

Corso di Idrogeologia Applicata
Dr Alessio Fileccia

Strumenti ed indagini idrogeologiche

Le immagini ed i testi rappresentano una sintesi, non esaustiva, dell'intero corso di Idrogeologia tenuto presso il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste. Il programma completo prevede, oltre agli argomenti in elenco e per ogni capitolo, una serie di esercizi con applicazione delle formule analitiche, la descrizione di alcuni software specifici per geostatistica, prove di portata, modellistica ed un'uscita con prove pratiche in un campo pozzi. Le lezioni sono periodicamente aggiornate e controllate. Per una versione definitiva, informazioni, segnalazione di errori o commenti, rivolgersi a:

Dr Alessio Fileccia (geofile@libero.it)

Per scaricare l'intero corso: www.disgam.units.it/didattica/insegnamenti-13.php

(figure e foto sono dell'autore, se non diversamente specificato)

**La conoscenza della geologia è propedeutica
e fondamentale per qualunque tipo
di intervento sul territorio.**

**Non vi è niente di più utile di una carta
geologica ed una sezione
per l'esame preliminare di un problema.**

**La geologia di base deve venire per prima
e se essa è frammentaria, inesatta o mancante
tutto quello che ne deriva è errato ed inutile**

(Wallace, 1975)

Principale strumentazione utilizzata

Attrezzi vari (chiavi, lampada, casco, corda, pinze, tronchese, leva, stivali alti, mazzetta, bussola, cordella, sacchetti, tubo trasparente, metro, fascette, camera d'aria, tabelle comparative, cronometro...)

Freatimetro

Tester

Conducimetro da laboratorio e da pozzo

Setacci per granulometrie

Campionatore per acqua

Livello topografico e stadia

Sonda di livello e multiparametrica

Analizzatore di gas

Computer palmare e/o portatile

GPS

La setacciatura

Si usa per costruire la curva granulometrica, cioè la distribuzione in peso delle diverse classi di diametro, delle particelle per un materiale incoerente.

Si utilizzano 6-8 setacci impilati e sottoposti ad agitazione. I granuli passano attraverso le maglie dei setacci a seconda della loro dimensione. Le aperture sono via via inferiori nella parte bassa.



Setacciatore

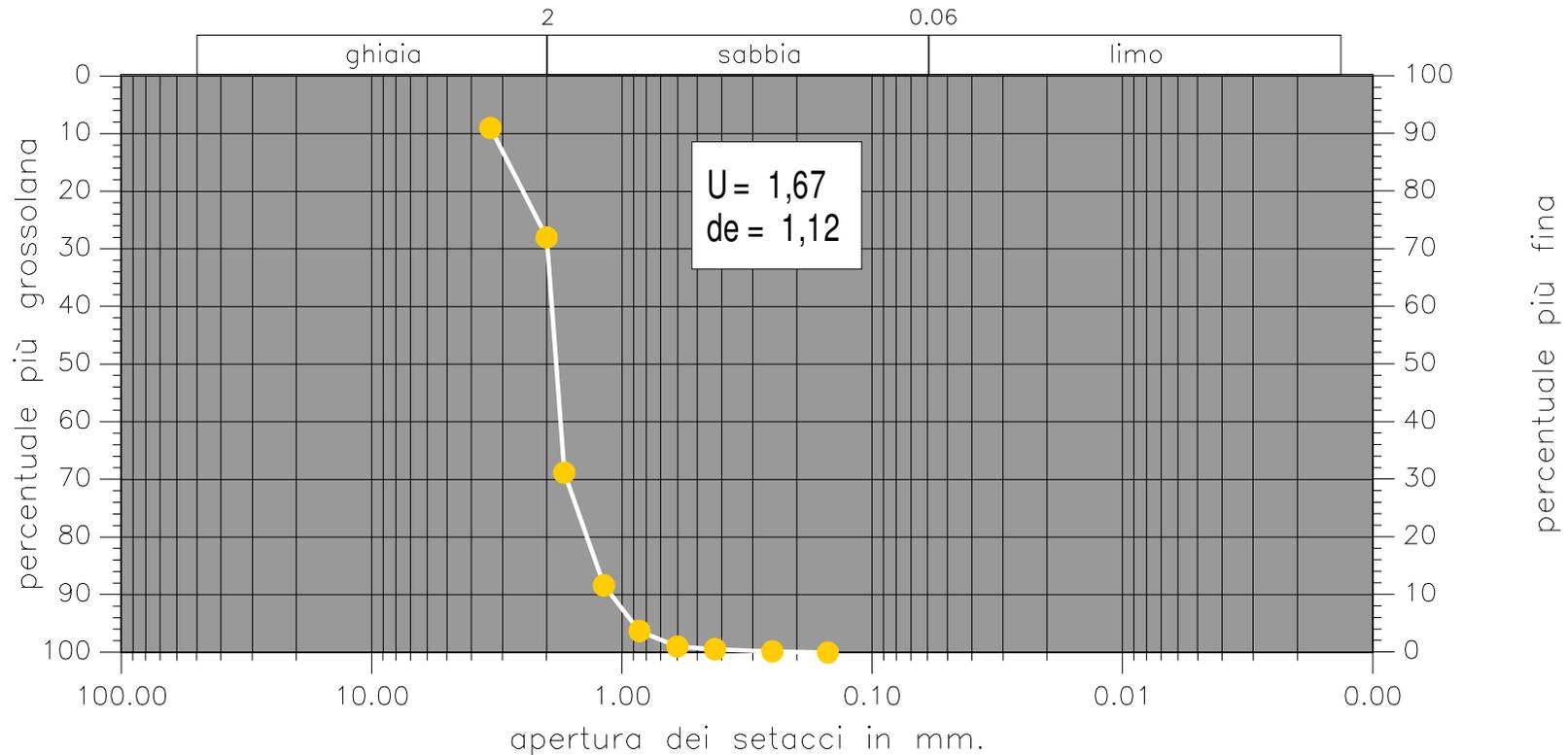


Alla fine della setacciatura il materiale raccolto in ogni setaccio di maglia nota viene pesato. Se la densità del sedimento è assunta costante, il valore ponderale è proporzionale al volume $\rightarrow m = V \cdot \rho_s$

Particolare della maglia di un setaccio

Costruzione della curva granulometrica dalla setacciatura

| | | | | | | | | | | | | Peso totale |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------------|
| n. setaccio ASTM | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 | 30 | 40 | 60 | 100 | Fondo | | ascissa |
| Diametro mm | 3,35 | 2 | 1,7 | 1,18 | 0,85 | 0,6 | 0,425 | 0,25 | 0,15 | | | ascissa |
| peso (mg) | 45,2 | 95,1 | 204 | 97,8 | 39,5 | 13,6 | 2,2 | 1,9 | 1 | 0,1 | 500,3 | |
| % della frazione | 9,03 | 19,01 | 40,78 | 19,55 | 7,90 | 2,72 | 0,44 | 0,38 | 0,20 | 0,02 | | |
| % più grossa del diametro del setaccio | | | | | | | | | | | | |
| | 9,04 | 28,05 | 68,82 | 88,37 | 96,27 | 98,99 | 99,43 | 99,81 | 100,01 | 100,03 | | ordinata |

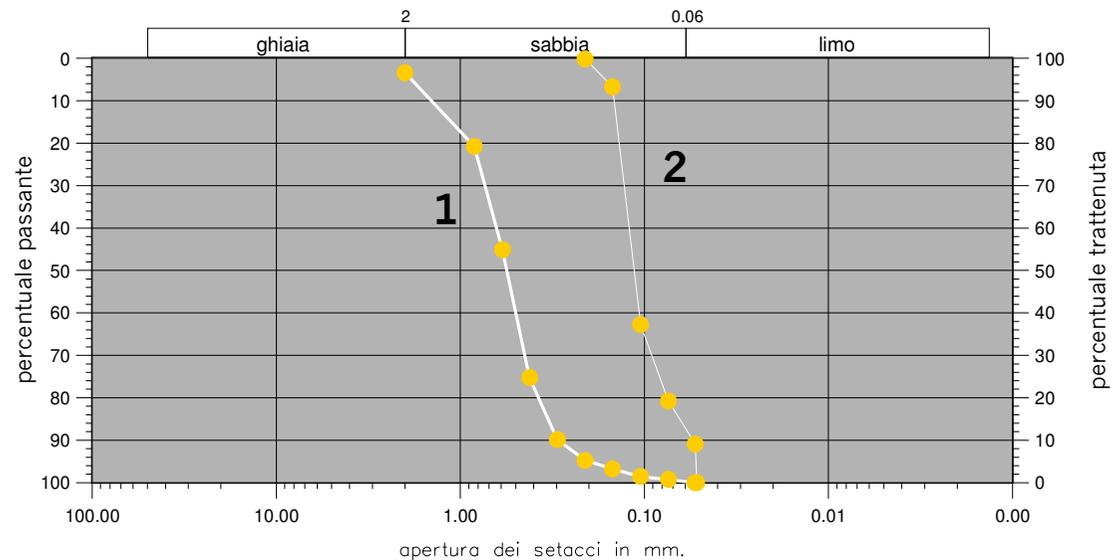


Costruire e commentare le due curve granulometriche

1

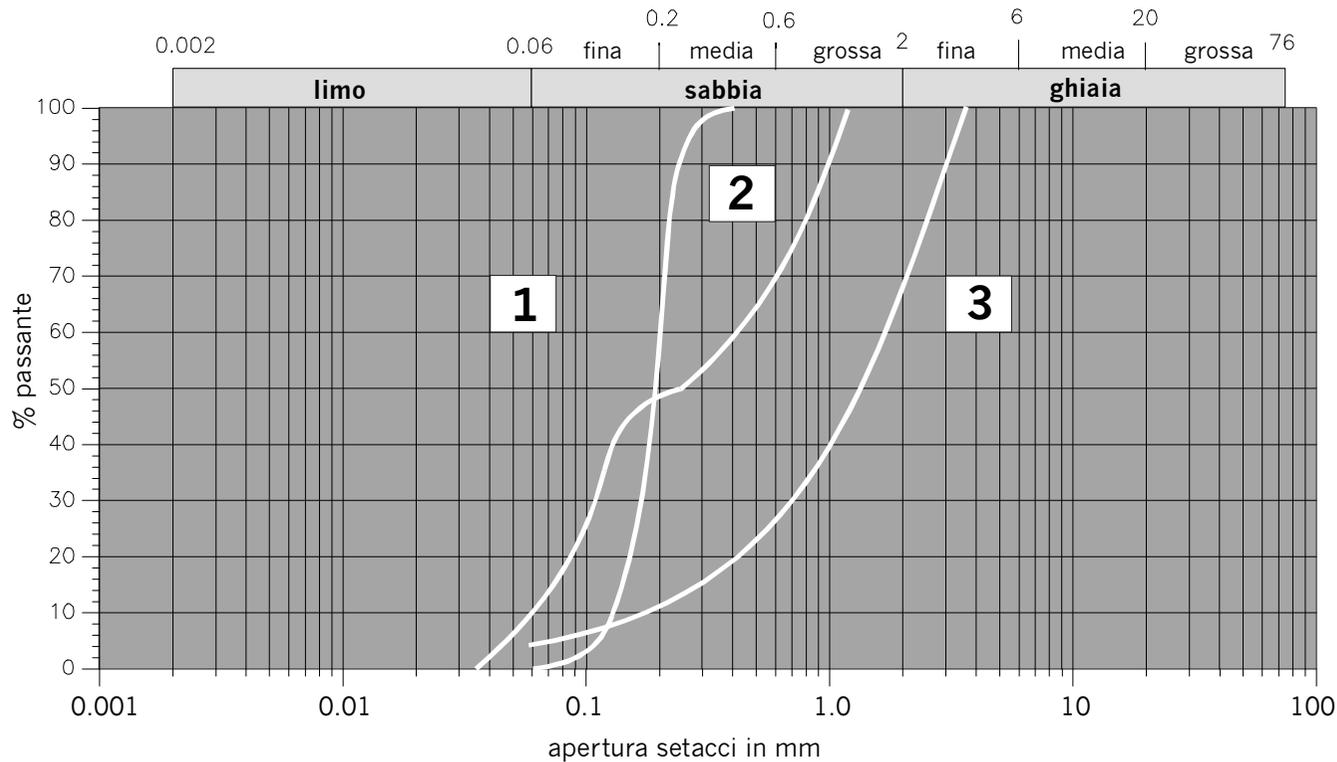
2

| ASTM | mm | % trattenuto | % passante | % trattenuto | % passante |
|--------------------|--------|--------------|------------|--------------|------------|
| 10 | 2 | 3.41 | 3.41 | | |
| 20 | 0.84 | 17.35 | 20.76 | | |
| 30 | 0.59 | 24.34 | 45.1 | | |
| 40 | 0.42 | 30.14 | 75.24 | | |
| 50 | 0.297 | 14.59 | 89.83 | | |
| 70 | 0.21 | 4.92 | 94.75 | 0.15 | 0.15 |
| 100 | 0.149 | 2.03 | 96.78 | 6.57 | 6.72 |
| 140 | 0.105 | 1.75 | 98.53 | 56.04 | 62.76 |
| 200 | 0.074 | 0.69 | 99.22 | 17.99 | 80.75 |
| 270 | 0.053 | 0.78 | 100 | 10.13 | 90.88 |
| | <0.053 | | | 9.12 | 100 |
| calcolare d50 | | | | | |
| calcolare U | | | | | |
| per i due campioni | | | | | |



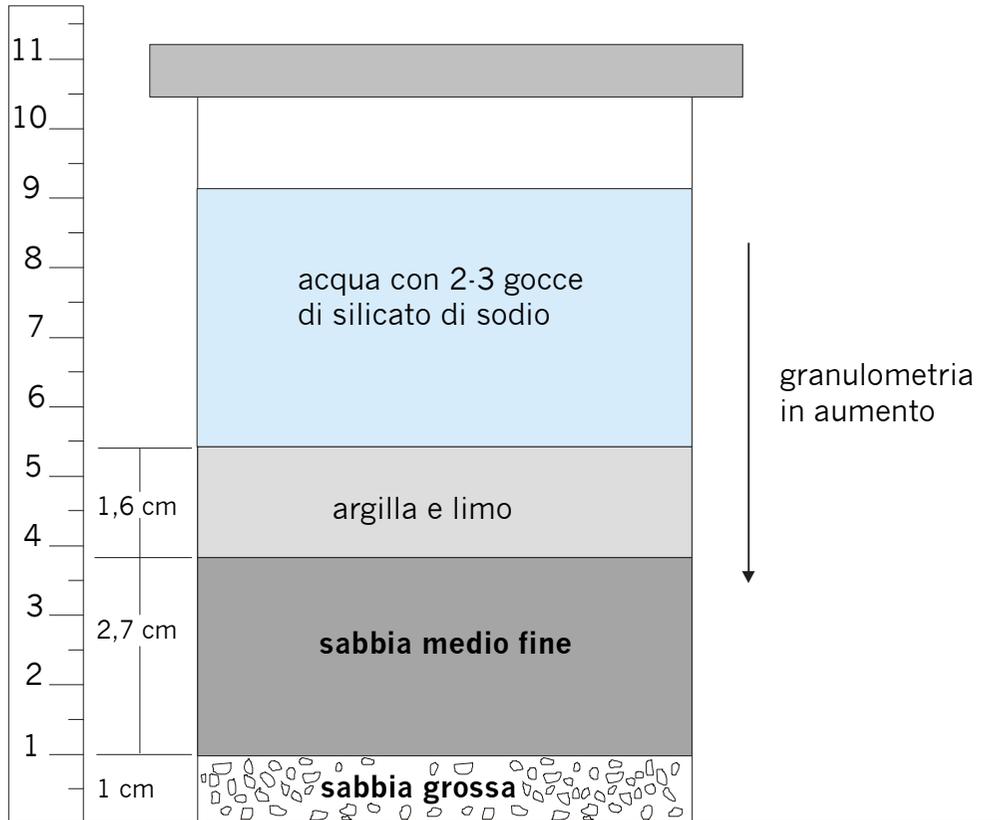
(Idrogeologia: Strumenti ed indagini idrogeologiche)

Uniformità delle curve granulometriche



Dopo la setacciatura si costruisce la curva granulometrica riportando i valori su grafico semilog. La figura riporta in ascissa le aperture dei setacci in mm ed in ordinata le percentuali di peso di campione passante dalle aperture. Nei tre esempi, 1 è una sabbia uniforme, 2 è una sabbia poco gradata da fine a media, 3 è un materiale ben gradato limoso, sabbioso, ghiaioso.

Analisi granulometrica speditiva



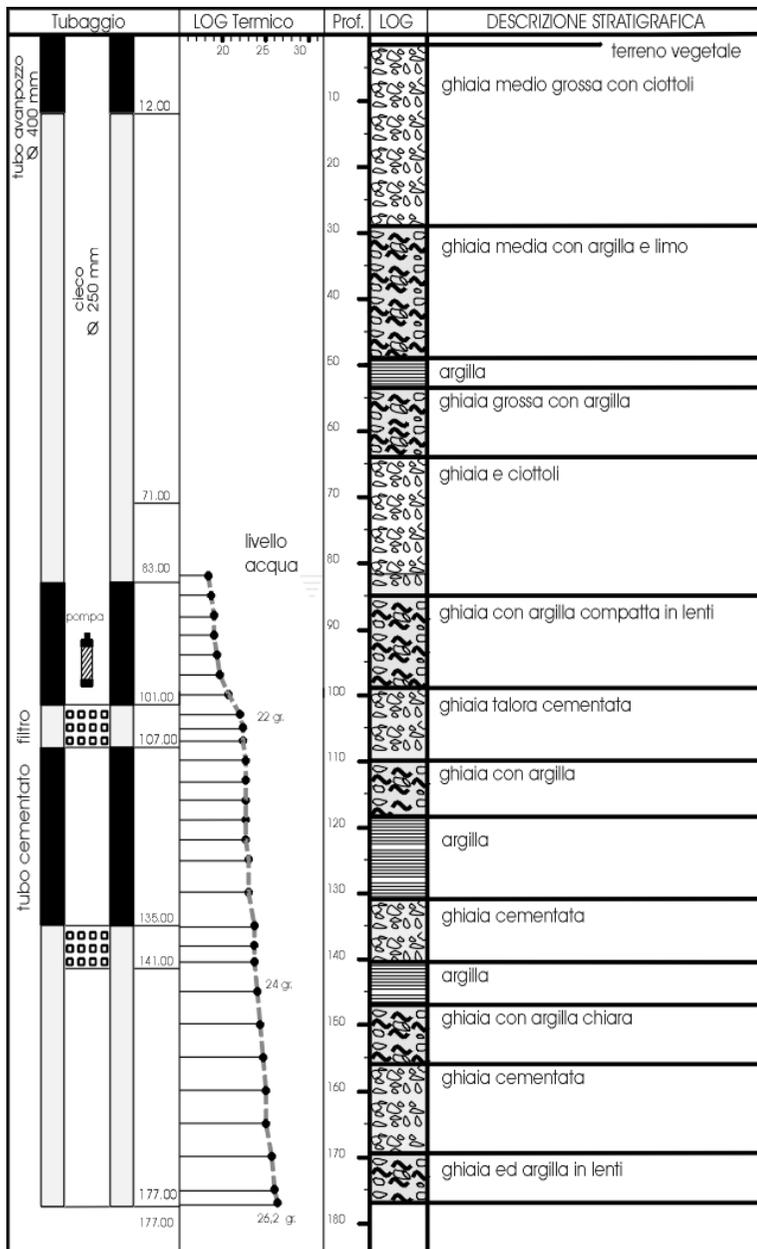
(Brassington)

Una valutazione approssimata della granulometria di un sedimento si può effettuare con un barattolo di vetro riempito d'acqua. E' sufficiente un contenitore di circa 1/2 litro, e se possibile qualche goccia di flocculante (silicato di sodio). Mettere una porzione significativa del campione ed agitare vigorosamente, quindi lasciare a riposo per qualche ora (max 24) o fino a che l'acqua è trasparente. Stimare i diametri da una carta di comparazione e calcolare le percentuali con le proporzioni:

argilla e limo: $1,6/5,3 \times 100 = 30\%$

sabbia medio fine: $2,7/5,3 \times 100 = 51\%$

sabbia grossa: $1/5,3 \times 100 = 19\%$



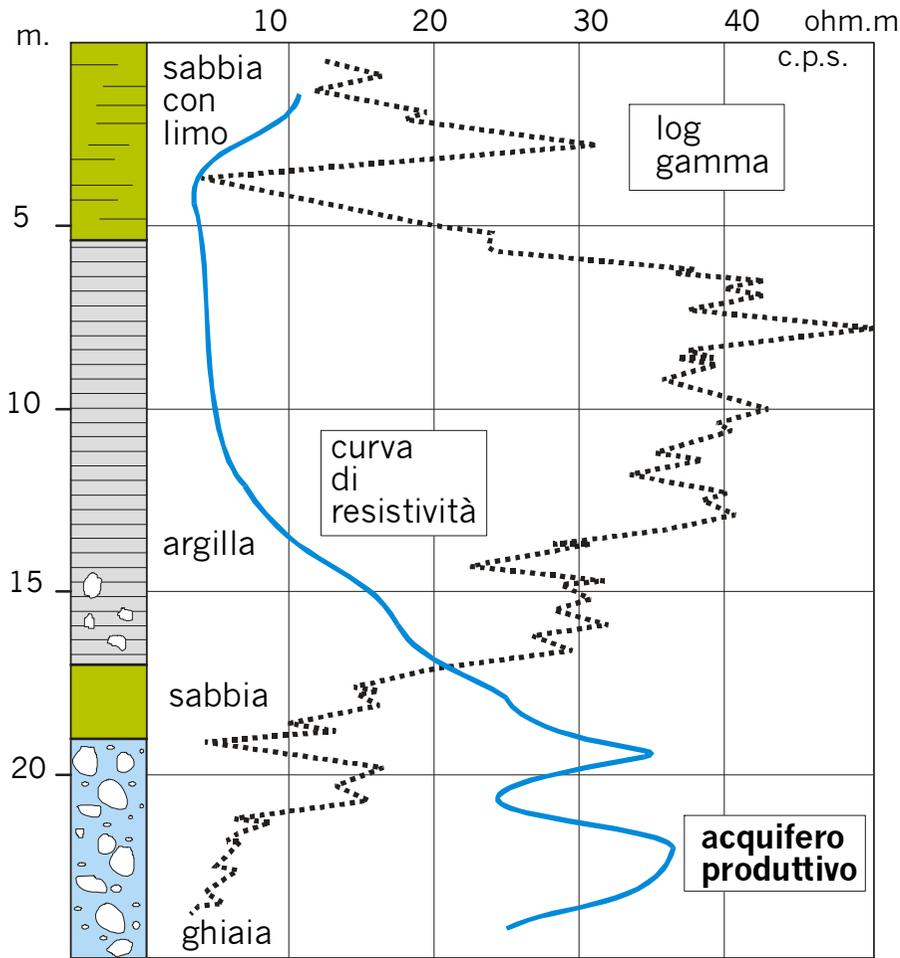
(S. Bonifacio, VR)



Esecuzione di log termico in pozzo

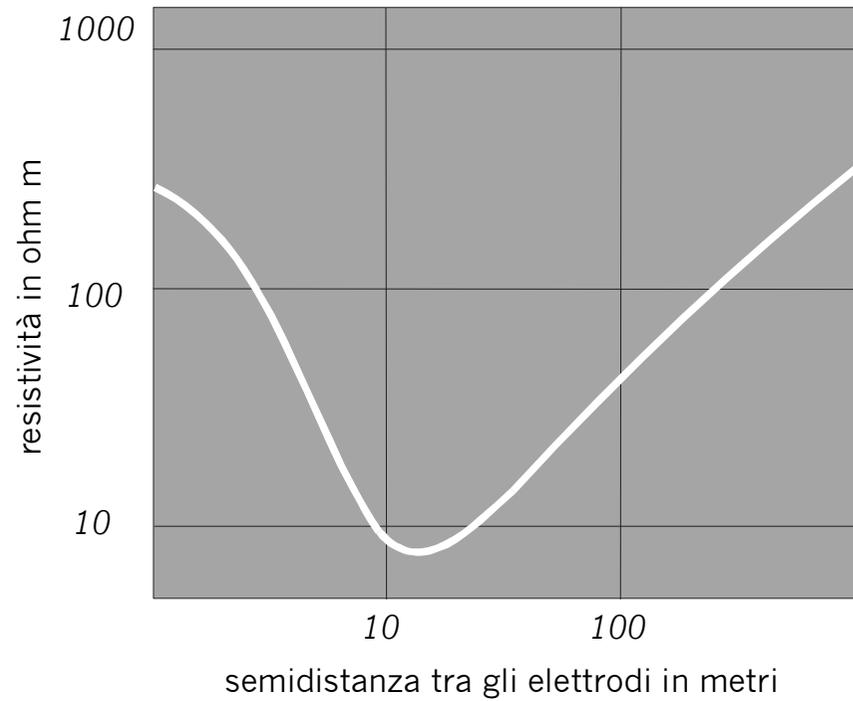
Per la captazione di acque termali è utile conoscere la profondità degli orizzonti con acque calde, sia per decidere la posizione dei filtri sia, come in questo caso, per ritrovare la loro quota e decidere la profondità della pompa.

Stratigrafia del pozzo GB 25



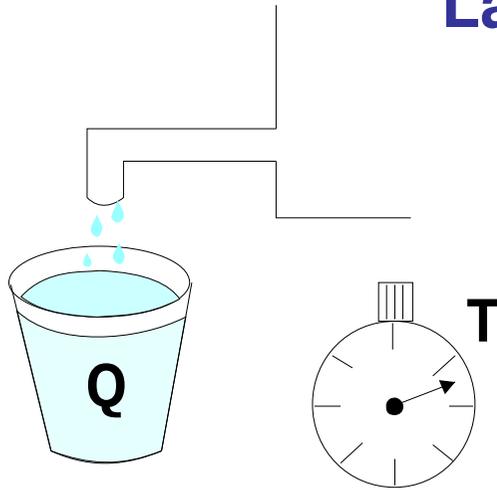
(Rural Water Supply, Liberia)

Curva ricavata sulla base della stratigrafia



(Idrogeologia: Strumenti ed indagini idrogeologiche)

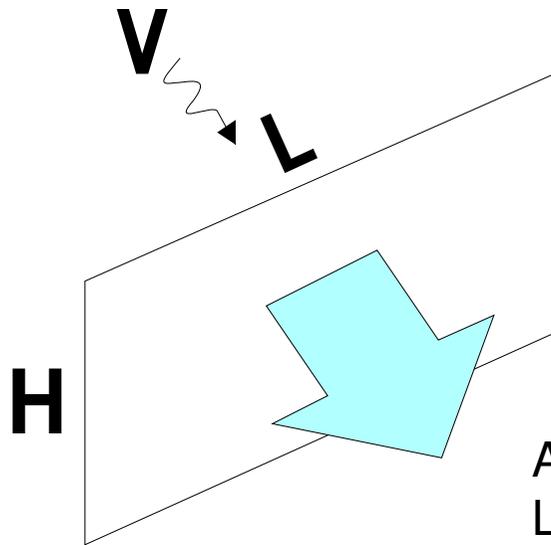
La misura della portata di un corso d'acqua



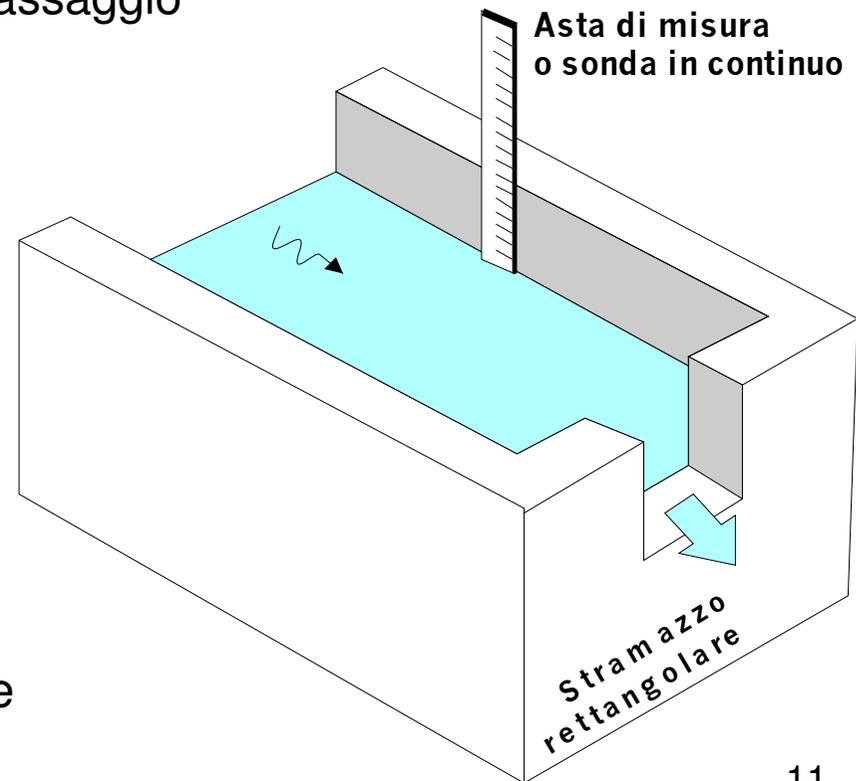
Portata (Q) è il volume di acqua che passa nell'unità di tempo
 Q/t , si misura in mc/sec
ora $m^3 / \text{sec} = m^2 \times m/\text{sec}$

Quindi la portata possiamo misurarla anche calcolando
la velocità del corso d'acqua moltiplicandola poi per l'area
della sezione di passaggio

$$Q = H \times L \times V$$



Area della sezione
 $L \times H$



MISURE DI PORTATA DELLA SORGENTE.....

Sezione n. 1 ; Area sezione: Velocità media: Portata totale:

Data: Ora: N. misura: Strumento: ; Condizioni dell'acqua:

limpida;

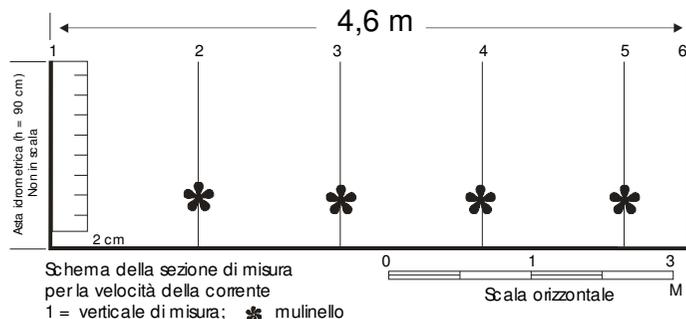
Note: asta idrometrica fissata al bordo ovest del canale (h = 90 cm), lo zero idrometrico parte a 2 cm sopra il fondo; sezione di misura liscia e regolare per un tratto di circa 5 m a monte; Lettura all'asta idrometrica:

Ubicazione: 70 m a valle della briglia (150 m a valle dell'emergenza);

Formule: velocità media sulla verticale singola $(V^1 + 2V^2 + 3V^3 + 3V^4 + 2V^5 + V^6) / 12$;

velocità media delle verticali: $(V^1 m + 2V^2 m + 3V^3 m + 3V^4 m + 2V^5 m + V^6 m) / 12$

| Verticale n. | Distanza da origine | Largh. sezione | Prof. acqua | Altezza elica dal f. | Velocità | Velocità media |
|--------------|---------------------|----------------|-------------|----------------------|----------|----------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

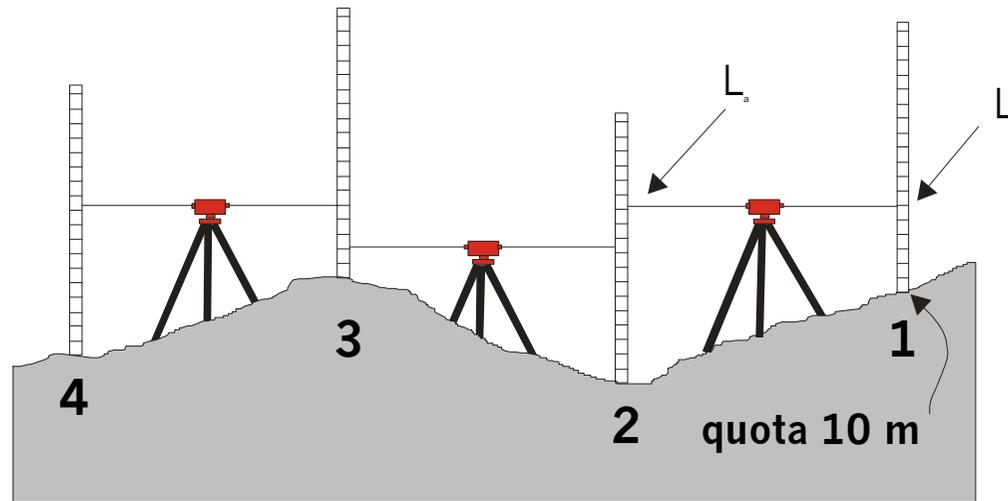


Misure di velocità della corrente con mulinello



(Sorgente Fium, BL)

Livellazione topografica per camminamento



quota di partenza (1) = 10 m

quota linea di mira: $10 + L_i$

dislivello $1 - 2 = L_i - L_a$

quota punto 2: quota linea di mira - L_a



(Fiume Piave, TV)

Strumenti di posizionamento



Il sistema GPS permette di posizionare un punto sulla superficie terrestre con precisione variabile dal mm a pochi metri (x,y,z). E' in sostanza costituito da uno strumento che riceve mediante un'antenna i segnali di satelliti in orbita geostazionaria.

Il sistema più in uso (Navstar-GPS) è costituito da 31 satelliti. In particolare, le funzioni principali svolte dal ricevitore GPS sono le seguenti :

- selezionare uno o più satelliti “visibili”
- acquisire i segnali GPS
- mantenere l'aggancio con i satelliti selezionati
- estrarre i dati di navigazione dal segnale
- fornire i valori calcolati di posizione e/o velocità

Un semplice strumento come quello in figura, permette al geologo di posizionare con errore di 6-10 m pozzi ed affioramenti rocciosi ed inoltre mediante le funzioni “tracce” e “rotte” di eseguire rilievi topografici o profili di discreto dettaglio per riportarli su di una cartografia georeferenziata.

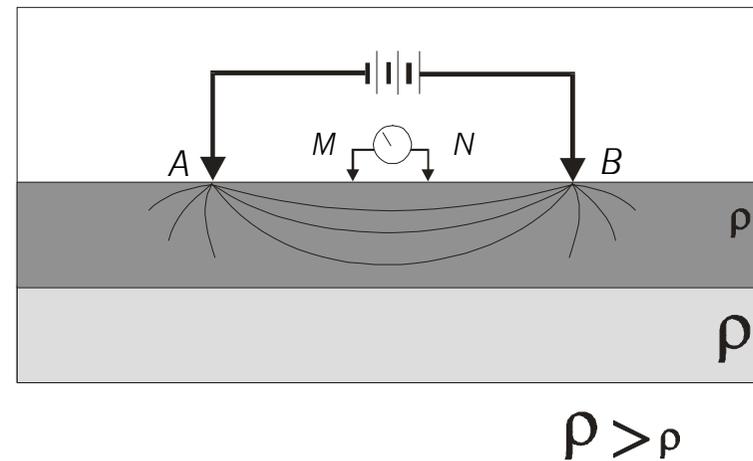
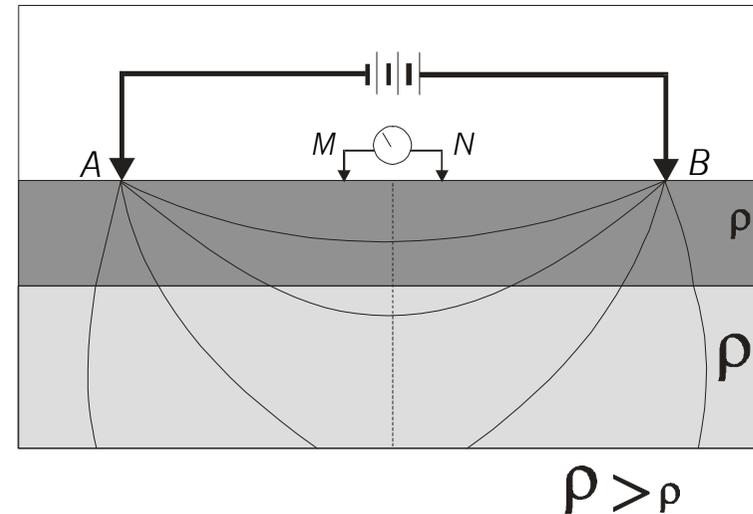
*12 canali paralleli ; 1000 waypoint in memoria; impermeabilità IPX7 - sommersibile
display 160x240 pixel; TFT 256 colori; basemap dettagliato; abilitato WAAS/EGNOS
autonomia fino a 30 ore con 2 batterie AA; Interfacce antenna; alimentazione esterna
collegamento con PC*

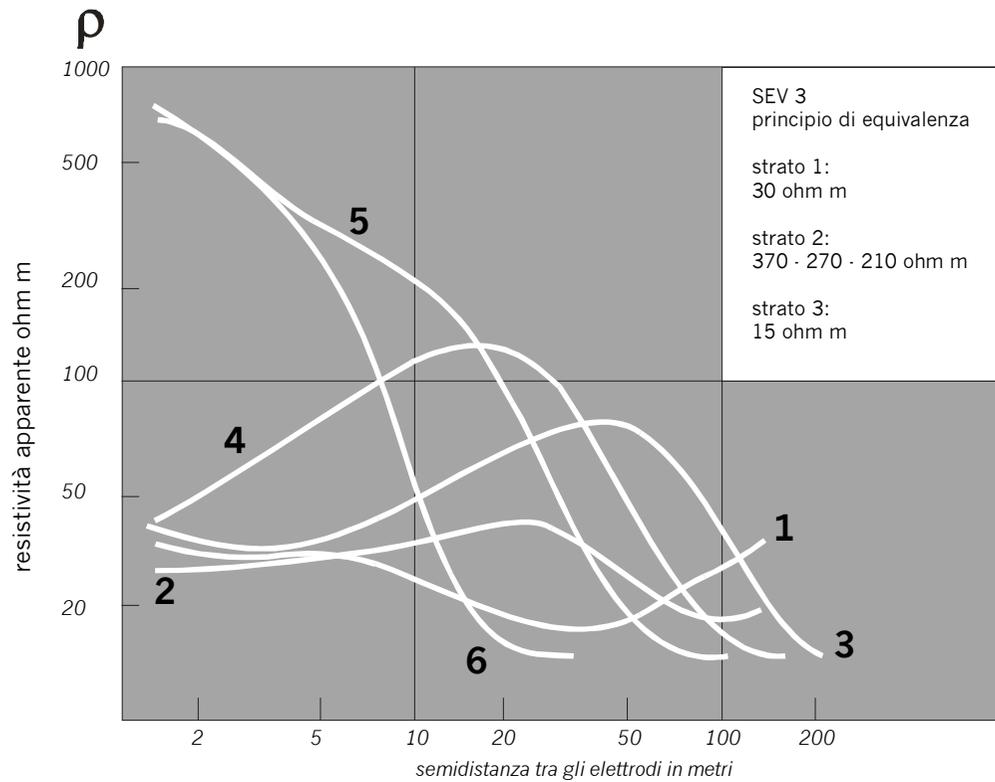
Esecuzione di sondaggi elettrici verticali



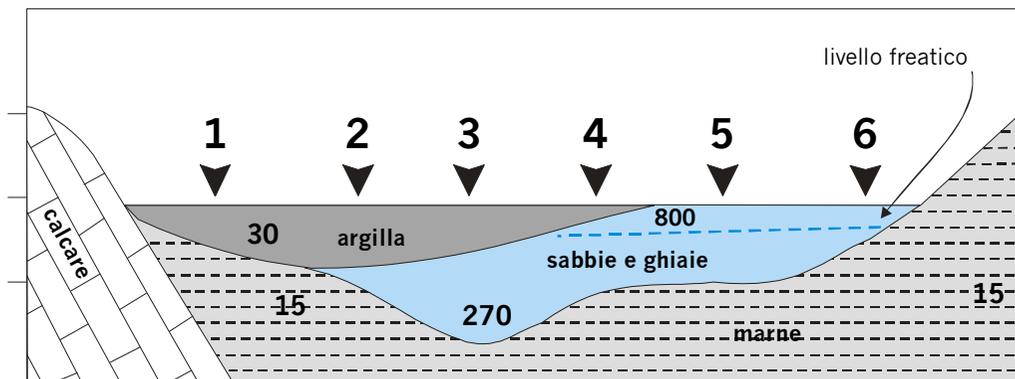
(Sondaggi elettrici verticali, Kanchanabury, Thailandia)

la profondità d'investigazione aumenta
distanziando gli elettrodi di corrente (A-B)





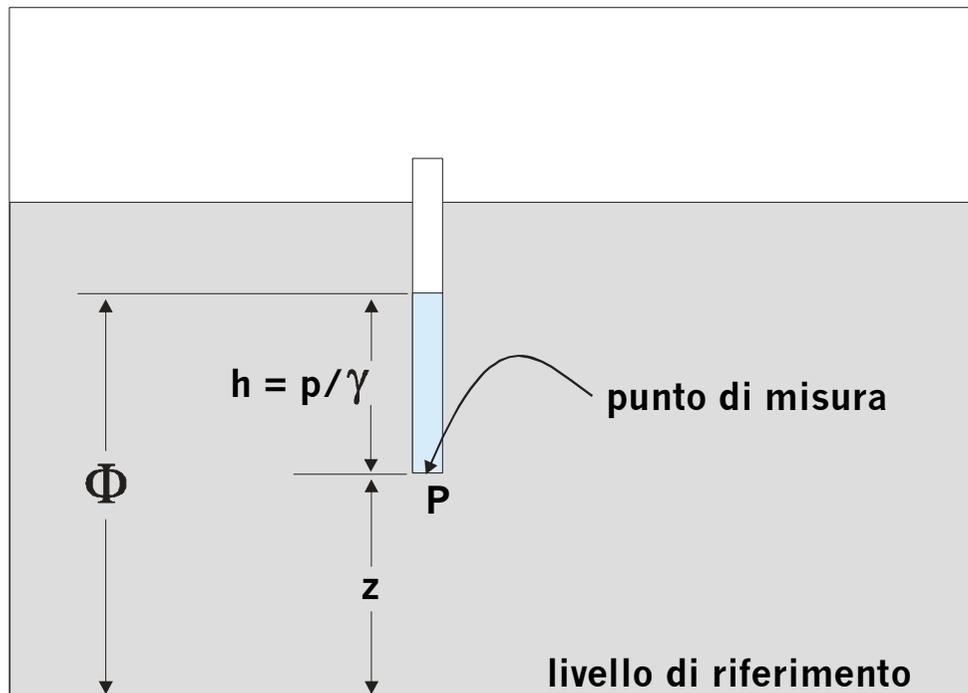
Esempio d'interpretazione di sondaggi elettrici verticali su diverse successioni stratigrafiche



Misuratori di livello e sonde multiparametriche

Misurando la pressione in un liquido, si può determinarne il livello, applicando il principio di Pascal.

Questo vale, evidentemente, per temperature costanti; nella maggior parte delle applicazioni, la temperatura varia di 10 ... 20 °C, e l'errore indotto dalle variazioni di densità è trascurabile. Se le variazioni di temperatura sono più grandi, l'errore può arrivare ad alcuni % della misura; in questo caso, per correggere il risultato, vanno misurate contemporaneamente pressione e temperatura.



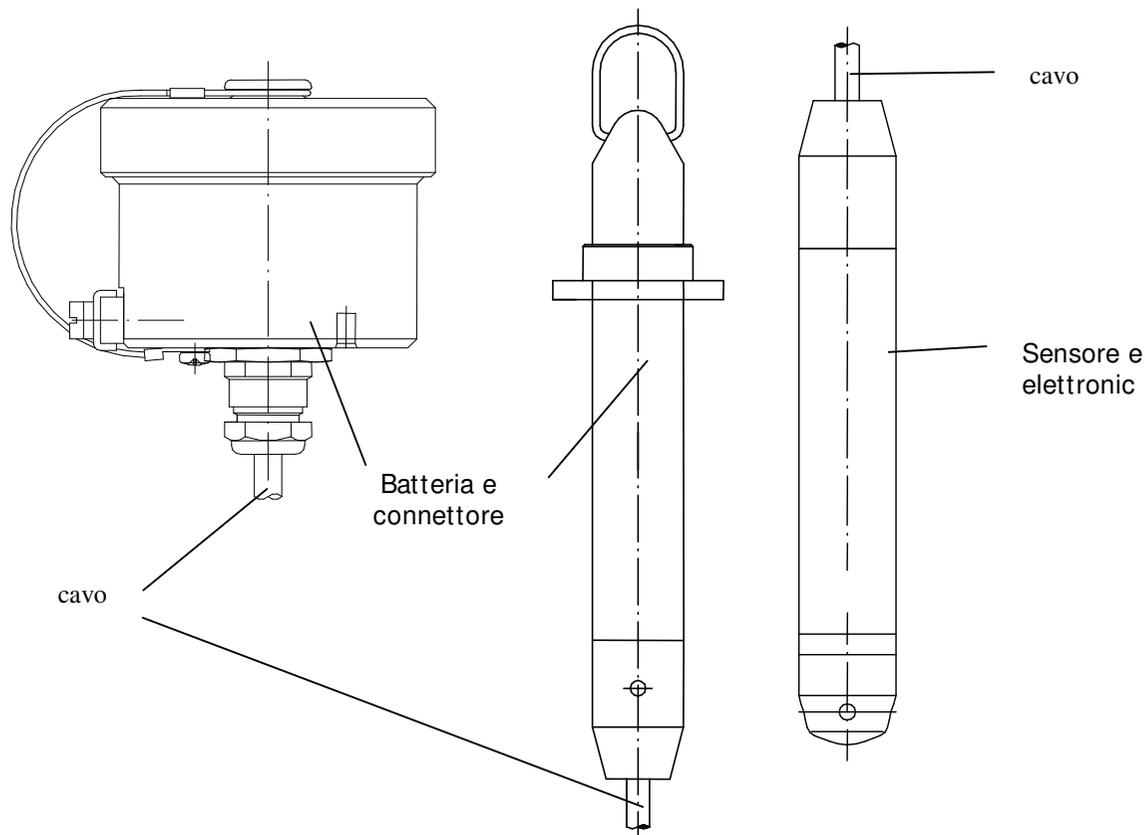
h = altezza di pressione; z = altezza di carico; Φ = carico idraulico; p = pressione; γ = densità

La pressione nel liquido al punto P di misura è regolata dal principio di Pascal:

$$P = \gamma h$$

γ = peso di volume

Per tenere sotto controllo una falda si ricorre sempre più di frequente alle sonde di misura del livello con l'abbinamento anche di altri parametri (temperatura, conducibilità, ossigeno disciolto ecc.). Tali strumenti rilevano a scadenze prefissate il parametro richiesto, scaricandolo in un data logger che può registrare migliaia di misure (oltre 100000 dati in alcuni modelli). Il trasduttore di livello è calato nel pozzo, molto al di sotto della quota piezometrica e registra la pressione del fluido come l'altezza d'acqua sovrastante il sensore. Per calcolare anche la variazione di pressione barometrica che agisce sulla falda e quindi anche sul sensore immerso, si utilizza un secondo trasduttore calato nel pozzo e fuori dell'acqua. Alcuni strumenti utilizzano invece un tubicino in teflon, di diametro molto piccolo che collega il sensore con la superficie.



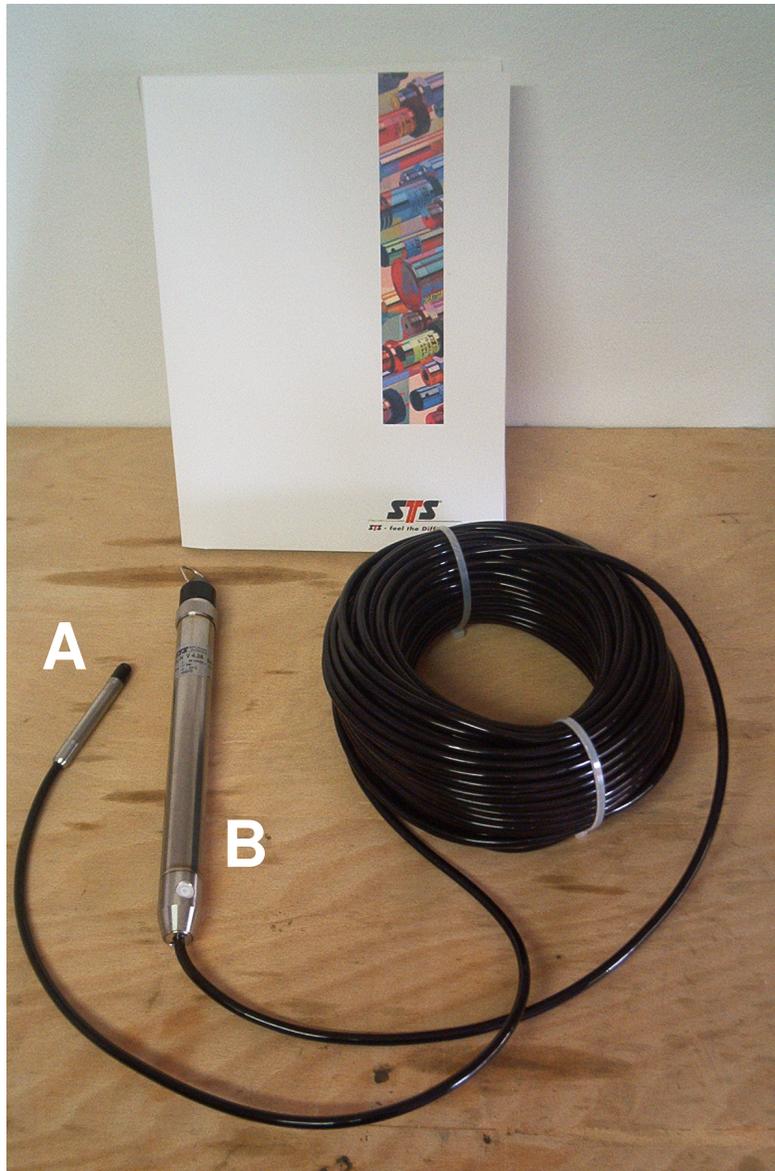
Le sonde automatiche per il monitoraggio di livello e temperatura sono composte da due parti, collegate con un cavo: Una parte sommersa che contiene il sensore e la relativa elettronica. Una parte esterna, che contiene la batteria e il connettore per la connessione con il PC. Anche qui il connettore, quando non viene usato, viene protetto da un coperchio a perfetta tenuta.

(per gentile concessione di STS, Milano)

Data logger di livello con cavo per la compensazione della pressione barometrica

A: sensore (diametro 1 cm)

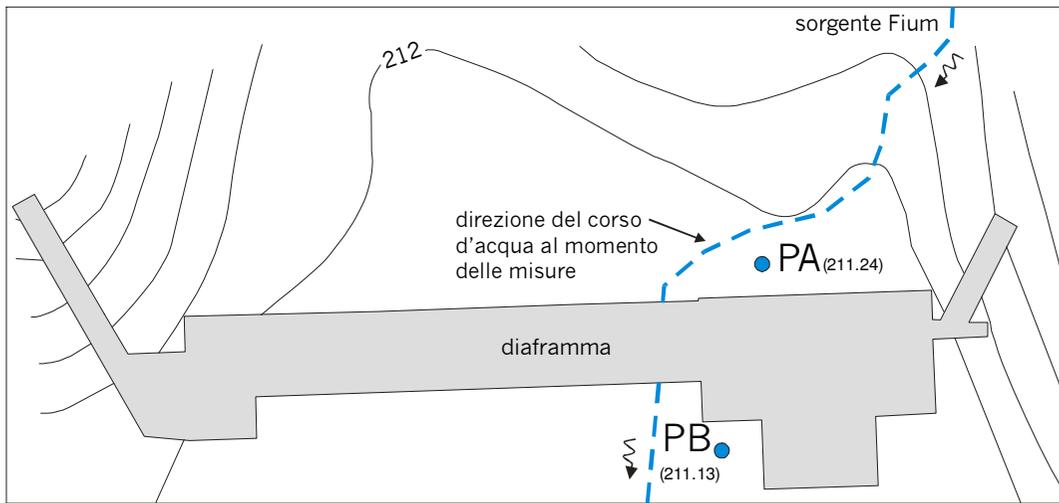
B: alloggiamento per data logger e batteria in superficie



Fase di scaricamento delle misure su portatile mediante presa seriale



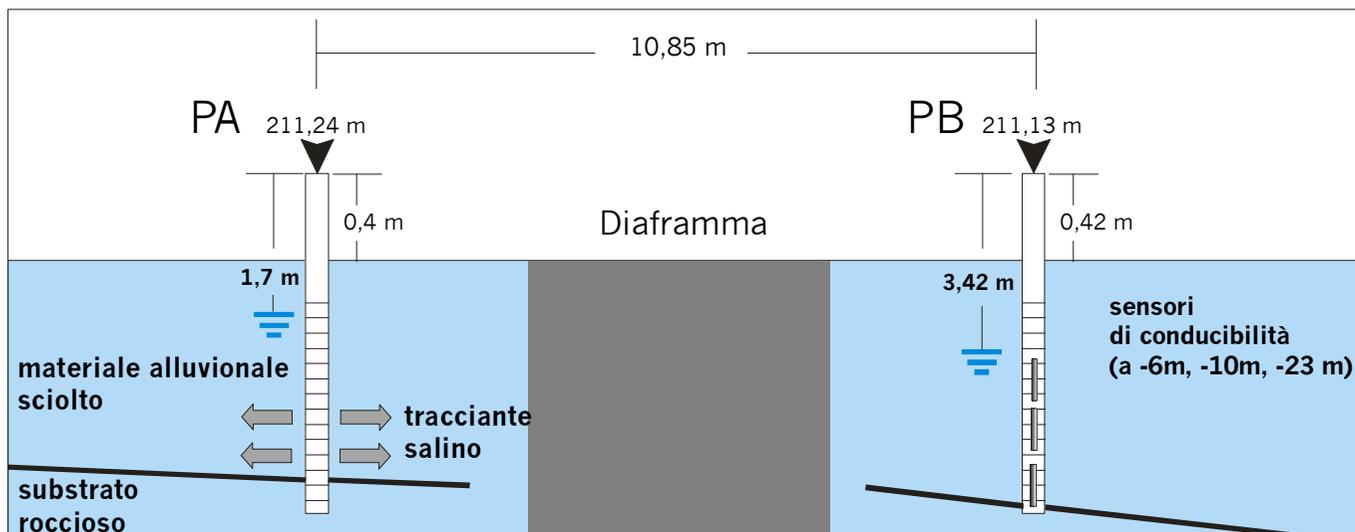
*Per gentile
concessione
STS, Opera, MI*



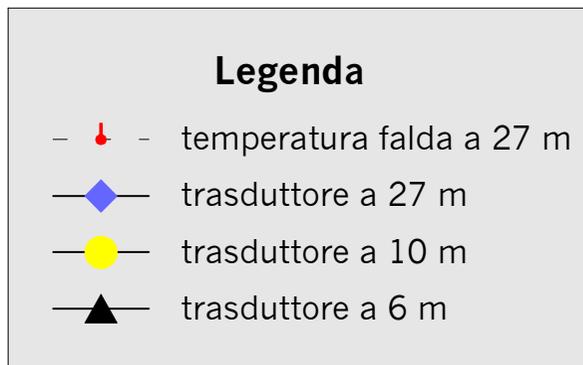
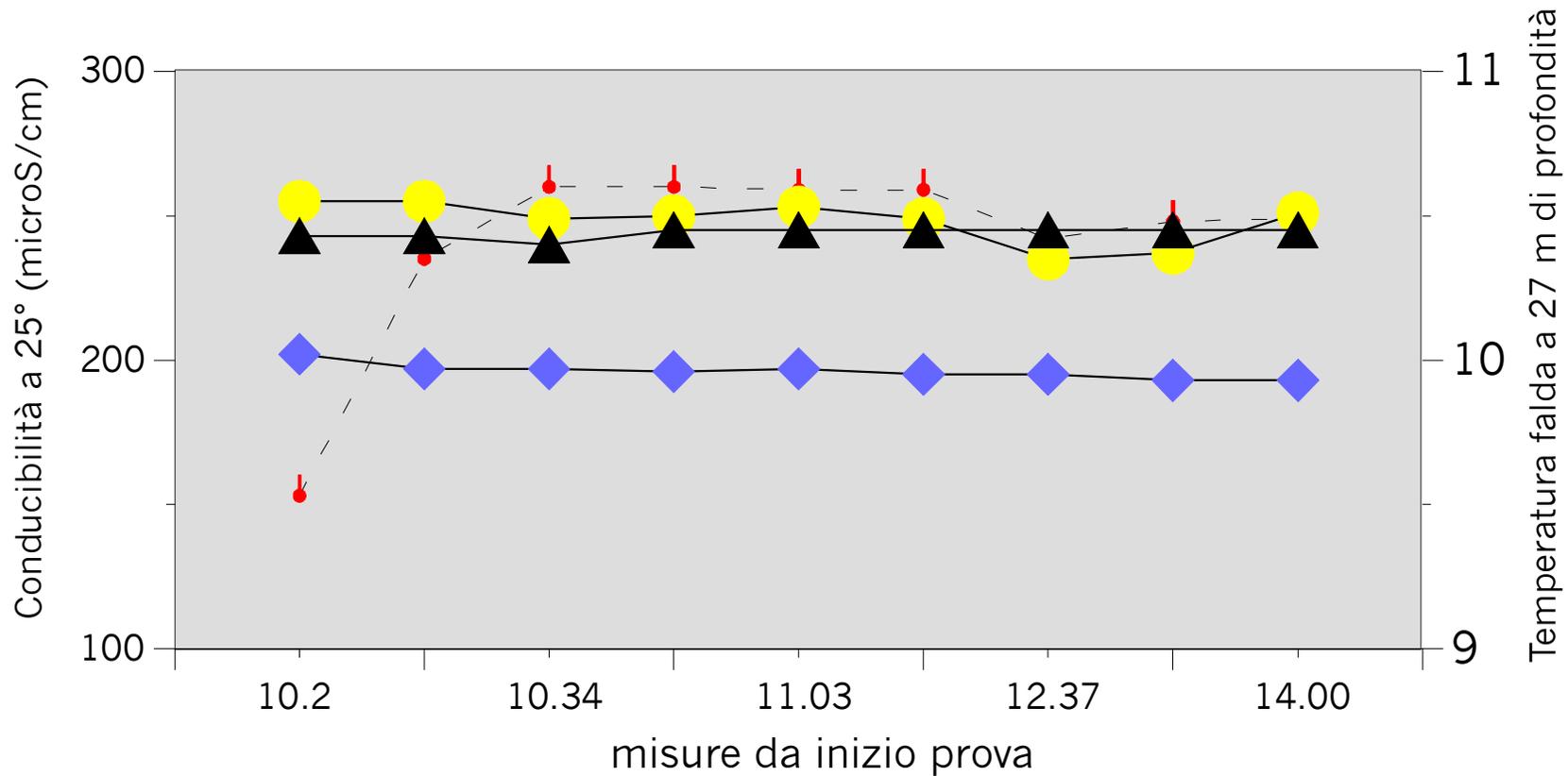
Utilizzo di sonde multiparametriche in una prova di tracciamento

Diaframma di contenimento della Sorgente Fium, BL, (Studio Fileccia)

in alto planimetria con ubicazione dei piezometri (PA e PB) perforati a cavallo del diaframma. In basso schema della prova, lungo un piano verticale. Il tracciante salino è stato immesso da PA, a monte del flusso di falda, e da una profondità di circa 22-26 m. Al fondo, i valori sono rimasti pressochè costanti durante tutta la prova (12400 microS/cm). I sensori di conducibilità sono stati posizionati nel piezometro PB, a valle, alle quote di 6, 10, 23 m sotto la bocca pozzo. Le misure si sono protratte per circa 10 ore senza segnalare aumenti di conducibilità nel PB, riconducibili ad un passaggio di sale.



*Idrogeologia:
Strumenti ed indagini
idrogeologiche*



Utilizzo di sonde multiparametriche in una prova di tracciamento

Valori di conducibilità alle varie quote nel piezometro a valle del diaframma. Captazione sorgente Fium, BL (Studio Fileccia)