

LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

27 Settembre 2024, Università di Camerino

Aula A - Dipartimento di Geologia

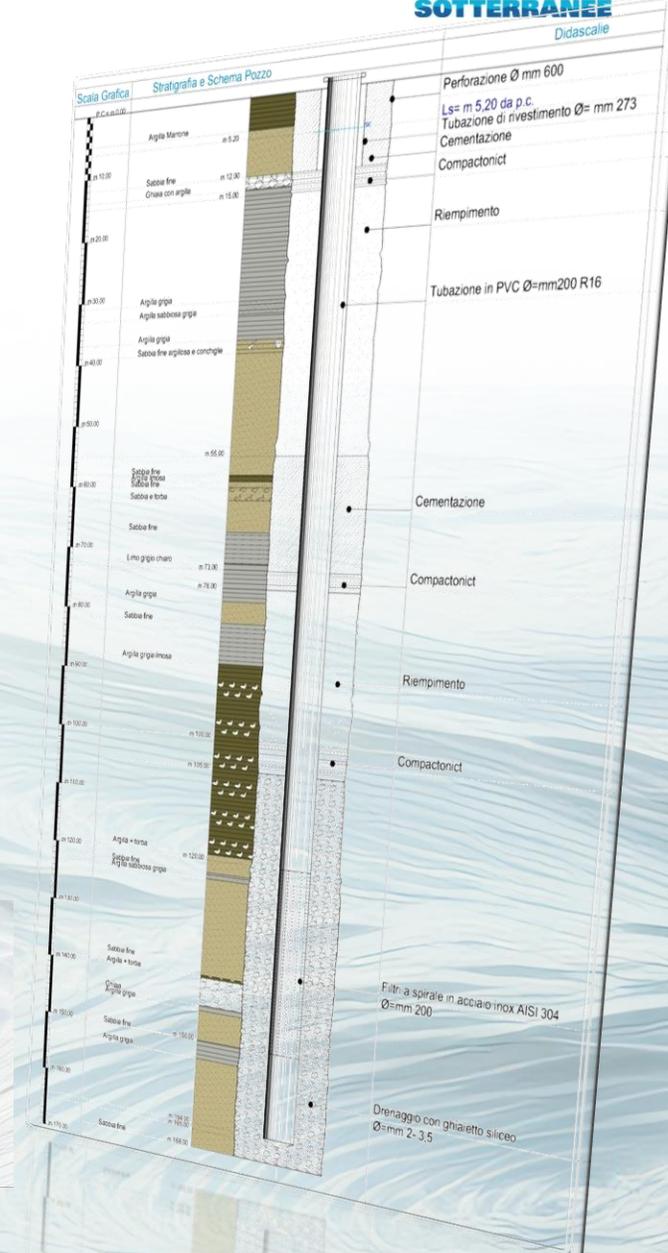
- **Stefano CHIARUGI**, Presidente Associazione Acque Sotterranee

“La progettazione dei pozzi secondo la norma 11590-2015.
Disegno strutturale e progetto definitivo.”

organizzato da

**ACQUE
SOTTERANEE**
Didascalie

ORDINE
geologi
MARCHE



gold sponsor

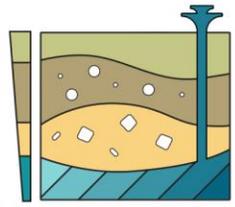


silver sponsor



bronze sponsor





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**



LA NORMA

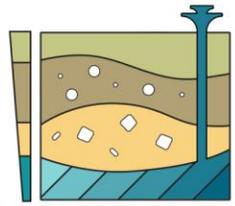
E' la sintesi del percorso mentale che si compie nel definire un pozzo.

Lo sforzo compiuto consiste nel definire gli elementi di progetto come frutto di un percorso scientifico, tecnico, figlio delle esperienze.

Aneddoticamente il comportamento della Commissione CEN che ha modificato la prima bozza
«Rigida»

Spesso la progettazione di un pozzo si è concretizzata nel prendere a riferimento un pozzo efficiente realizzato in prossimità e riproporne, non solo nell'obiettivo del raggiungimento dell'acquifero da captare, quanto le caratteristiche proprie dell'opera in termini di dimensioni strutturali, tecniche di perforazione ecc.

Non si tratta di un errore grave perché un pozzo efficiente ha già molti elementi di positività a cui è opportuno attingere.



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

PREMESSA

organizzato da

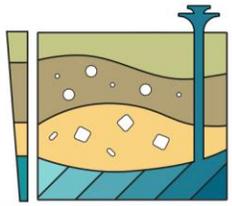
**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

La Norma **UNI 11590 – 2015 sui Pozzi per acqua** è una norma volontaria, quindi non una gabbia procedurale né tanto meno burocratica, è piuttosto un utile strumento che aiuta il corretto percorso di progettazione indicando limiti dettati gli elementi scientifici concorrenti e dalla buona condotta costruttiva, spesso figli di decenni di esperienze maturate in campo.

In questo contributo tratterò dei capitoli della Norma relativi al **dimensionamento strutturale** del pozzo e alla **progettazione esecutiva**, quindi agli aspetti più strettamente operativi legati alla costruzione.

Segnalo che, sia pure non di facile lettura come un romanzo, la Norma è scritta in sole **19 pagine** a cui si sommano un cospicuo numero di **Appendici** (utili come un manuale) per complessive **74 pagine**.



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

PROGETTO DI POZZO

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

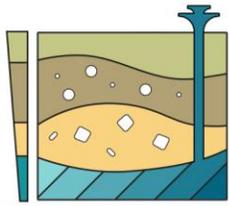


Per rappresentare il percorso mentale necessario per una corretta progettazione possiamo partire da uno schema di esercizio usato in sede di esame in un corso di specializzazione universitario

- Portata
- Profondità
- Dimensionamento strutturale
- Valutazione criticità
- Scelta del materiale
- Dimensionamento filtri
- Dimensionamento dreni
- Isolamenti/ cementazioni



| PROGETTO | |
|---------------------------------|---------------------|
| IPOTESI GEOLOGICA | SCHEMA POZZO |
| Profondità prevista: m | |
| Portata presunta: l/s | |
| Livello statico presunto: | |
| Formazione: | |
| Note: | |
| IPOTESI PROGETTUALE | |
| Tubazione finale: Ø | |
| Δp max stimato: | |
| Spessore tubi: | |
| Acciaio: | |
| Filtro tipo: | |
| Spessore drenaggio: mm | |
| Tecnica di perforazione: | |
| Perforazione finale: Ø | |
| Tubazione cementata: Ø | |
| Tubazione cementata: spessore Ø | |
| L [^] perforazione: Ø | |
| Avampozzo Ø: | |
| Sistema perforazione avampozzo: | |
| Sviluppo: | |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

APPENDICE G: scheda per la progettazione preliminare

organizzato da



La **Norma UNI** traduce questo esercizio in una serie di documenti di lavoro molto più esaustivi a partire dall'**APPENDICE G – Scheda per la progettazione preliminare**

Prospetto G.1: Impatto della perforazione sugli acquiferi

| | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|
| <input type="checkbox"/> PERFORAZIONI A FANGO | | | <i>Acqua chiara</i> |
| - Previsi assorbimenti | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Modalità di risoluzione | | | |
| | | | |
| <input type="checkbox"/> PERFORAZIONI AD ARIA COMPRESSA | | | |
| - Previste perdite/ assorbimenti nella formazione | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> | |
| Modalità di risoluzione | | | |
| | | | |
| - Previsto scarico di acqua in perforazione | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> | |
| Modalità di risoluzione | | | |
| | | | |
| <input type="checkbox"/> RISCHIO MICROBIOLOGICO | | | |
| - Pozzo per uso potabile, esistenza del rischio | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> | |
| Modalità di risoluzione | | | |
| | | | |

Prospetto G.2: Ripristino degli orizzonti a bassa permeabilità

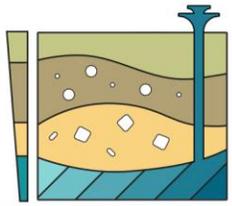
| | | |
|--|-----------------------------|-------------------------------------|
| Orizzonti impermeabili previsti | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| - Numero degli orizzonti a bassa permeabilità | n° | <input type="text"/> |
| - Ripristino impermeabilità dei livelli | | |
| | cementazione dal basso | cementazione selettiva |
| L1 da m. <u>0</u> a m. <u>15</u> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Li da m. <u>70</u> a m. <u>90</u> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Modalità di esecuzione, prodotti e quantità..... | | |

Prospetto G.3: Gestione dei residui della perforazione

| | | |
|--|--|--|
| - Piano di utilizzo delle "terre e rocce da scavo" | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| Depositato presso <i>Cantiere</i> | | |
| Modalità di riutilizzo: | | |
| In situ <input type="checkbox"/> | Ex-situ <input type="checkbox"/> | Azienda recupero <input checked="" type="checkbox"/> |
| - Autorizzazione allo scarico delle acque | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| Richiesto a <i>Provincia</i> | | |
| - Analisi per caratterizzazione dei solidi e dei liquidi | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| - Smaltimento rifiuti speciali (fluido) cod. C.E.R. 010504 | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| - Smaltimento rifiuti speciali (solido palabile) cod. C.E.R. 010504 | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |

**APPENDICE G scheda per la
progettazione preliminare:**

SALVAGUARDIA AMBIENTALE



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

APPENDICE G: scheda per la progettazione preliminare

organizzato da



**APPENDICE G scheda per la
progettazione preliminare:**

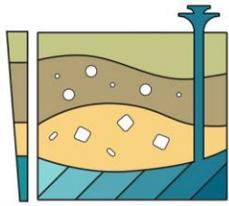
IDENTIFICAZIONE DEGLI ACQUIFERI

Prospetto G.4: Caratteristiche chimiche degli acquiferi

| | | |
|--|--|--|
| - Chimismo acquiferi noto | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| - Prova di strato per prelievo campione | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| Modalità di esecuzione della prova e del prelievo..... | | |

Prospetto G.5: Potenzialità dei livelli produttivi

| | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Dati stratigrafici correlabili noti | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| Tecnica di perforazione prescelta .. <i>Circolazione inversa acqua chiara</i> | | |
| <input type="checkbox"/> Modalità di campionamento dei terreni | | |
| In terreni alluvionali <i>cestelli</i> | | |
| In roccia | | |
| <input type="checkbox"/> Analisi granulometrica | in laboratorio <input type="checkbox"/> | in cantiere <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Prova di strato con test idraulico | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| Modalità di esecuzione della prova e del test | | |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

APPENDICE G: scheda per la progettazione preliminare

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**



Prospetto G.6: Drenaggio artificiale

| | | |
|--|--|-----------------------------|
| - Efficacia filtrante | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| Drenaggio con spessore netto efficace (tra cm 8,00 e cm 15,00) pari a cm 18 ... | | |
| Ghiaietto con spessore netto (solo riempimento) pari a cm 25 | | |

Prospetto G.7: Filtri

| | | |
|---|--|--------------------------------|
| Portata attesa [l/s]: 15 | | |
| Spessore dell'acquifero interessato dalla captazione: 25 [m] | | |
| Lunghezza dei filtri: 25 [m], pari a 100 % dello spessore dell'acquifero | | |
| Luci di passaggio dei filtri [mm]: 1,5 | | |
| Tipologia di filtro prescelta | | |
| Spirale <input checked="" type="checkbox"/> | Ponte <input type="checkbox"/> | Asola <input type="checkbox"/> |
| Fresato <input type="checkbox"/> | | |
| Luci di passaggio% | | |
| - Verifica massima velocità di flusso < cm/s= 3 tenendo conto della riduzione della sezione di passaggio pari al 25% dovuta alla presenza dei grani | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| Diametro minimo dei filtri: 225[mm] | | |

Prospetto G.8: Tubazioni di rivestimento del pozzo – determinazione dei diametri

| Caratteristica | U.m. | Valore |
|---|----------------|------------|
| Portata attesa | l/s | 15 |
| Diametro minimo dei filtri | mm | 225 |
| Diametro interno della tubazione di mandata (velocità di flusso minore di 2,5 m/s) | mm | 100 |
| Diametro d'ingombro totale degli elementi di giunzione compresi i cavi, tubo piezometrico ed altri eventuali elementi | mm | 220 |
| Diametro d'ingombro della pompa sommato alle intercapedini che garantiscano una velocità di flusso inferiore a 4 m/s | superiore a mm | 200 |
| Diametro d'ingombro del motore sommato alle intercapedini massime che garantiscano almeno la velocità di flusso di raffreddamento indicata dal produttore | inferiore a mm | 180 |
| Diametro minimo della tubazione del pozzo non interessato dall'impianto di sollevamento che garantisca una velocità di flusso minore di 1 m/s | mm | 150 |
| Diametro dei tubi di rivestimento (ovvero il diametro maggiore risultante dalla verifica) | mm | 250 |

APPENDICE G scheda per la progettazione preliminare:

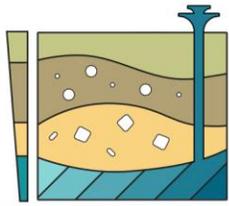
FUNZIONALITA' ED EFFICIENZA

Prospetto G.9: Impatto della perforazione sulla formazione

| | | |
|--|-----------------------------|--|
| Date le caratteristiche tecniche della costruzione del pozzo per limitare e risolvere in modo efficace l'impatto della perforazione sui livelli acquiferi si privilegia la tecnica Circolazione inversa | | |
| Si accettano altre tecniche | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| Quali: _____ | | |

Prospetto G.10: Tecniche di sviluppo dei pozzi

| Per risolvere efficacemente l'impatto della perforazione ed incrementare la permeabilità si prevedono le seguenti tecniche di sviluppo | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | INDISPENSABILE | INTEGRATIVO |
| Pompaggio | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Air-lift diretto | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Air-lift doppia colonna | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pistonaggio a fune | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Pistonaggio con aste c.i. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pistonaggio pneumatico | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Generatore pneumatico di impulsi | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Jetting-tool | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Acidificazione | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trattamenti chimici | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

APPENDICE G: scheda per la progettazione preliminare

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

Prospetto G.11: Caratteristiche di acqua potenzialmente corrosiva

| | | | |
|---|-------------------------|------------------------|-------|
| LSI<-0,5 | H ₂ S>1 mg/l | O ₂ >2 mg/l | RSI>7 |
| CO ₂ >50 mg/l | Cloruri>200 mg/l | TDS>1000 mg/l | |
| L'impiego di prodotti ferrosi risulta: | | | |
| <input type="checkbox"/> Compatibile | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Non Compatibile | | | |

Prospetto G.12: Incrostazione

| |
|---|
| - Effettuata la valutazione dei rischi inerenti la possibilità che si manifestino fenomeni di incrostazioni, si adottano le seguenti strategie: |
| - Materiale che limiti il fenomeno di adesione quale |
| - Rigenerazione del pozzo con frequenza |

**APPENDICE G scheda per la
progettazione preliminare:**

**AFFIDABILITA' NEL TEMPO
ED ECONOMICITA'**

Prospetto G.13: Scelta dei materiali dei tubi

| |
|---|
| - Si prescrive l'uso dei tubi in: |
| <input type="checkbox"/> Acciaio () |
| <input type="checkbox"/> Acciaio zincato |
| <input type="checkbox"/> Acciaio inox AISI..... |
| <input checked="" type="checkbox"/> PVC |
| <input type="checkbox"/> PE |
| <input type="checkbox"/> PP |
| <input type="checkbox"/> VTR |
| <input type="checkbox"/> Altri (Specificare): |

Prospetto G.14: Scelta dei materiali dei filtri

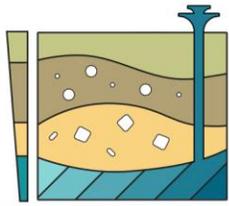
| |
|--|
| - Si prescrive l'uso di filtri tipo: |
| <input checked="" type="checkbox"/> Filtri a spirale in acciaio ... INOX AISI 304 L |
| <input type="checkbox"/> Filtri punzonato a ponte in acciaio..... |
| <input type="checkbox"/> Filtri punzonato ad asola passante in acciaio..... |
| <input type="checkbox"/> Filtri fresato in acciaio |
| <input type="checkbox"/> Filtri fresati in PVC o PP o PE o VTR |

Prospetto G.15: Scelta dei materiali dei dreni

| |
|--|
| - Si prescrive l'esecuzione del drenaggio con: |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ghiaietto siliceo arrotondato (min al 93%) |
| <input type="checkbox"/> Ghiaietto arrotondato di fiume |
| <input type="checkbox"/> Altri (specificare) |

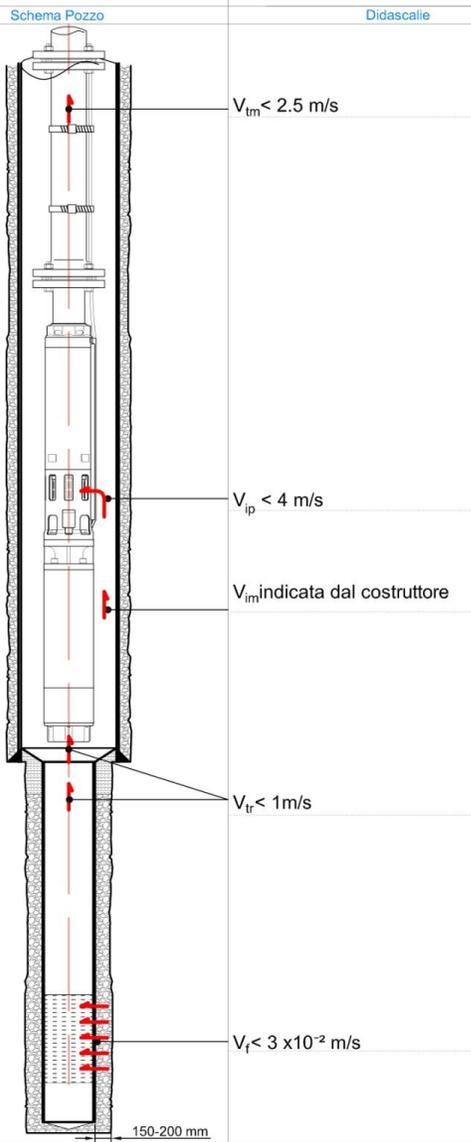
Prospetto G.16: Scelta dei materiali delle cementazioni degli isolamenti e dei riempimenti

| |
|--|
| - Si prescrive l'impiego dei seguenti prodotti alle quote indicate nel progetto |
| <input checked="" type="checkbox"/> Montmorillonite in ambiente saturo e confinato |
| <input checked="" type="checkbox"/> Boiaccia di cemento con dosaggio..... |
| <input type="checkbox"/> Additivi per boiaccia..... |
| <input type="checkbox"/> Calcestruzzo |
| <input type="checkbox"/> Ghiaia di cava per riempimenti |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

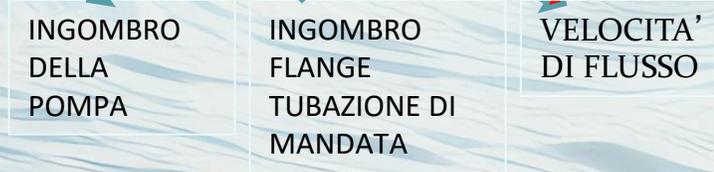
fisici, idraulici e la modellazione



Legenda:
 V_{tm} = velocità nel tubo di mandata della pompa
 V_{ip} = velocità nell'intercapedine pompa - tubazione
 V_{im} = velocità nell'intercapedine motore sommerso – tubazione
 V_{tr} = velocità nella tubazione di risalita al di sotto della pompa
 V_f = velocità di flusso nel filtro meccanico

1-PORTATA ATTESA

- Superficie filtrante
- Diametri delle tubazioni



DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE: velocità di flusso

organizzato da

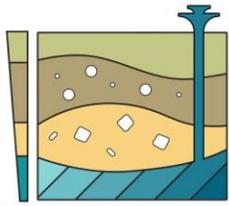


Non affrontiamo in questa parte gli aspetti fondamentali della scelta delle tecniche di perforazione ampiamente illustrate nella Norma e cominciamo ad analizzare i “numeri” utili per il dimensionamento strutturale di un pozzo.

PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO DEI POZZI

Diametro del pozzo in rapporto portata emunta

| PORTATA | l/s | 4 | 10 | 16 | 40 | 70 | 120 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A Diametro del pozzo dalla pompa a p.c. | mm | 219 | 273 | 273 | 323 | 406 | 508 |
| B Diametro Nominale tubazione di mandata della pompa | DN | 50 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| C Diametro flangia corrispondente a B (PN16) | mm | 165 | 200 | 220 | 285 | 340 | 405 |
| D* Diametro minimo del pozzo al di sotto della pompa ($v < 1m/s$) | mm | 114 | 139 | 168 | 273 | 323 | 406 |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE: drenaggio

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

**ORDINE
geologi
MARCHE**

Il dreno serve a:

- colmare l'intercapedine perforo-colonna di produzione, in modo tale da mantenere il foro aperto e prevenire eventuali scavarnamenti (stabilizzatore della formazione)
- ridurre o eliminare l'ingresso di sabbia in pozzo durante le fasi di pompaggio
- permettere la posa di filtri con aperture più grandi
- aumentare la permeabilità del terreno acquifero nelle immediate vicinanze del foro
- far calare le perdite di carico idraulico
- stabilire una velocità di transizione graduale fra la formazione acquifera e i filtri

APPENDICE L DRENAGGIO (normativa)

L.1

Generalità

Con il termine drenaggio si indica l'operazione di messa in opera del ghiaietto dell'intercapedine fra perforazione e tubo. Si distingue la condizione in cui il ghiaietto ha un'efficacia effettiva nell'arrestare le granulometrie più sottili del terreno, da quando il ghiaietto ha solo funzioni di riempimento e la selezione delle granulometrie è svolta dal filtro meccanico.

La definizione delle dimensioni del sistema di filtro-drenaggio è compito di primaria importanza per conferire al pozzo la massima efficienza e soprattutto impedire il trascinarsi della sabbia.

Si descrive di seguito la procedura consigliata avvertendo che esistono in letteratura altri metodi, che nei risultati finali poco si discostano dal presente.

L.2

Analisi granulometrica

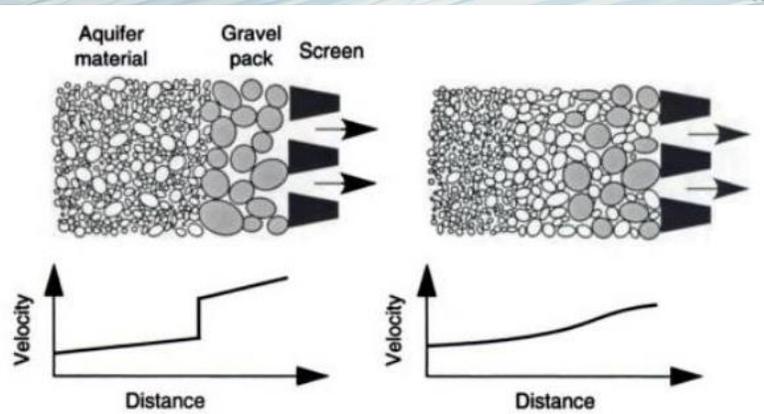
L'analisi granulometrica prevede la raccolta di un campione quanto più rappresentativo del terreno ed eseguire l'analisi granulometrica in laboratorio o in cantiere.

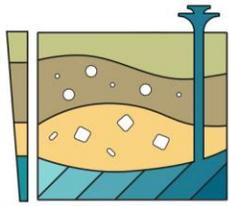
Il campione deve essere passato attraverso una serie di stacci con luci delle maglie decrescenti. Per ottenere un buon dettaglio sulla curva granulometrica è opportuno rispettare le seguenti indicazioni:

- utilizzare un numero di stacci non minore di 6 per ogni campione;
- gli stacci devono avere un incremento della luce con fattore non maggiore di 1,5;
- la gamma dei stacci deve essere compresa fra 0,05 mm e 4 mm, quindi circa 12 in totale.

Terminata la stacciatura, che deve protrarsi per almeno 15 min a passaggio, deve pesare il campione di terreno rimasto in ogni staccio.

La curva granulometrica passa-non passa si deve ricavare mettendo su un diagramma in ascissa le dimensioni delle maglie degli stacci e in ordinata il peso cumulativo partendo dalla granulometria maggiore e traducendolo come percentuale del peso complessivo del campione (vedere esempio nella figura L.1).





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE: drenaggio

organizzato da

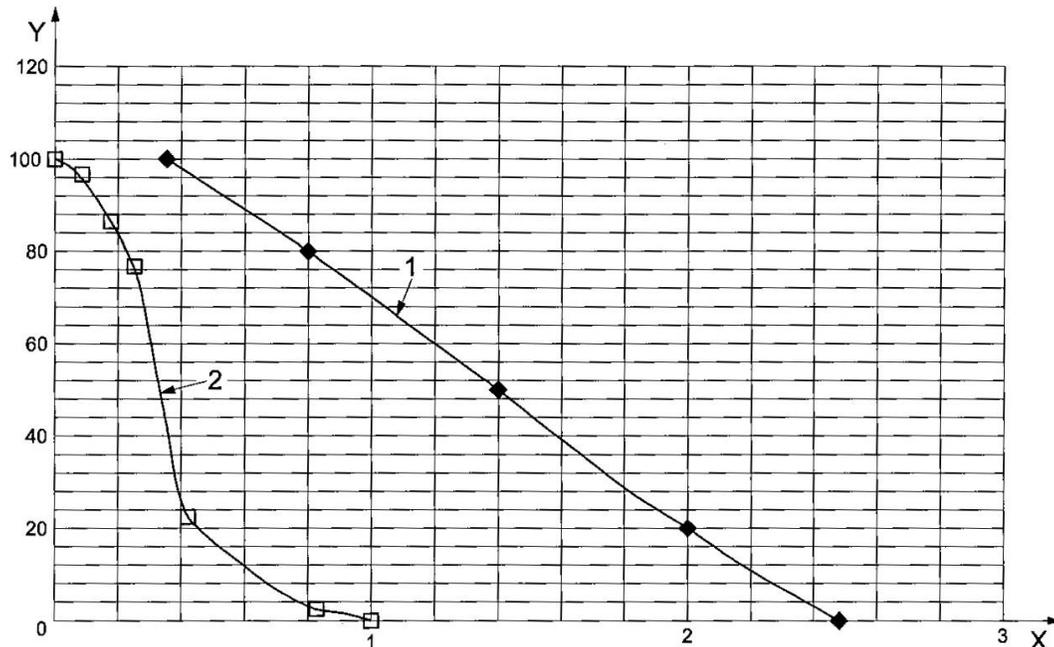
**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

figura L.1 Esempio di curva granulometrica cumulativa non passa e disegno del dreno

Legenda

- X Luce stacci (mm)
- Y Cumulativo (%)
- 1 Dreno
- 2 Acquifero



Definendo d_x il diametro, in millimetri, dei grani corrispondente al peso cumulativo riportato in ordinata, d_{90} uguale al d_e (diametro efficace), il diametro teorico dei grani di un terreno monogranulare che avrebbe la stessa permeabilità del terreno in esame, U (coefficiente di uniformità) uguale d_{40}/d_{90} , si definisce terreno omogeneo quando $U \leq 2,5$ ed eterogeneo quando $U > 2,5$.

L.3

Disegno del dreno

Nel caso di forti differenze granulometriche nella stratificazione all'interno dello stesso acquifero da captare è opportuno eseguire più analisi granulometriche e prendere in esame quella più svantaggiosa dal punto di vista della composizione.

Nella curva granulometrica non passa evidenziare il punto d_{70} e quindi individuare il corrispondente punto della curva del dreno secondo le seguenti formule:

$$d_{70} \times 6 \quad (L. 1)$$

se il terreno è grossolano ed eterogeneo $U > 2,5$

$$d_{70} \times 6- \quad (L. 2)$$

se il terreno è fine ed eterogeneo $U > 2,5$

$$d_{70} \times 4 \quad (L. 3)$$

se il terreno è fine e omogeneo $U < 2,5$

Riportare il valore così determinato sullo stesso diagramma, quindi tracciare la curva granulometrica del drenaggio passante per tale punto e con i seguenti coefficienti di uniformità:

$$U_D = 2,5$$

se il terreno è eterogeneo $U > 2,5$

oppure

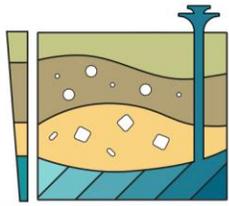
$$U_D < 2,5$$

se il terreno è omogeneo $U < 2,5$

Il filtro meccanico deve trattenere il 90% del materiale costituente il dreno per impedire pericolosi assostamenti quindi Luce filtro = d_{90} del dreno.

Per ottenere un sistema efficace lo spessore del drenaggio deve essere in condizioni ottimali di 15 cm in considerazione del fatto che occorrono come minimo da 8 cm a 10 cm per avere efficacia e non si devono superare i 20 cm per non avere difficoltà nella fase di sviluppo.

In queste condizioni il drenaggio artificiale consente il passaggio e quindi l'estrazione dal pozzo della frazione più sottile del terreno acquifero. Con lo sviluppo si provoca cioè la formazione di un drenaggio naturale nel corpo dell'acquifero migliorando l'efficienza con l'aumento della permeabilità locale. Tale procedura è particolarmente utile nei terreni a granulometria sottile, dove si ottiene il rilevante risultato di impedire il trascinamento della sabbia mantenendo una buona efficienza idraulica del pozzo.

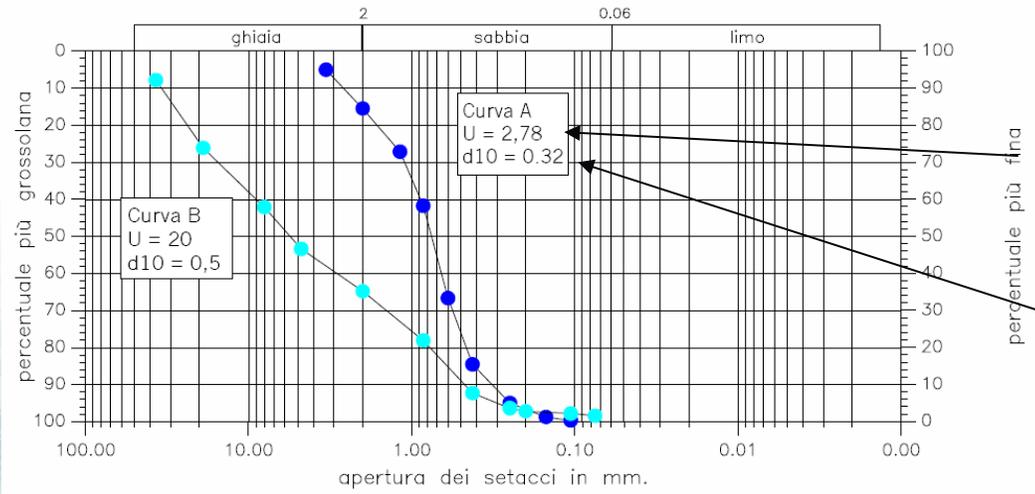


LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE: drenaggio

organizzato da



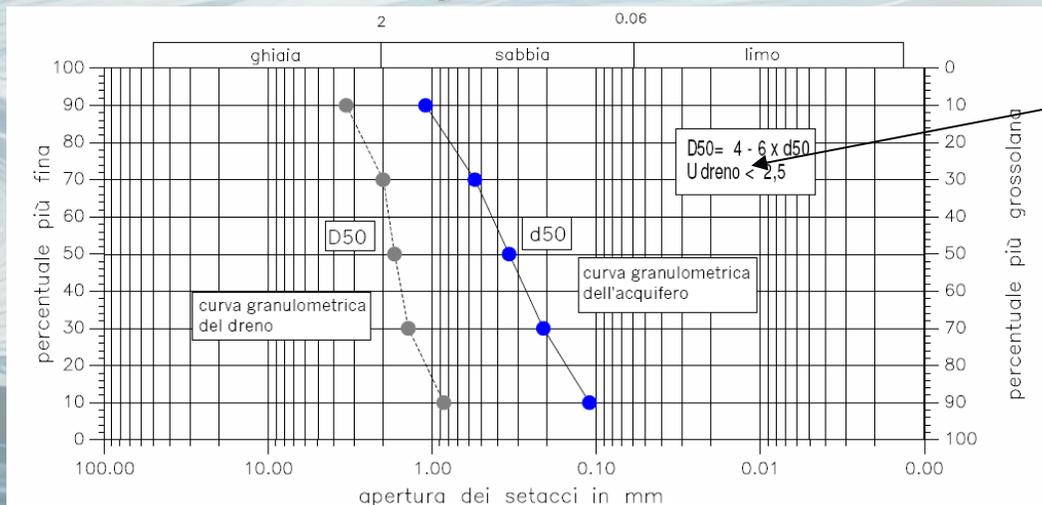
il grado di uniformità del terreno U

$U < 5$ t. omogeneo

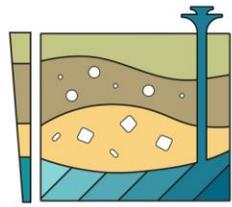
il diametro efficace, grazie a cui stimare poi K empiricamente

$U > 5$ t. eterogeneo

Calcolo della granulometria del dreno sulla base di quella dell'acquifero



Molteplici metodi empirici (Cedergren, Fuchs, Anderson, ecc.), che differiscono unicamente per i valori dei coefficienti moltiplicativi da applicare ai vari diametri del terreno, per ricavare i corrispondenti diametri ottimali del dreno



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE: drenaggio

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

**ORDINE
geologi
MARCHE**

Si consiglia di mettere sempre in esercizio un dreno artificiale quando la curva granulometrica dell'acquifero evidenzia:

$$U < 2,5, d_{60} < 0,5 \text{ mm e } d_{10} > 0,03 \text{ mm}$$

Dreno - spessore e lunghezza

Se il dreno assolve alla sola funzione di filtro, lo spessore minimo di riferimento è compreso tra gli 8 e i 10 cm, mentre se si desidera che esso provochi anche un aumento della conducibilità idraulica, è indispensabile creare un manto drenante più spesso, dell'ordine di 12-15 cm

Per quanto attiene alla lunghezza del tratto drenato, occorre sottolineare come esso vada prolungato per qualche metro al di sopra del tetto del filtro più superficiale e vada spinto fino al *bottom* del filtro più profondo

L.4

Pozzi con drenaggio naturale

Ove la granulometria sia elevata ed eterogenea si può prendere in considerazione l'ipotesi di creare il solo drenaggio naturale con lo sviluppo del pozzo senza eccessivi rischi di penalizzare l'efficienza.

In questo caso le luci di passaggio dei filtri si calcoleranno nel modo seguente:

$d_{30} - d_{40}$ per terreni eterogenei $U > 2,5$

$d_{40} - d_{50}$ per terreni omogenei $U \leq 2,5$

Ciò significa che la maggior parte della granulometria più sottile del terreno (da 50% a 70%) deve poter passare attraverso il filtro.

Si deve tenere conto del fatto che ove effettuati i calcoli precedenti la luce del filtro risulti molto piccola si deve passare al drenaggio artificiale, in pratica se la luce filtro $< 0,5$ mm, si passa al disegno del drenaggio artificiale.

L.5

Drenaggio monogranulare

La messa in opera del dreno è effettuata generalmente per gravità immettendo semplicemente il ghiaietto in pozzo per il quantitativo previsto e controllando che raggiunga la quota prescelta con uno scandaglio. Utilizzando i dreni a granulometria mista, in pozzi perforati a rotazione, non si incontrano problemi particolari, perché si immette uniformemente senza soste per impedire i fenomeni di cassazione dovuti alla diversa velocità di discesa nel fluido dei grani di dimensioni diverse. Ma con la tecnica a percussione si è obbligati alle pause e quindi non si possono utilizzare ghiaietti eterogenei.

Per tale ragione in passato si sono principalmente diffusi i ghiaietti monogranulari.

Evidenziando il fatto che si tratta di una soluzione meno efficace della precedente, si consiglia di utilizzare i seguenti valori:

$d_{50} = 6 \times d_{50}$ per terreni omogenei $U < 2,5$

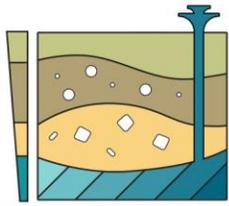
$d_{50} = 9 \times d_{50}$ per terreni eterogenei $U > 2,5$

L.6

Materiali

Il ghiaietto consigliabile è il tipo arrotondato di fiume con componente silicea al 93%. Infatti questo tipo di materiale oltre alla permeabilità elevata è resistente alle acque di falda e quindi limita i fenomeni di incrostazione che insorgerebbero con ghiaietti calcarei.

Si può osservare che per gli acquiferi in terreni prevalentemente calcarei, l'impiego di ghiaietti della stessa natura non costituisce un particolare impedimento alla funzionalità del pozzo.



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

**ORDINE
geologi
MARCHE**

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE:

Ghiaia, cementazioni, isolamenti riempimento dell'intercapedine



I **cilindretti di montmorillonite** hanno un indice di rigonfiamento formidabile, quindi un'efficace tenuta idraulica.

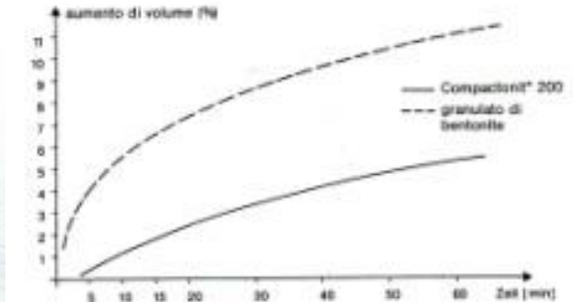
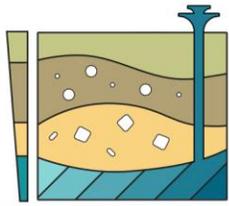


Fig. 7 Aumento di volume delle argille rigonfianti nel permeametro nei 60 minuti successivi al contatto con l'acqua.

Caratteristiche

| Misure*) | Compactonit* 8/200 Ø 8 mm, lunghezza 5 - 10 mm | Compactonit* 12/200 Ø 12 mm, lunghezza 8 - 14 mm | SBF-Quellon* WP Ø 12 mm, lunghezza 8 - 14 mm |
|--------------------------------|--|--|---|
| Velocità di caduta | ca. 21 m/min. | ca. 25 m/min. | ca. 25 m/min. |
| radiazione | ca. 50 API | ca. 50 API | ca. 140 API |
| coefficiente di permeabilità k | 2,0 - 4 x 10 ⁻¹¹ m/s | | |
| pressione di espansione | ca. 10 N/cm ² | | |
| misura del rigonfiamento | ca. 4 ml/g | | |
| inizio del rigonfiamento | dopo ca. 12 - 15 min. | | |
| peso spec. del min. argilloso | 2,6 kg/l | | |
| peso spec. del pellet | 1,8 g/cm ³ | | |
| peso volumico apparente | 1,0 kg/l | | |
| contenuto di montmorillonite | 70 ± 10 % | | |
| umidità | < 18 % | | |
| valore di Enslin | 530 - 600 % | | |

*) diametri maggiori su richiesta.



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**



DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE:

Ghiaia, cementazioni, isolamenti riempimento dell'intercapedine

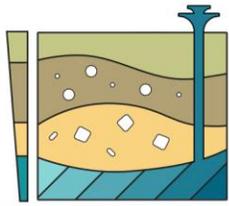


Caratteristiche boiacche

| prodotto | acqua l/100 kg | densità kg/dm ³ | volume l/100 kg |
|--|-----------------------|-------------------------------|--------------------|
| cemento | 53 | 1,80 | 84 |
| cemento | 46 | 1,87 | 78 |
| cemento + 1% bentonite | 53 | 1,80 | 84 |
| cemento + 2% bentonite | 57 | 1,76 | 90 |
| cemento + 3% bentonite | 63 | 1,73 | 96 |
| cemento + 4% bentonite | 69 | 1,70 | 102 |
| cemento + 5% bentonite | 75 | 1,65 | 108 |
| cemento + cloruro di Ca 2-4 kg/100 kg | 53 | 1,80 | 84 |
| calcestruzzo | 53 | 2,10 | 132 |
| sabbia 100 kg/100 kg | | | |
| bentonite(*) | 180 kg/m ³ | 1,11 | 310 |

(*) dipende dal tipo di bentonite

Il cemento è principalmente confezionato nella forma pompabile, quindi boiacca con l'eventuale aggiunta di bentonite per conferire plasticità.



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

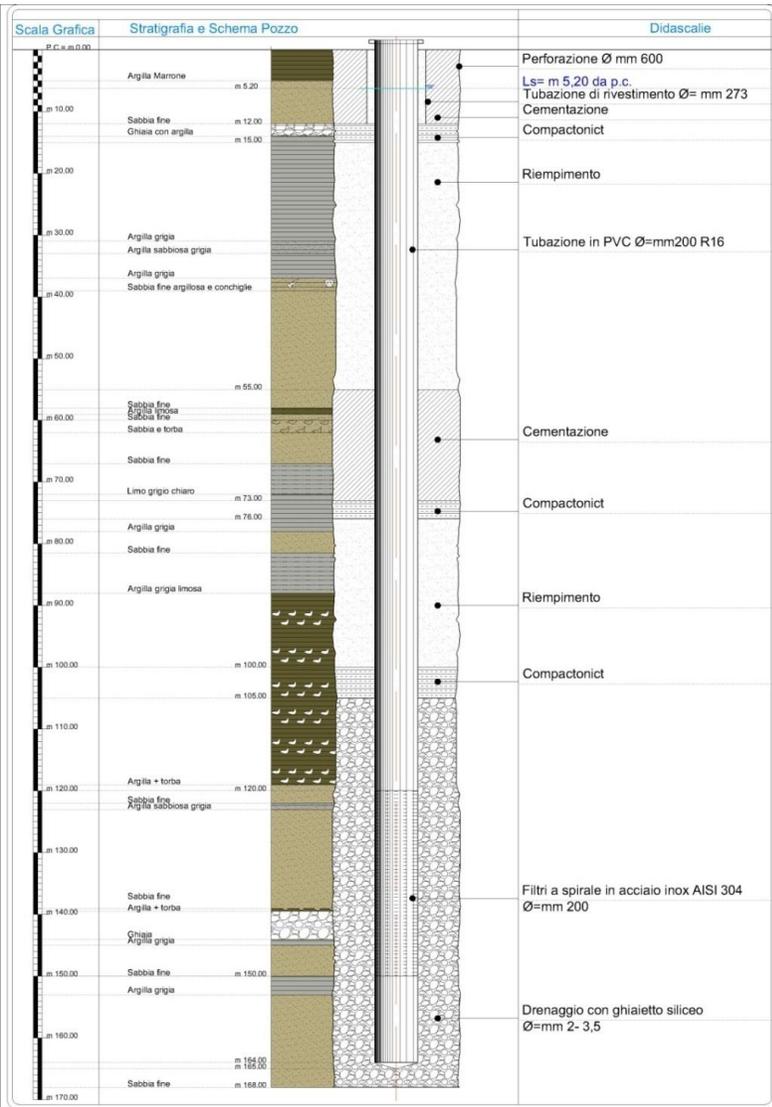
organizzato da



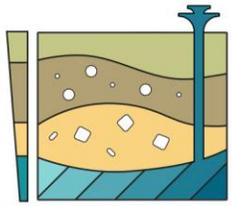
DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE:

Pressioni sulle tubazioni del pozzo con le diverse tipologie costruttive

ESEMPI DI VALUTAZIONE DELLE CRITICITA' DELLE PRESSIONI ESTERNE NELLA PERFORAZIONE A CIRCOLAZIONE INVERSA



| PROFONDITA ' CRITICHE | FASI DI LAVORO | PRESSIO NI INTERN E | PRESSIONI ESTERNE | ΔP |
|--------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------|------------|
| m 100 | sviluppo | 6,00 | 19,00 | 13,00 |
| m 160 | sviluppo | 12,00 | 19,00 | 7,00 |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE:

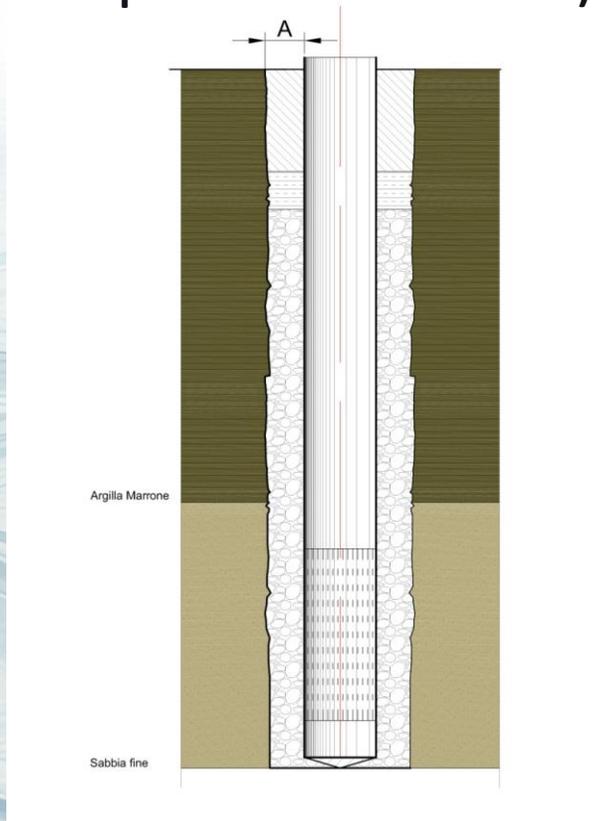
organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

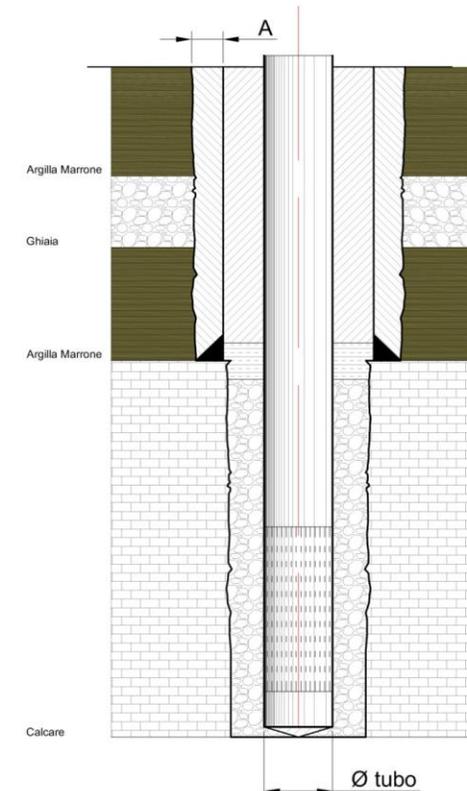
Pressioni sulle tubazioni del pozzo con le diverse tipologie costruttive

CEMENTAZIONE SUPERFICIALE (es piccoli pozzi ad uso domestico)

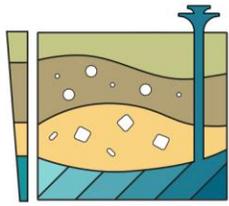


A = cm 5

POZZO A CANNOCCHIALE CON SCARPA DI CEMENTAZIONE



A= minimo tecnologico (perforazione/tubo)=
 $\varnothing\text{tubo} + 25\% \text{ circa}$



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE:

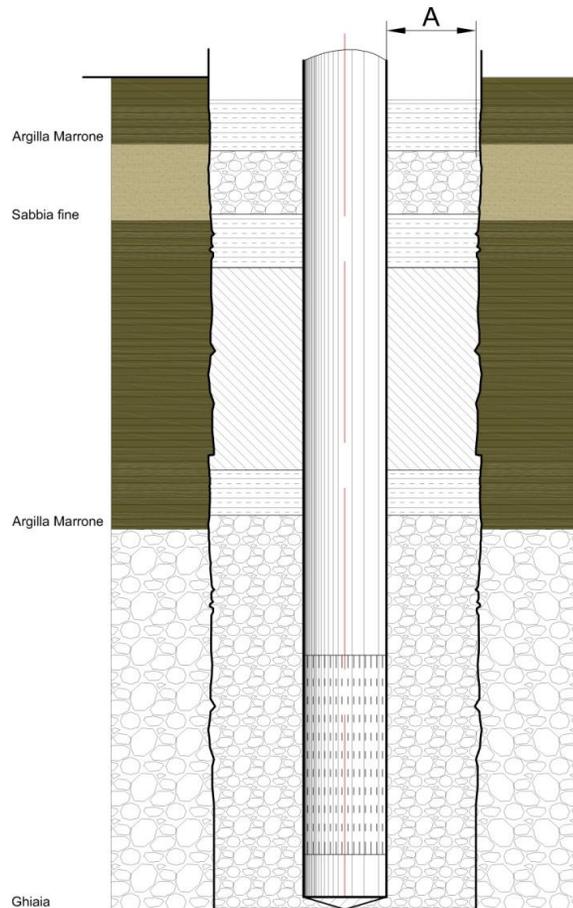
organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

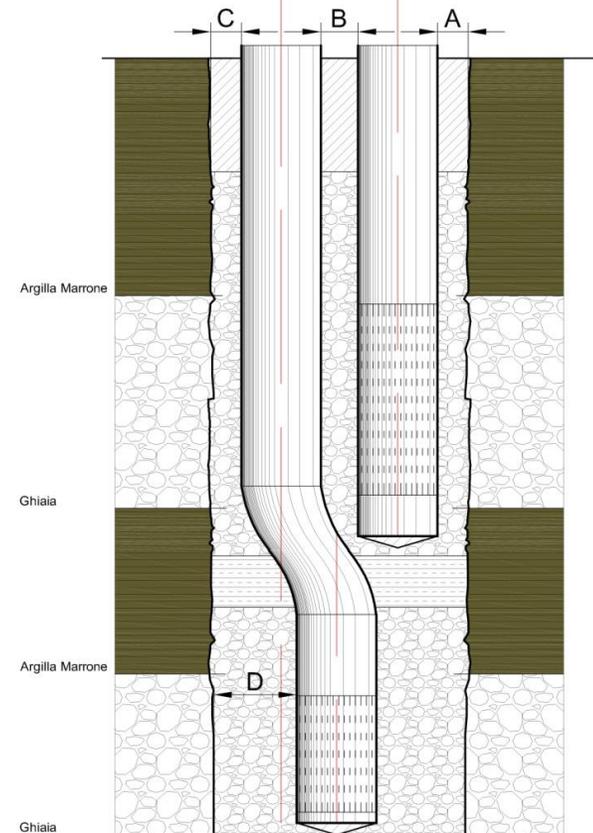
Pressioni sulle tubazioni del pozzo con le diverse tipologie costruttive

CEMENTAZIONE SELETTIVA

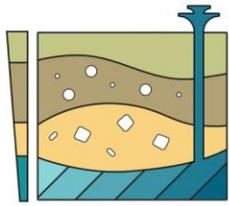


A = cm 10-15

POZZO A CANNOCCHIALE CON SCARPA DI CEMENTAZIONE



A= cm 8-15 B= cm 5 C= cm 5 D= cm 8-15



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

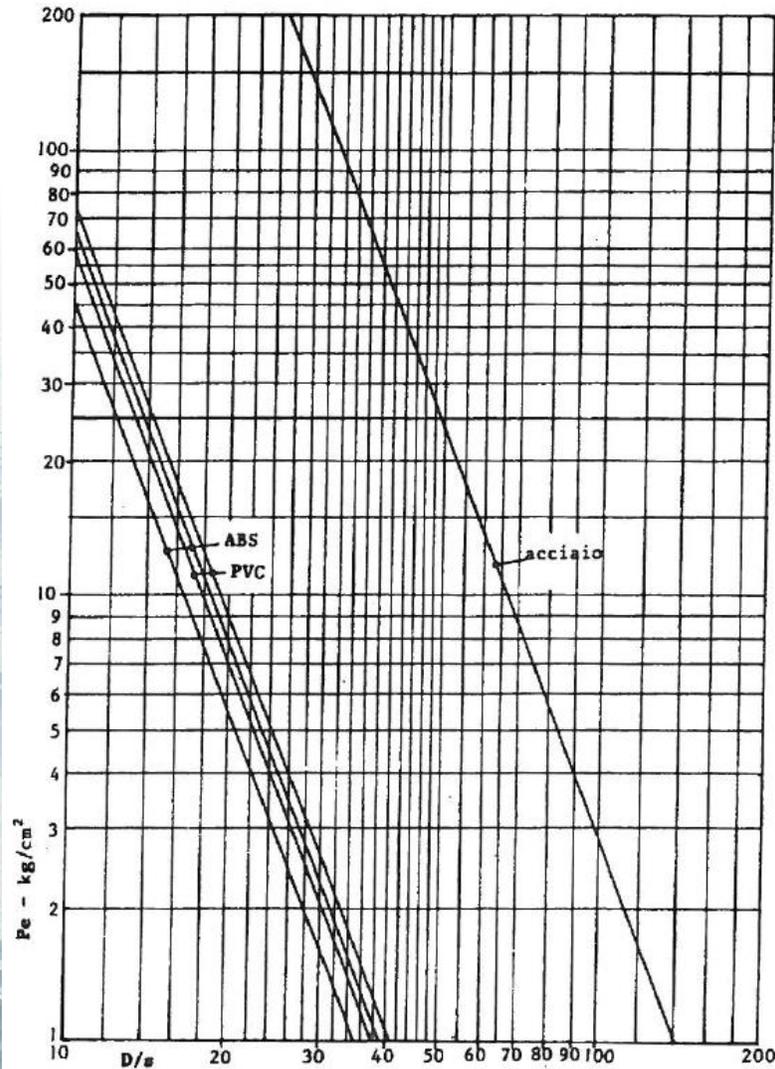
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE: spessore dei tubi

organizzato da

ACQUE
SOTTERRANEE

ORDINE
geologi
MARCHE



Spessore dei tubi:

● funzione della resistenza allo schiacciamento

$$P_e = \frac{2E / (1 - \rho^2)}{\left(\frac{D}{s}\right)\left(\frac{D}{s} - 1\right)}$$

Pe = Resistenza a pressione esterna

s = spessore, mm

D = diametro esterno, mm

E = Modulo di elasticità

• 2.100.000 kg/cm² acciaio-carbonio

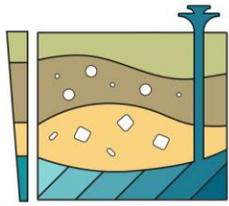
• 25.000 kg/cm² PVC

• 1.800.000 kg/cm² acciaio inox

ρ = rapporto di Poisson (= 0.3)

I fattori critici da tenere sotto controllo per lo schiacciamento:

- pressione geostatica
- densità della boiaccia di cemento
- densità del drenaggio
- picchi di abbassamento del livello di falda



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da



DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE:

scheda di dimensionamento strutturale

APPENDICE E SCHEDE PER IL DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE (normativa)

Per effettuare un corretto dimensionamento dell'opera, si deve disporre dei seguenti dati:

- risultati della progettazione preliminare;
- previsione di successione litologica;
- quota piezometrica dei livelli acquiferi attraversati e da captare;
- portata di progetto del pozzo;
- portata potenziale di un pozzo nell'acquifero prescelto;
- diametro di ingombro massimo dell'impianto di sollevamento;
- solo nel caso di pozzi a cannocchiale: quota di riduzione del diametro dal piano campagna.

Il dimensionamento deve essere svolto compilando i prospetti dal prospetto E.1 al prospetto E.9 in ogni loro parte, esclusivamente per i prospetti relativi alla tecnologia di perforazione utilizzata.

prospetto E.1

Dati di progetto

| | Dati necessari | U. m. | Valore |
|--------------------------|--|-------|--------|
| Per tutti i pozzi | Portata potenziale di un pozzo nell'acquifero prescelto | [l/s] | |
| | Portata di progetto | [l/s] | |
| | Diametro di ingombro massimo dell'impianto di sollevamento | [mm] | |
| Per pozzi a cannocchiale | Quota riduzione diametro da piano campagna | [m] | |

prospetto E.2

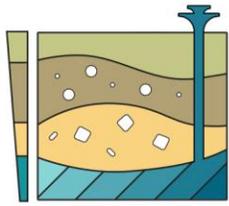
Principali verifiche da effettuare

| | | | |
|------------------------------------|--|--------|---------------|
| Principali verifiche da effettuare | Velocità effettiva di flusso nei filtri | [cm/s] | |
| | Perdita di carico nel pozzo | [mm] | $\Delta p =$ |
| | Perdita di carico nella tubazione di mandata | [mm] | $\Delta p =$ |
| | Diametro dei tubi pozzo verificato | [mm] | $\emptyset =$ |

prospetto E.3

Diametri di perforazione per pozzi con drenaggio a filtrazione efficace

| Pozzo con drenaggio a filtrazione efficace | | | |
|---|--|------|--------|
| | Calcolo | U.m. | Valore |
| Diametro tubi pozzo | \emptyset | mm | |
| - incremento per drenaggio a filtrazione efficace (80 mm < spessore < 150 mm) | $a = \text{spessore} \times 2$ | mm | |
| - Incremento per cementazione selettiva (100 mm < spessore < 150 mm) | $b = \text{spessore} \times 2$ | mm | |
| - Incremento per posa montmorillonite (120 mm < spessore < 200 mm) | $c = \text{spessore} \times 2$ | mm | |
| Diametro di perforazione risultante | $\emptyset_{\text{tubo_pozzo}} + \max(a,b,c)$ | mm | |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da



DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE:

scheda di dimensionamento strutturale

prospetto E.4

Diametri di perforazione per pozzi senza drenaggio a filtrazione efficace

| Pozzo senza drenaggio a filtrazione efficace | | | |
|--|---|------|--------|
| | Calcolo | U.m. | Valore |
| Diametro tubi pozzo | \emptyset | mm | |
| - Incremento per tolleranza tecnologica | $d = \emptyset_{\text{tubo}} + 25\%$ | mm | |
| - Incremento per cementazione in risalita con scarpa di cementazione | $e = \emptyset_{\text{tubo}} + 25\%$ | mm | |
| - Incremento per cementazione superficiale entro 30 m | $f = 100 \text{ mm}$ | mm | 100 |
| - Incremento per cementazione selettiva (120 mm < spessore < 150 mm) | $g = \text{spessore} \times 2$ | mm | |
| Diametro di perforazione risultante | $\emptyset_{\text{tubo_pozzo}} + \max(d, e, f, g)$ | mm | |

prospetto E.5

Diametri di perforazione per pozzi cluster

| Pozzo cluster | | | |
|--|--|------|--------|
| | Calcolo | U.m. | Valore |
| Diametro perforazione risultante dal prospetto E.3 | \emptyset | mm | |
| - Incremento diametro 2° tubazione | h | mm | |
| - Incremento per giunzioni e cementazione | $i = 50 \text{ mm}$ | mm | 50 |
| Diametro perforazione pozzo cluster | $\emptyset_{\text{tubo_pozzo}} + h + i$ | mm | |

prospetto E.6

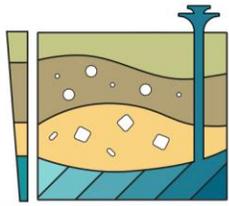
Spessore delle tubazioni⁷⁾

| Individuazione dei punti di criticità e massima pressione allo schiacciamento (P_{sch}) ⁷⁾ alla profondità di | |
|--|-----------------|
| m | P_{sch} |
| m | P_{sch} |
| m | P_{sch} |
| *) La pressione di schiacciamento nei punti critici può essere determinata come indicato nell'appendice N. | |

prospetto E.7

Verifica delle condizioni dei filtri

| Tipo di filtro | Verifica richiesta | Effettuata |
|-----------------------------------|---|--------------------------|
| a ponte ad asola fresati sul tubo | che le condizioni operative per la posa non creino rischi di intasamenti | <input type="checkbox"/> |
| a spirale | Rispetto dei limiti indicati dal costruttore nel certificato di origine per la resistenza allo schiacciamento ed alla trazione assiale. | <input type="checkbox"/> |
| | Non devono essere previste compressioni assiali, anche transitorie, salvo che per la tipologia con armatura interna. | <input type="checkbox"/> |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE:

scheda di dimensionamento strutturale

prospetto E.8

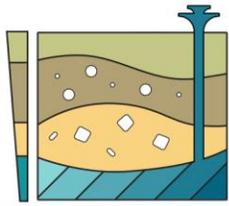
Altezze delle impermeabilizzazioni e del drenaggio

| Materiale | Fase di lavoro | Altezza minima |
|-------------------------|---|--|
| Boiaccia di cemento | <input type="checkbox"/> prima del pistonaggio | m 10 |
| | <input type="checkbox"/> dopo il pistonaggio | m 5 |
| Montmorillonite | <input type="checkbox"/> prima del pistonaggio | m 10 |
| | <input type="checkbox"/> dopo il pistonaggio | m 2 |
| Boiaccia di cemento | <input type="checkbox"/> cementazioni con forti sovrappressioni | $h = (\text{carico idrostatico} + \text{sovrappressione})^{0,5}$ |
| Ghiaietto del drenaggio | <input type="checkbox"/> verifica dopo il pistonaggio | 1 m |
| Ghiaietto del drenaggio | <input type="checkbox"/> verifica prima del pistonaggio | 1 m + 10% dell'altezza del tratto di ghiaietto messo in opera |
| *) Vedere appendice M. | | |

prospetto E.9

Variazioni di profondità

| |
|---|
| Le profondità indicate in progetto si intendono incrementabili in fase esecutiva per: |
| <input type="checkbox"/> 20% per le tecniche a rotazione |
| <input type="checkbox"/> 10% per le tecniche che richiedono tubi di rivestimento |



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

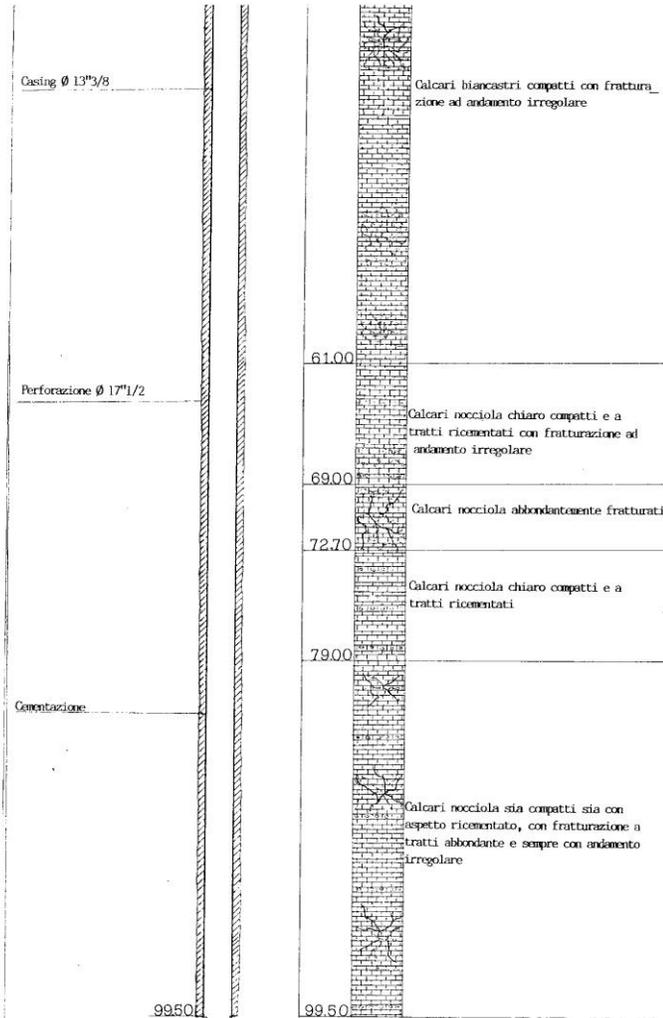
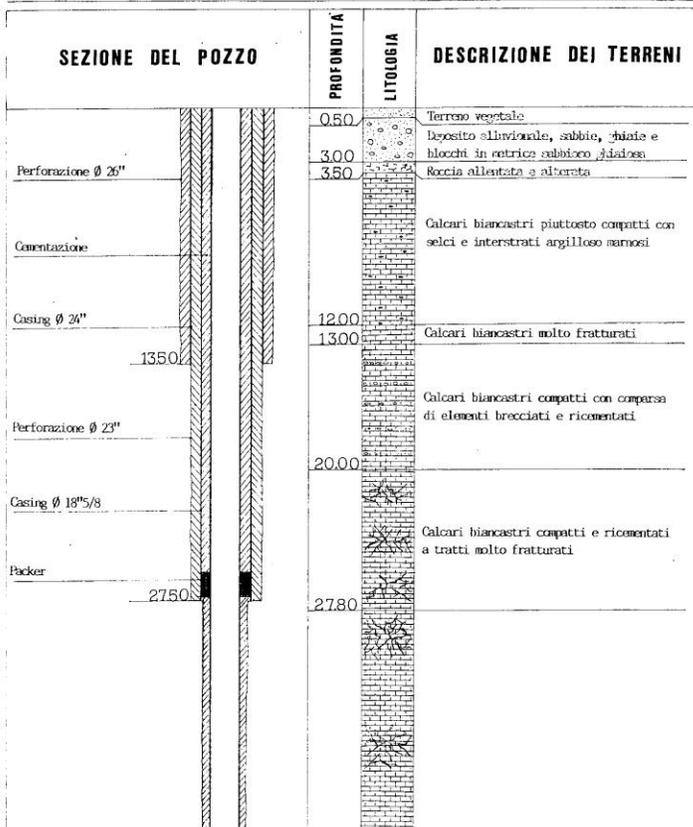
**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

ESEMPI DI PROGETTO:

In roccia, Open Hole con Martello fondo foro

| | |
|---|--|
| POZZI PER ACQUA RICERCHE MINERARIE TRIVELLAZIONI ORIZZONTALI | LOCALITA' CAGLI (PS) COMMITTENTE AQUATER Spa POZZO BURANO 1 DATA 1991 |
| | TEL. 050-42298 FAX 050-43278 |

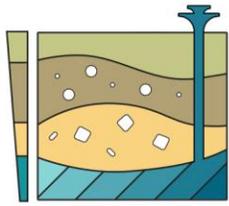


Pozzo in roccia con martello fondo foro e Open Hole :

*ACQUATER Spa – Pozzo Burano 1
Comune di Cagli (PS)-*

Pozzo perforato con martello fondo foro:

- Perforazione Ø 26" fino a m 13,50
- Casing 24" fino a m 13,50
- Perforazione Ø 23" fino a m 27,50
- Casing 18"5/8 fino a m 27,50
- Perforazione Ø 17"1/2 fino a m 99,50
- Casing 13"3/8 fino a m 99,50
- Open Hole Ø 12"1/4 fino a 263,50



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

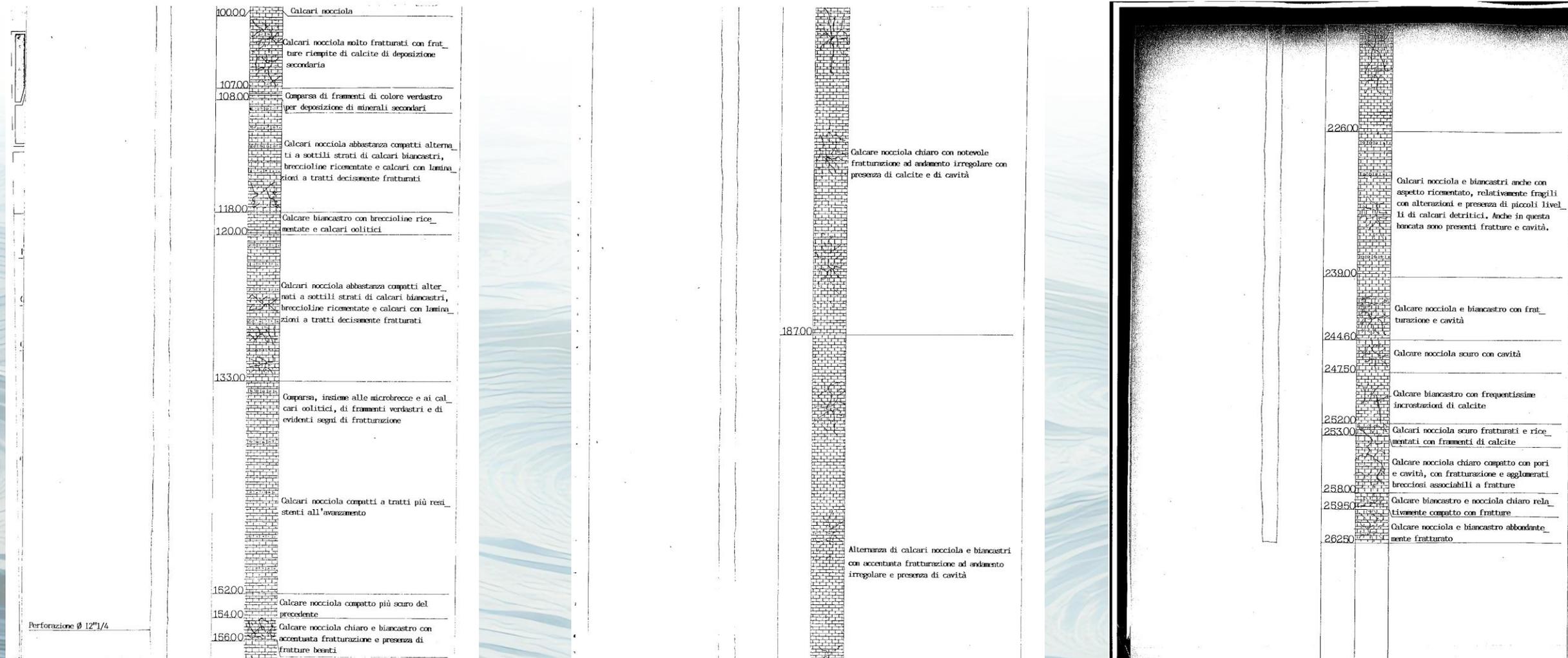
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da



ESEMPI DI PROGETTO:

In roccia, Open Hole con Martello fondo foro



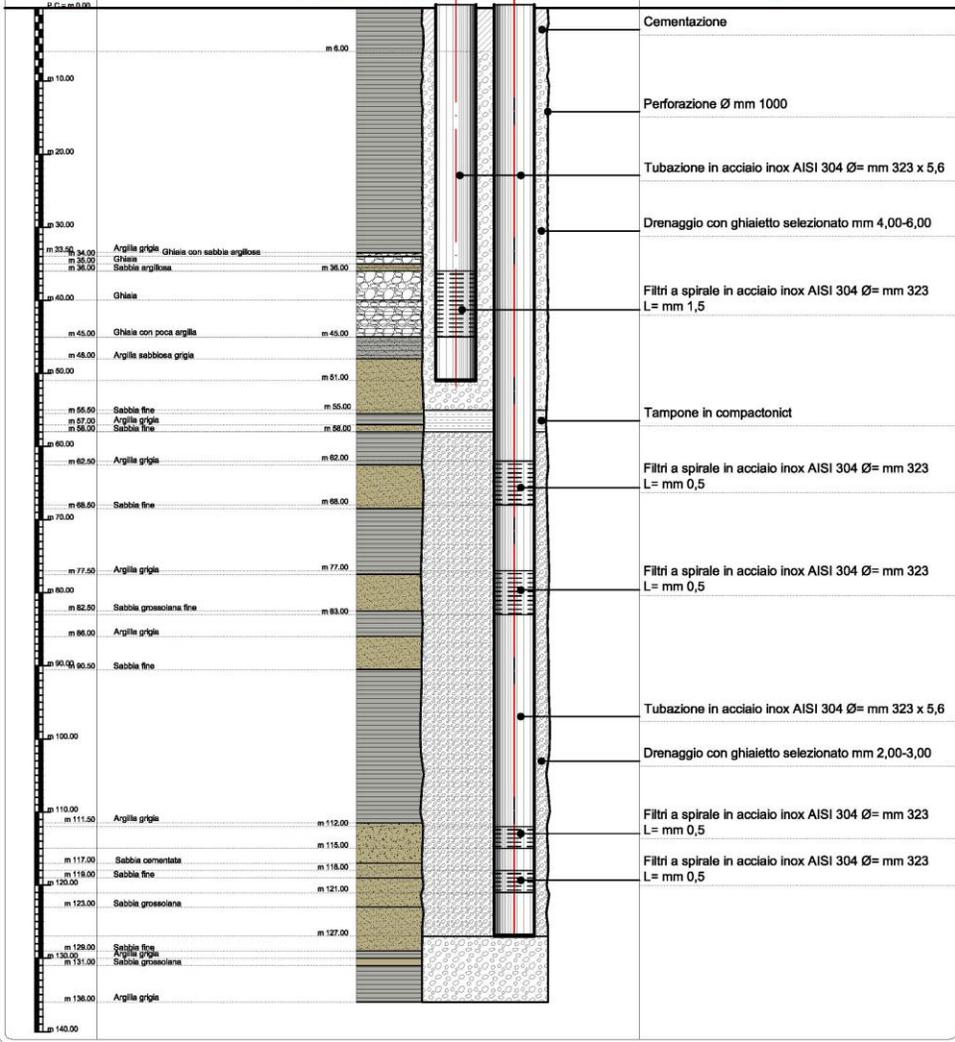
Ubicazione: Loc. Mortaiolo Collesalveti (LI)- 43°36'18.71"N - 10°28'0.02"E



Scala Grafica
Stratigrafia e Schema Pozzo

Dati tecnici:
Comm. n°: 2014-033 a
Pozzo n°: Mortaiolo 4bis
data inizio/fine: 31/07/2014
Profondità Perf.: 136,00
Ø perf.: mm 1000
Metodologia perf.: Circolazione inversa
Perforatore: Jala Gezim
Perforatrice: Wirth B3A
Tubaggio: inox aisi 304 Ø=mm 323 sp= mm 5,6

Didascalie



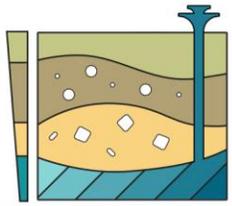
organizzato da



ESEMPI DI PROGETTO: In alluvioni con cementazioni selettive a Circolazione inversa

Pozzo cluster:
ASA Spa- Pozzo Mortaiolo 4 Bis Collesalveti (LI)
Pozzo perforato a circolazione inversa a m 136 con doppia tubazione:

- Perforazione mm 1000 fino a m 136,00
- 1° colonna con tubazione inox AISI 304 Ø= mm 323 x 5,6 fino a m 51 e filtri a spirale
- 2° colonna con tubazione inox AISI 304 Ø= mm 323 x 5,6 fino a m 127 e filtri a spirale



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

27 Settembre 2024, Università di Camerino

Aula A - Dipartimento di Geologia

- Stefano CHIARUGI, Presidente Associazione Acque Sotterranee

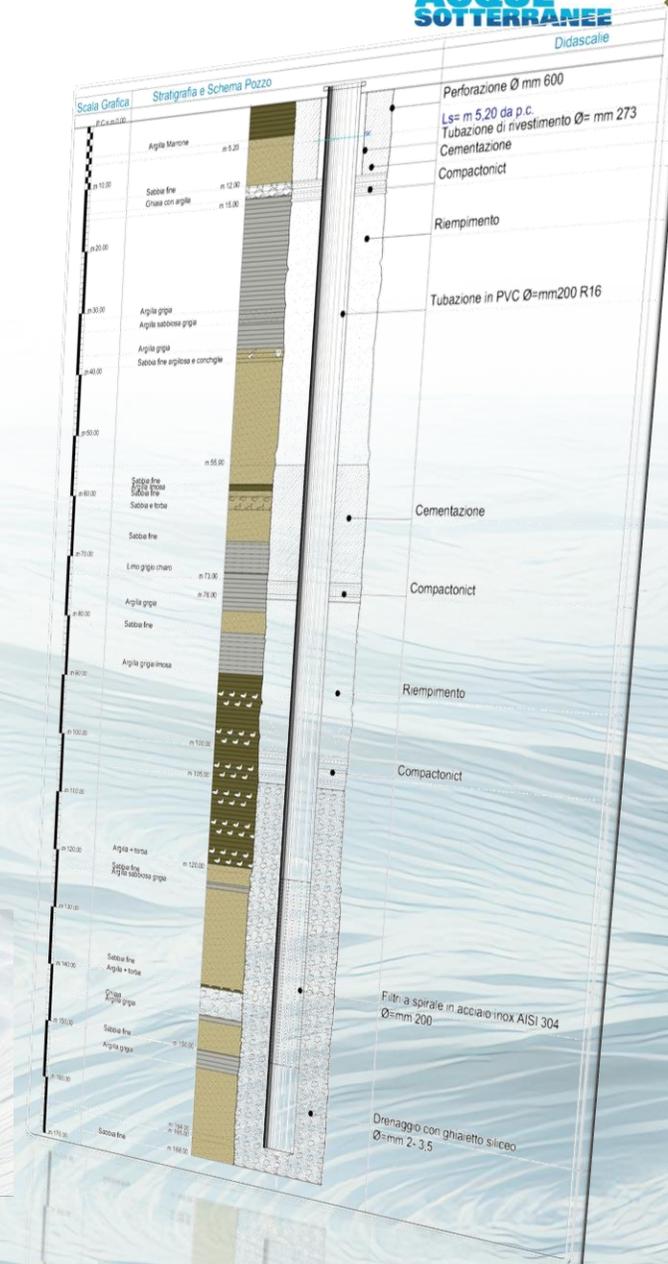
“La progettazione dei pozzi secondo la norma 11590-2015.
Disegno strutturale e progetto definitivo.”

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

organizzato da

**ACQUE
SOTTERANEE**
Didascalie

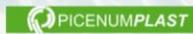
ORDINE
geologi
MARCHE



gold sponsor



idrotecnica mantovani



silver sponsor



bronze sponsor

