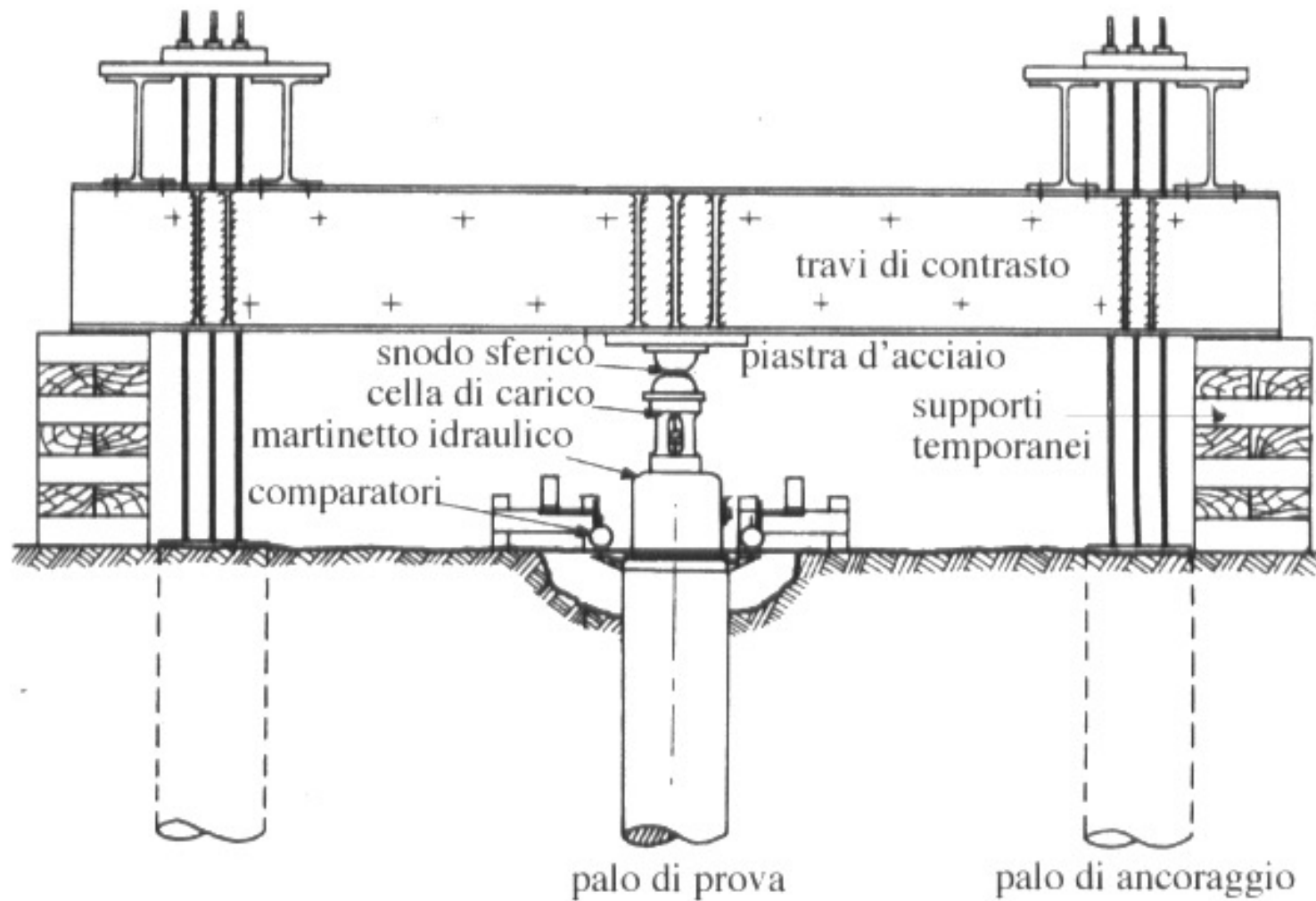
**Contrasto**

Zavorra (cls, piombo, ghisa), pali, ancoraggi

## Schema di prova con zavorra

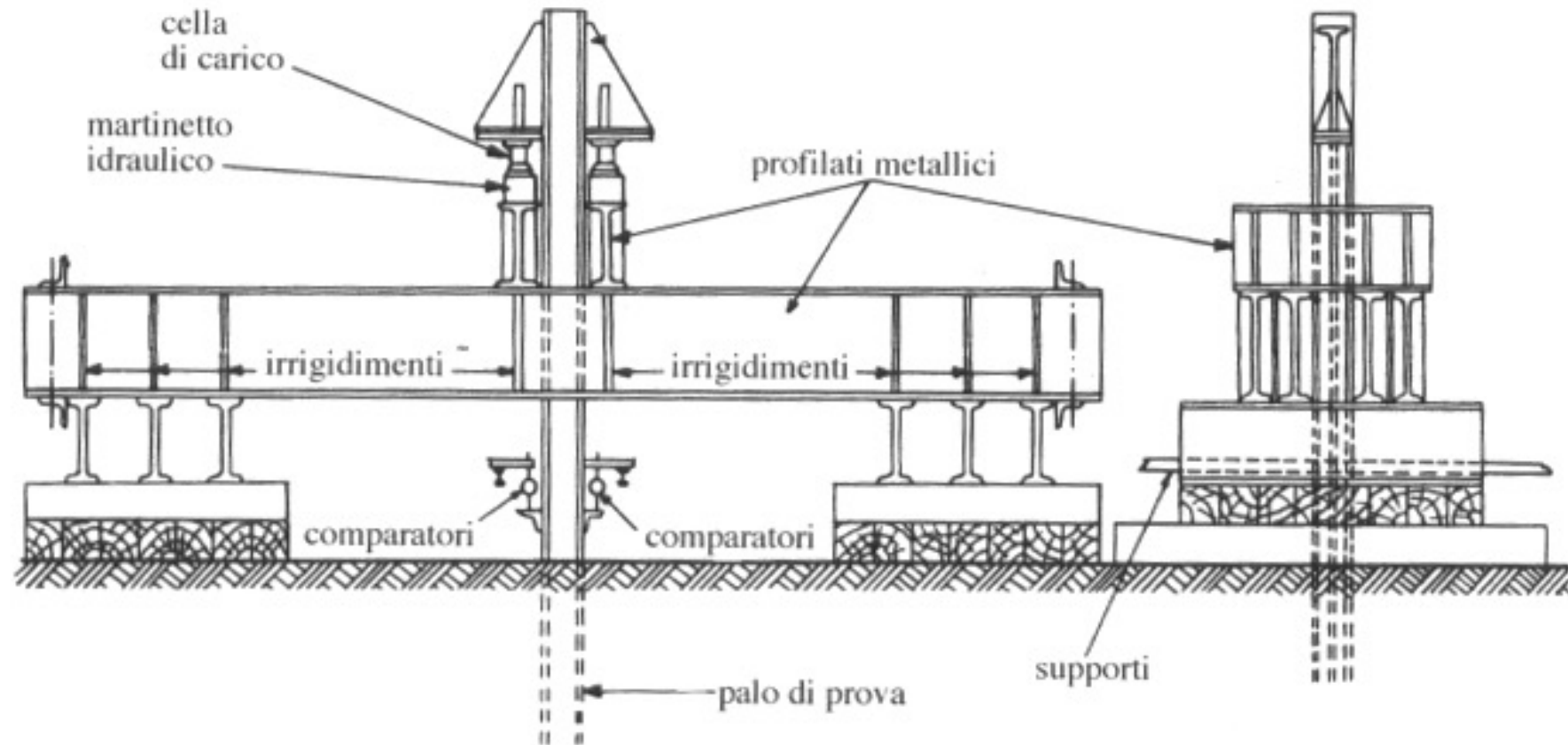


## Schema di prova con pali di ancoraggio





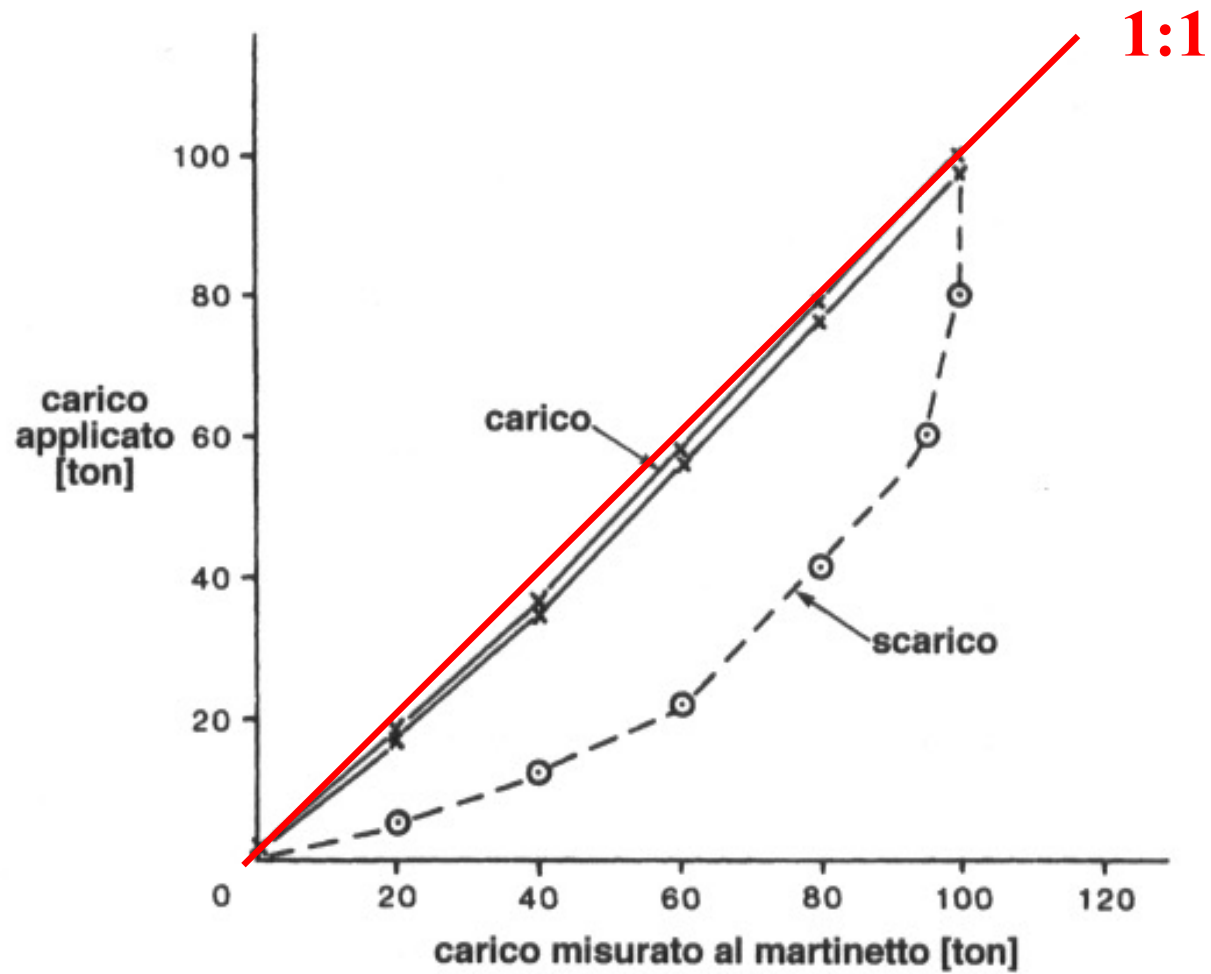
## Schema di prova di carico a trazione



# Misura del carico

- **Misura della pressione idraulica nel martinetto (!!!)**
- **Cella di carico idraulica (misura di pressione)**
- **Colonna di carico (misura di spostamento)**
- **Anello dinamometrico (misura di spostamento)**
- **Celle di carico a strain gauges o corda vibrante (misura di resistenza elettrica o frequenza)**

# Misura del carico



## Misura degli spostamenti della testa

### Comparatori centesimali

Supporti infissi a distanza dal palo e dai supporti della zavorra ( $> 3m$  e  $3d$ )

Escursioni termiche (osservazione di 12 h)

Corsa utile dei comparatori

Minimo tre comparatori

### Livellazione ottica di precisione

Minimo tre punti di misura

Livello topografico (0.01 mm, lamina a facce pian parallele)

Punto “fisso” sufficientemente lontano

## Misura lungo il fusto del palo *Barrette estensimetriche*



## Sintesi delle informazioni disponibili

- Geometria del palo e tecnica di esecuzione
- Carico applicato
- Spostamenti della testa del palo
- Spostamenti lungo il fusto (se strumentato)

# PROVE DI CARICO

## Informazioni ricavabili dalla prova

- Curva carichi – cedimenti
- Carico limite del palo
- Deformazioni lungo il fusto del palo
- Carico assiale lungo il fusto del palo
- Curve di mobilitazione della resistenza laterale ed alla punta

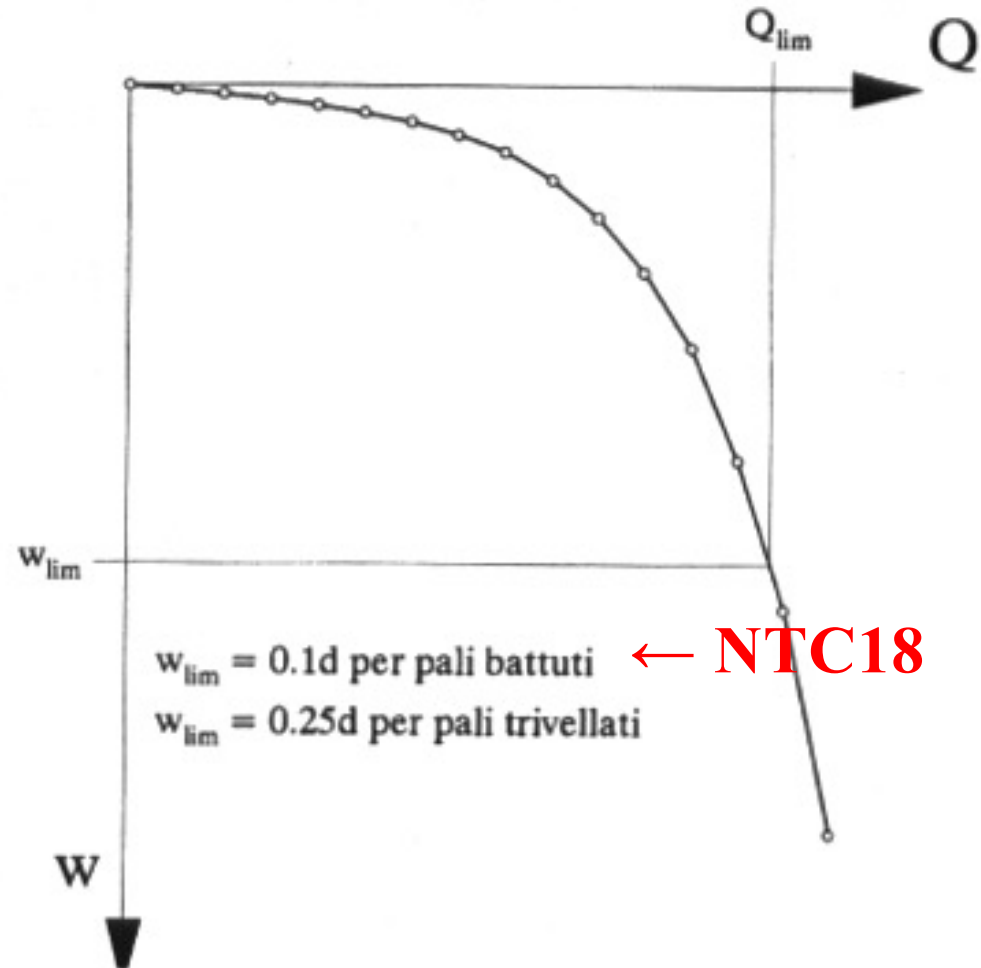
## Modalità di prova (ASTM D1143M, 2009)

- A. Quick Test ( $\Delta Q = 5\% Q_{lim}$ ;  $\Delta t$  tra 4' e 15')**
- B. Maintained Test ( $\Delta Q = 25\% Q_{SLE}$ ;  $\dot{\Delta s} = 0.25 \text{ mm/h}$   
 $\Delta t < 2 \text{ h}$ )**
- C. Loading in Excess of Maintained Test (...2° ciclo...)**
- D. Constant Time Interval Loading Test ( $\Delta Q = 20\% Q_{SLE}$ ;  
 $\Delta t = 1 \text{ h}$ )**
- E. Constant Rate of Penetration ( $\Delta s / \Delta t = 0.25 \div$   
 $1.25 \text{ mm/h}$ ;  $0.75 \div 2.50 \text{ mm/h}$ )**
- F. Constant Movement Increment Test ( $\Delta s = 0.01 D$ ;  $\Delta t$ :  
 $\Delta Q < 1\%$  in 1h)**
- G. Cyclic Loading Test (come B con cicli al 50%, 100% e  
150% di  $Q_{SLE}$  con  $\Delta t = 20 \text{ min}$ )**



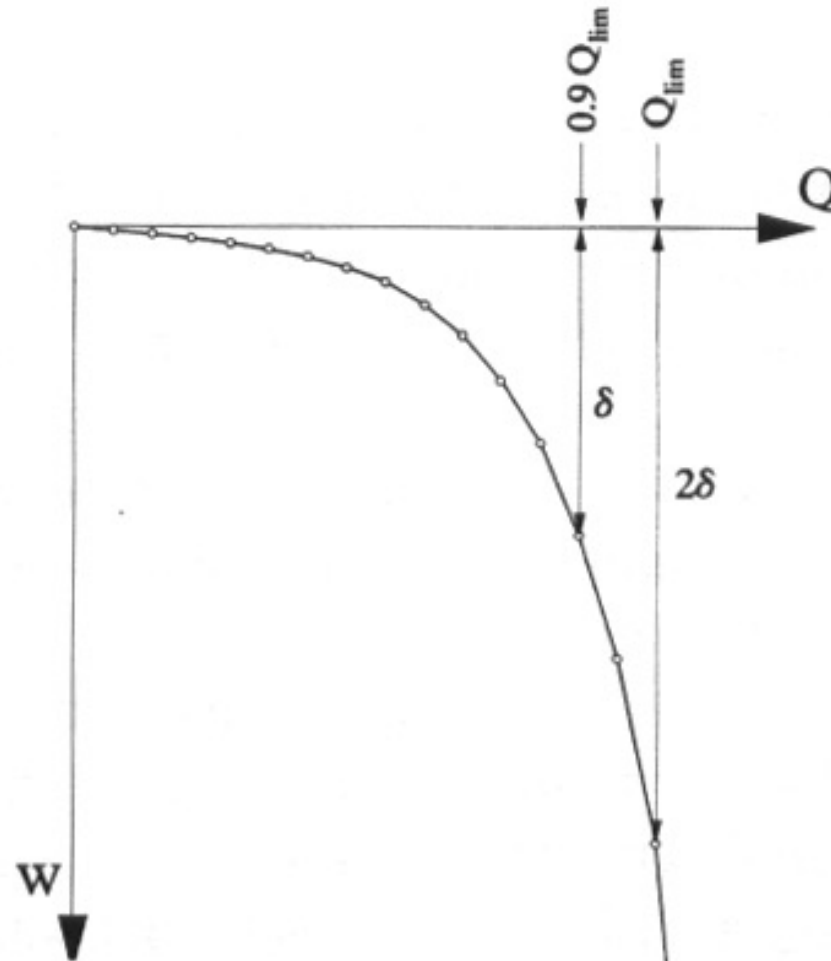
## Interpretazione delle misure

### Determinazione del carico limite (1)

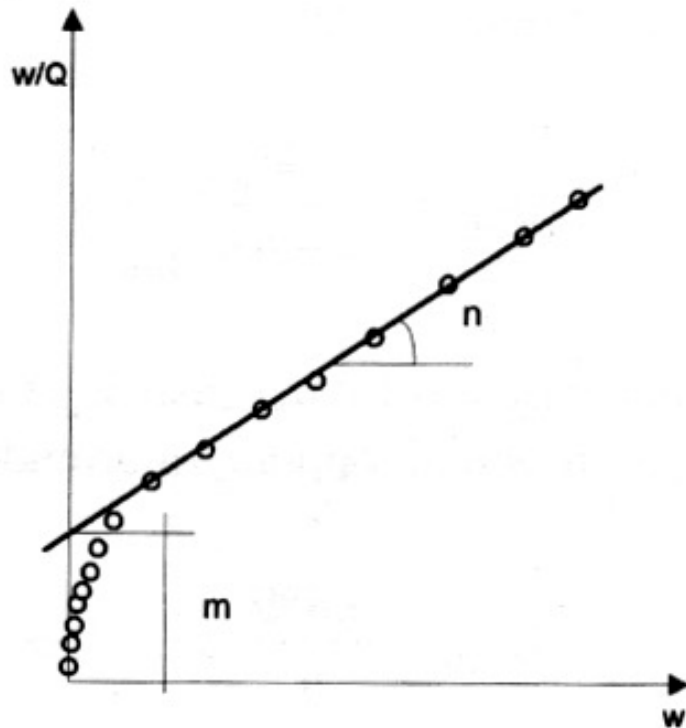


## Interpretazione delle misure

### Determinazione del carico limite (2)



Interpretazione delle misure  
Determinazione del carico limite (3)  
*Interpretazione iperbolica*



$$Q = \frac{w}{m + n \cdot w}$$

**Interpretazione delle misure**  
**Determinazione del carico limite**  
*Suggerimenti per l'uso dell'interpretazione iperbolica*

$$Q_{\text{lim}} = \frac{0.9}{n}$$

**Taglio dell'asintoto**

$$Q_{\text{lim}} = \frac{W_{\text{lim}}}{m + n \cdot W_{\text{lim}}}$$

**Criterio del cedimento (0.1 – 0.25d)**

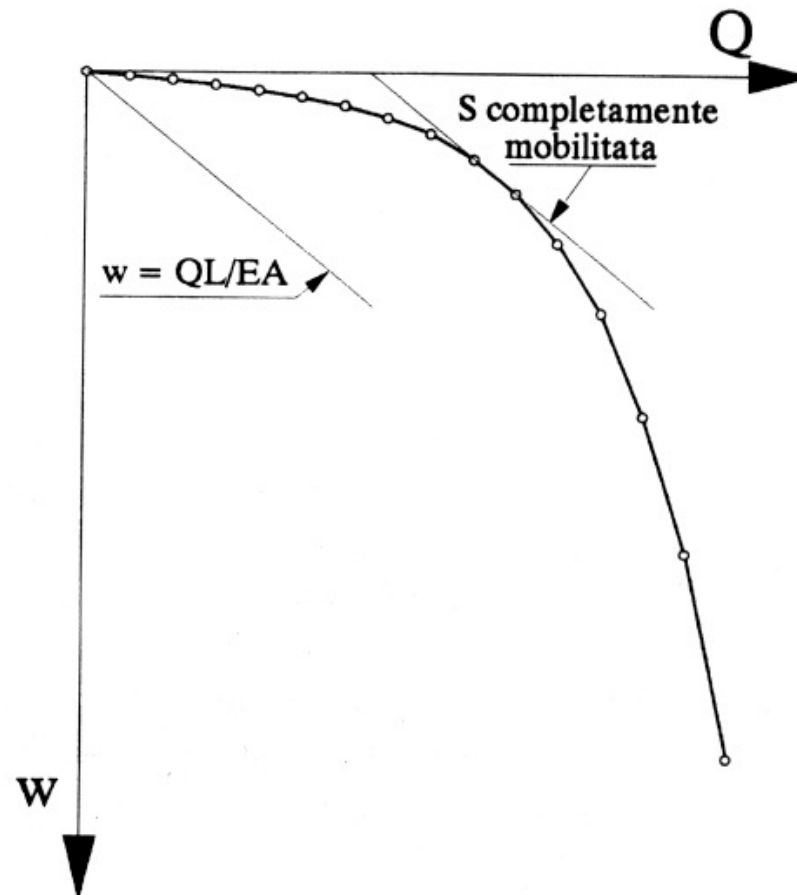
$$Q_{\text{lim}} = \frac{0.889}{n}$$

**Criterio del raddoppio del cedimento**

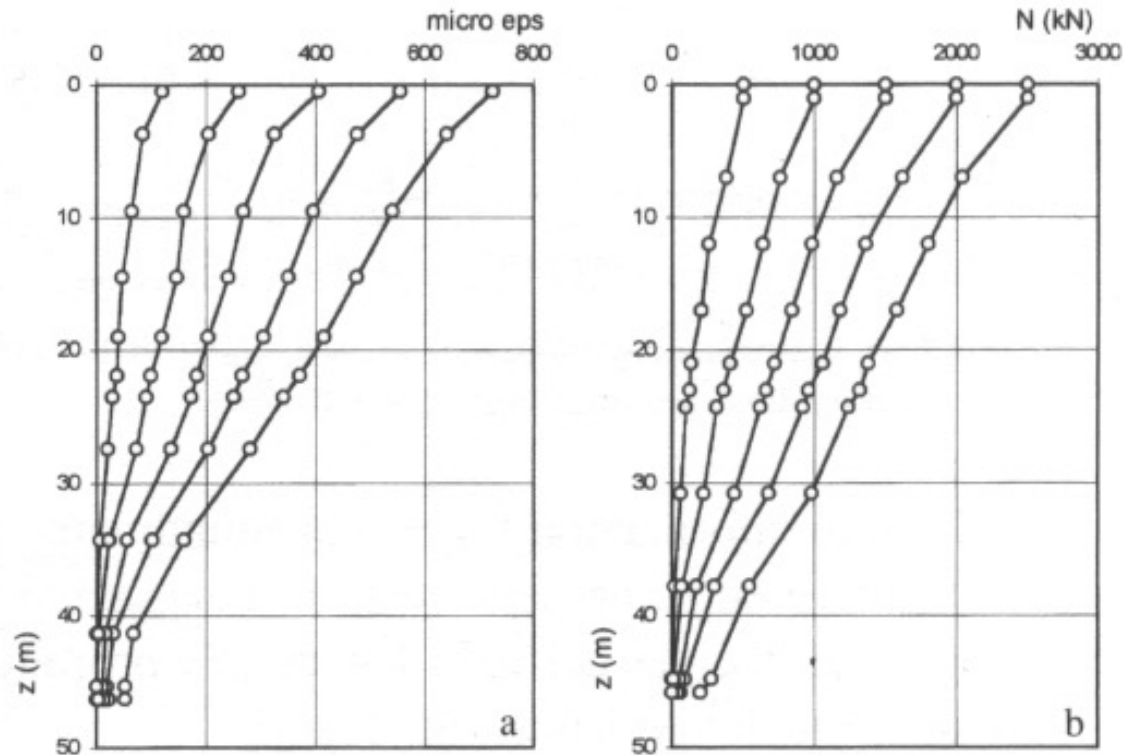
# Interpretazione delle misure

## Curva carico - cedimento

*Mobilizzazione della resistenza laterale*

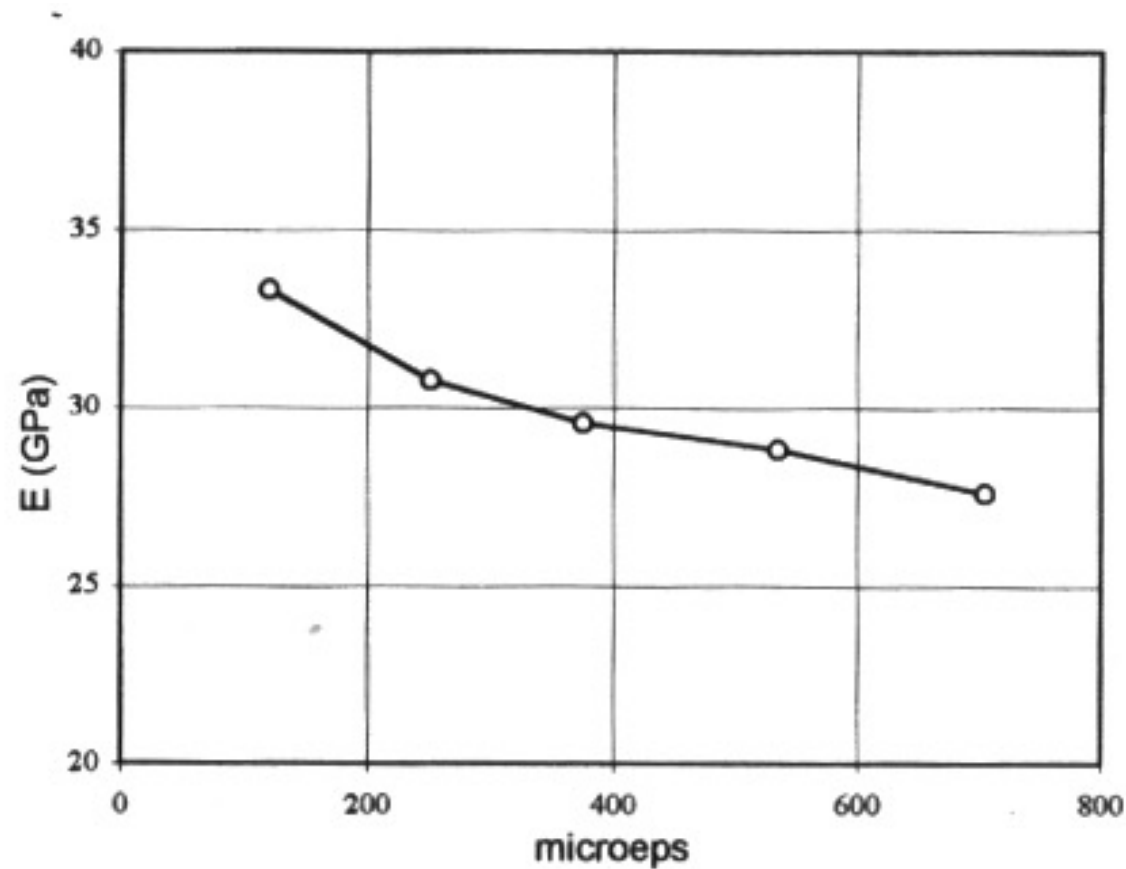


# Interpretazione delle misure Palo strumentato

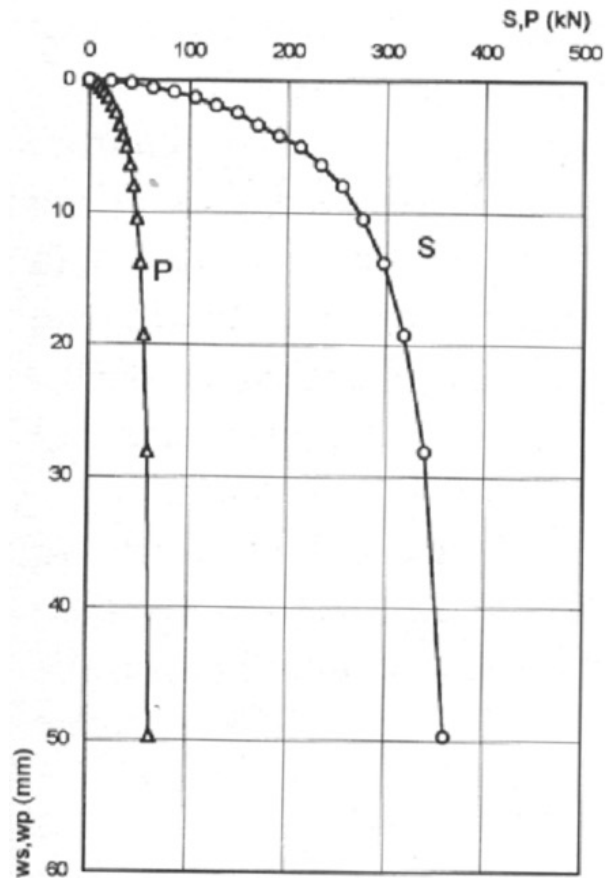


Per passare da  $\varepsilon$  ad  $N$  devo conoscere  $E$  e la sezione

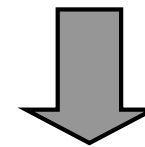
# Interpretazione delle misure Palo strumentato



## Interpretazione delle misure Palo strumentato



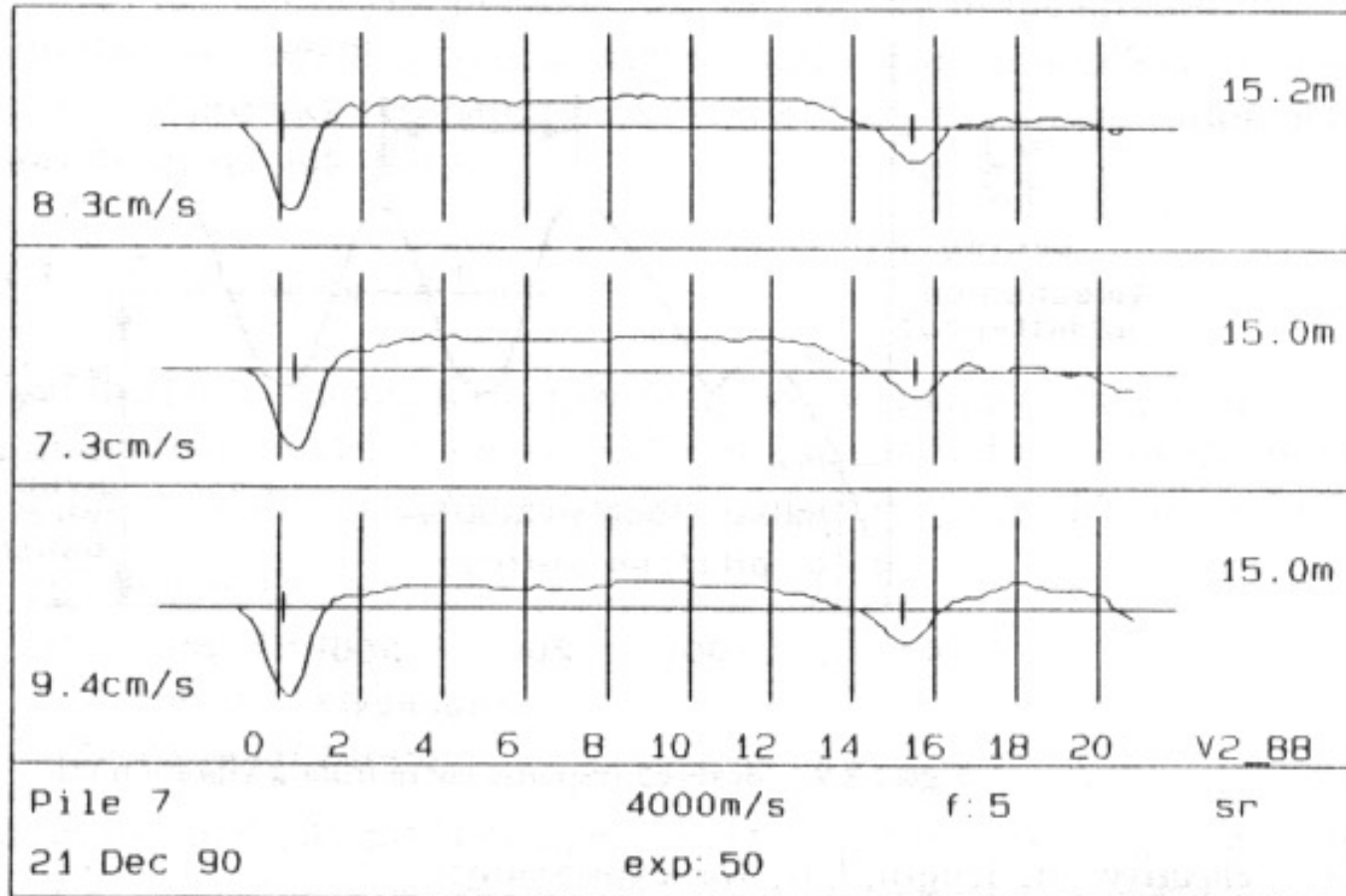
Curve di trasferimento di P ed S,  
ma anche di p ed s



**Parametri di progetto!!**



# Prove ecometriche



## Prove ecometriche

Celerità delle onde meccaniche

$$V_L = C \times V_R \quad (C \approx 1.9)$$

In alternativa  $V_L = 4000 \text{ m/s}$

**Non adatte per pali a sezione variabile o giuntati**