هدایت هیدرولیکی (روش‌های آزمایشگاهی)

- روشهای آزمایشگاهی: در آزمایشگاه دو نوع ابزار برای محاسبه هدایت هیدرولیکی وجود دارد. نفوذپذیر با بار هیدرولیکی ثابت و نفوذپذیر با بار هیدرولیکی متغیر یا افتان. هر دو این ابزار از قانون دارسی برای محاسبه هدایت هیدرولیکی استفاده می کنند.
- نفوذپذیر با بار هیدرولیکی ثابت:

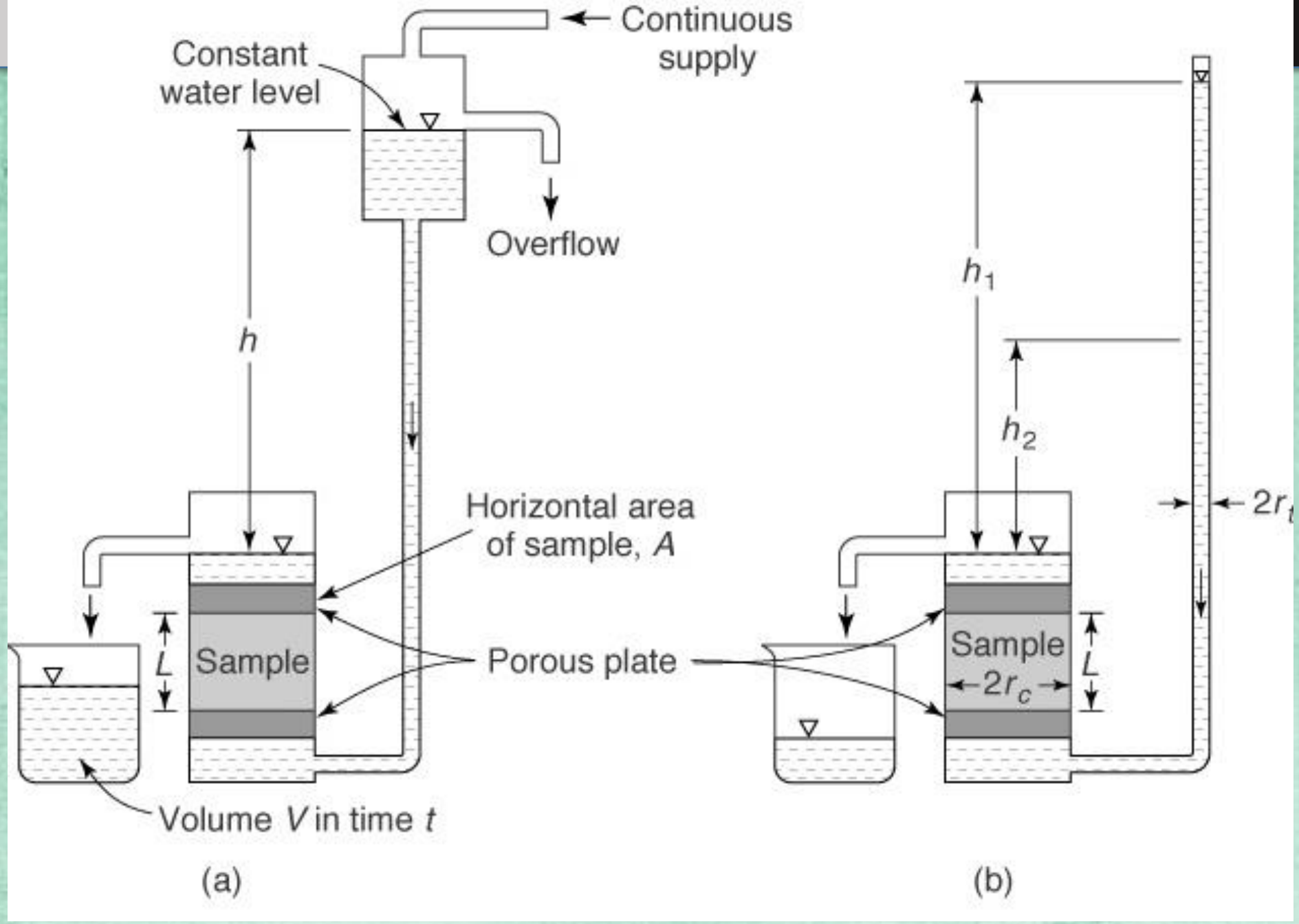
$$K = \frac{VL}{Ath}$$

V حجم آبی است که پس از زمان t در ظرف جمع می شود. L,A,h در شکل نشان داده شده اند.

- نفوذپذیر با بار هیدرولیکی متغیر:

L,r_t,r_c در شکل نشان داده شده‌اند. t فاصله زمانی است که آب از ارتفاع h_1 به ارتفاع h_2 می رسد.

$$K = \frac{r_t^2 L}{r_c^2 t} \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

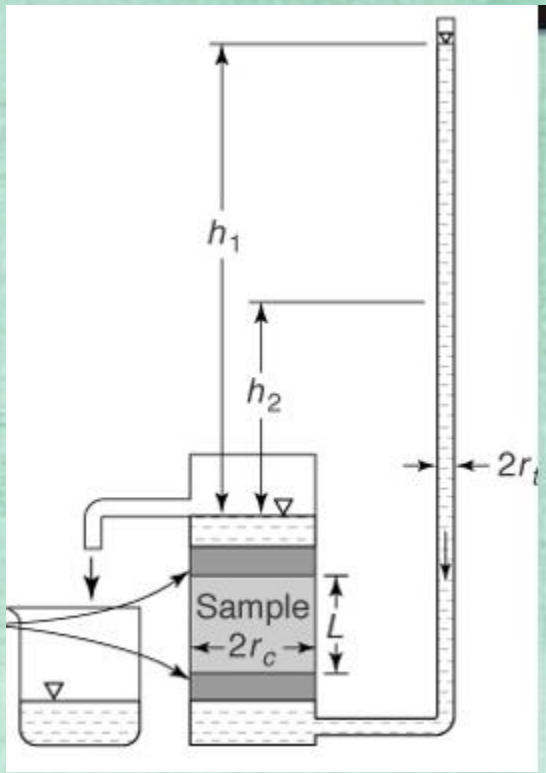


نفوذپذیر با بار هیدرولیکی ثابت (a) و نفوذپذیر با بار هیدرولیکی افتان (b)

یک نمونه خاک به طول ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۱۰ سانتی‌متر به‌منظور اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی با روش بار افتان مورد آزمایش قرار می‌گیرد. لوله باریک روی نمونه دارای قطر ۳ سانتی‌متر و ارتفاع اولیه ۸ سانتی‌متر است. بعد از ۸ ساعت این ارتفاع به ۱ سانتی‌متر رسیده است. هدایت هیدرولیکی این نمونه را به دست آورید؟

مرجع: هیدرولوژی آب زیرزمینی، مهدی ملکپور، حسن‌پور (۱۳۹۳)

$$K = \frac{r^2 L}{R^2 t} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right) \rightarrow K = \frac{۱/۵^2 \times ۲۰}{۵^2 \times (۸ \times ۳۶۰۰)} \ln\left(\frac{۸}{۱}\right) \rightarrow K = ۱/۲۳ \times ۱۰^{-۴}\ \mathrm{cm/sec} = ۰/۱۱۲\ \mathrm{m/day}$$



یک نمونه خاک از یک آبخوان آزاد در داخل یک سیلندر استوانه‌ای شکل قرار گرفته است. طول و قطر این سیلندر به ترتیب ۵۰ و ۶ سانتی متر است. این نمونه به مدت ۳ دقیقه تحت یک ارتفاع ثابت ۱۶/۳ سانتی متر قرار دارد. مقدار آب جمع آوری شده از انتهای نمونه ۴۵/۲ سانتی متر مکعب است. هدایت هیدرولیکی این نمونه را به دست آورید؟

مرجع: هیدرولوژی آب زیرزمینی، مهدی ملکپور، حسن‌پور (۱۳۹۳)

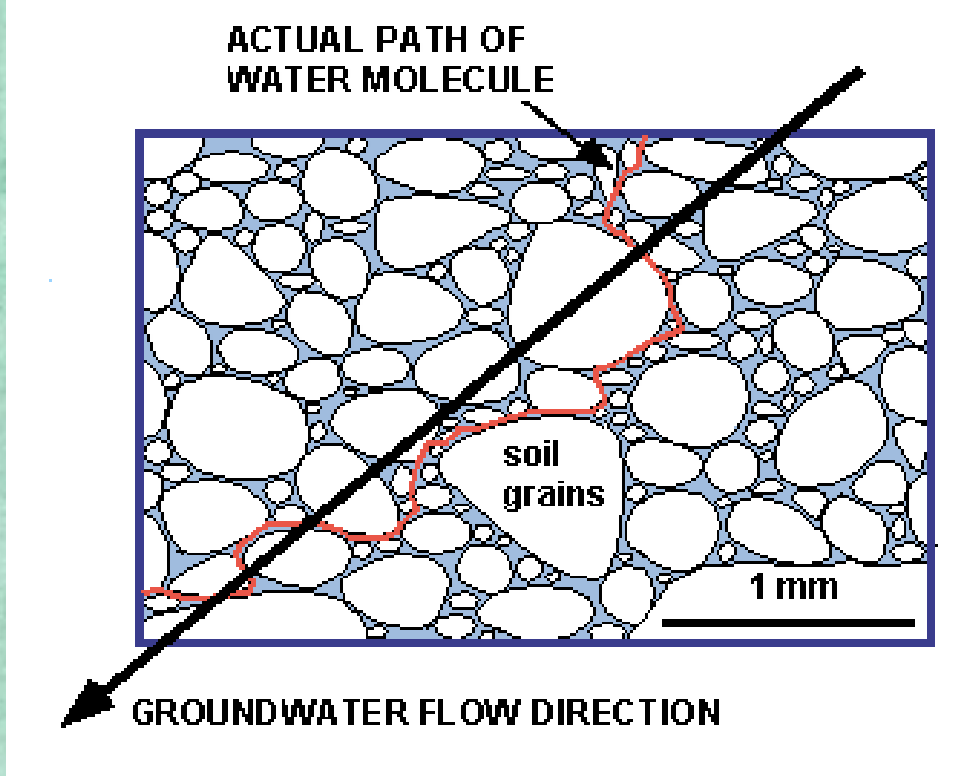
$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0/06^2}{4} = 0/0028 m^2$$

$$\frac{dh}{dl} = \frac{16/3}{50} = 0/326$$

$$Q = \frac{45/2}{3} = 15/07 \, cm^3/min = 0/0217 \, m^3/day$$

$$Q = KA\frac{dh}{dl} \rightarrow K = \frac{Q \times dl}{A \times dh} = \frac{0/0217}{0/0283 \times 0/326} = 23/5 \, m/day$$

- از آنجایکه حرکت آب در خاک از میان حفره ها و درز و ترک ها صورت می گیرد لذا مسیر حرکت آب در خاک طولانی تر است،
- بنابراین سرعت واقعی بیشتر از سرعت دارسی است. رابطه کلی بین سرعت واقعی و سرعت دارسی به صورت رابطه خواهد بود.

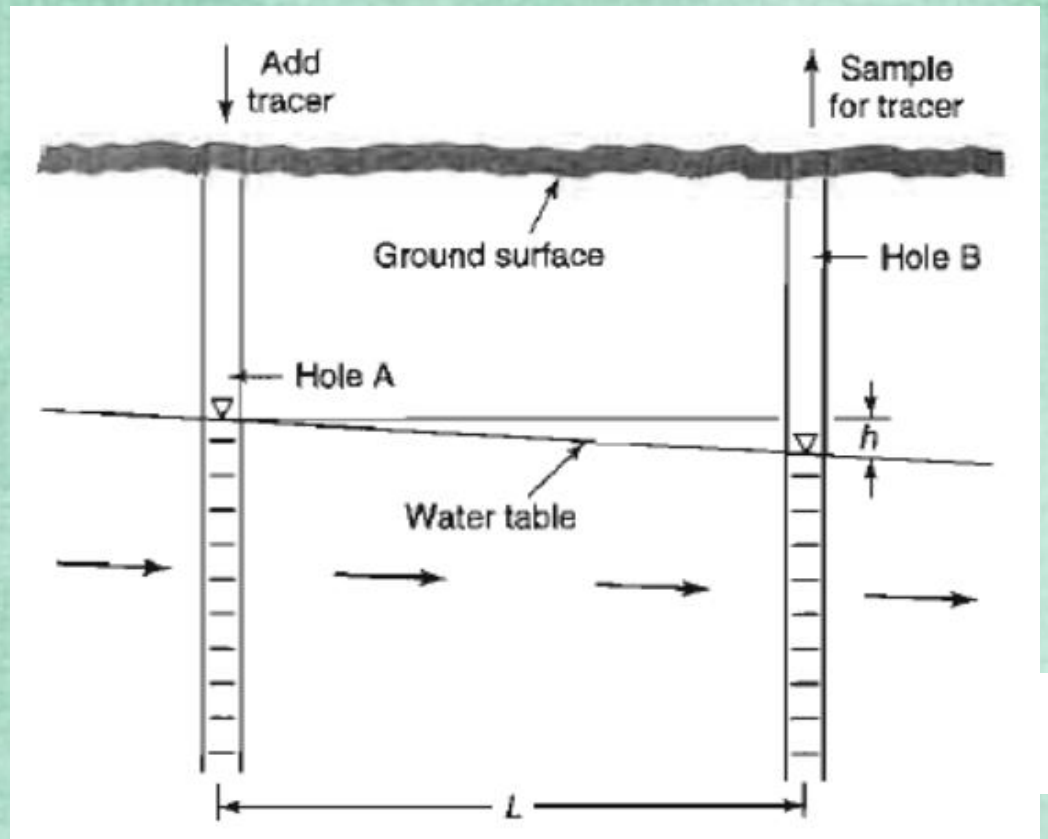


$$V_s = V / n$$

- سرعت واقعی آب در خاک
- سرعت دارسی
- تخلخل

اندازه گیری صحرایی هدایت هیدرولیکی

با استفاده از مواد ردیاب نیز می توان هدایت آبی را برای یک لایه آبدار تعیین نمود. مواد ردیاب ممکن است سدیم فلورسین و یا یک نمک طعام مثل کلرید سدیم باشد که به راحتی قابل تشخیص است. این مواد در یک چاه تزریق ریخته شده و در چاه دیگر که به فاصله L از چاه تزریق قرار دارد، شناسایی می شود. باید توجه داشت که غلظت ردیاب به فاصله از محل تزریق تغییر می کند.



مرجع: هیدرولوژی آب زیرزمینی، مهدی ملکپور، حسن‌پور (۱۳۹۳)

$$V_s = \frac{K \times h}{n \times L}$$

$$V_s = \frac{L}{t}$$

$$K = \frac{n \times L^2}{h \times t}$$

که در آن: V_s سرعت واقعی آب (LT^{-1})، K هدایت هیدرولیکی (LT^{-1})، h اختلاف ارتفاع سطح ایستابی در دو چاه (L)، L فاصله بین دو چاه (L)، n تخلخل (بدون بعد) و t فاصله زمانی پیمایش ردیاب در دو چاه (T) می باشد.

یک نمونه خاک از یک آبخوان آزاد در داخل یک سیلندر استوانه ای شکل قرار گرفته است. طول و قطر این سیلندر به ترتیب ۶۰و ۱۰سانتی متر است. این نمونه تحت یک ارتفاع ثابت ۲۵/۵سانتی متر قرار دارد. اگر هدایت هیدرولیکی نمونه ۱۵متر بر روز باشد. میزان آب خروجی از نمونه را به دست آورید؟

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0/1^2}{4} = 0/0078 5 m^2$$

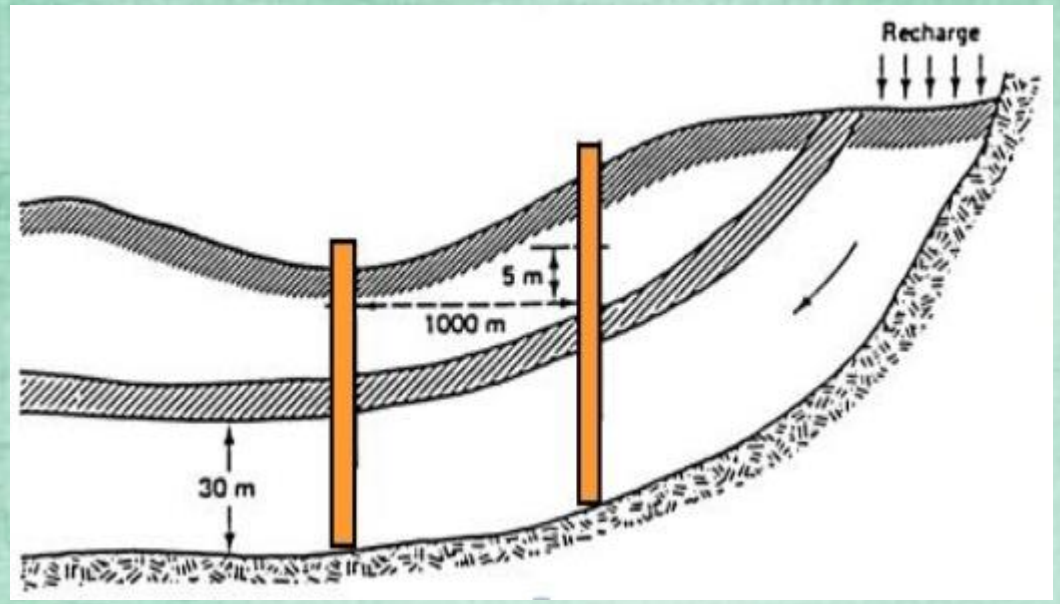
$$\frac{dh}{dl} = \frac{25/5}{60} = 0/425$$

$$Q = KA\frac{dh}{dl} \rightarrow Q = 15 \times 0/0078 5 \times 0/425 = 0/05 \, {m^3}/{day}$$

سرعت آب زیرزمینی و گرادیان هیدرولیکی بین دو چاه به ترتیب ۳/۴متر بر روز و ۰/۰۰۵ است. با فرض همگن بودن خاک بین دو چاه هدایت هیدرولیکی خاک را به دست آورید؟

$V = ۳/۴\ m/day$
$i = ۰/۰۰۵$
$V = Ki \rightarrow K = V/i$ $(۳/۴)/(۰/۰۰۵) = ۶۸۰\ m/day$

لایه آبدار تحت فشاری با تخلخل ۰/۲مطابق شکل از طریق سطح تغذیه می گردد. هدایت هیدرولیکی این لایه آبدار ۵۰متر بر روز است. دو پیزومتر به فاصله ۱۰۰۰متر از یکدیگر نصب شده که در پیزومتر اول و دوم سطح آب به ترتیب ۵۵ و ۵۰ متر نسبت به سطح مبناء فاصله دارد. اگر میانگین لایه آبدار بین دو پیزومتر ۳۰متر و عرض میانگین آن ۵کیلومتر باشد. مطلوب است: الف) سرعت دارسی ب) سرعت واقعی آب در خاک.



$$A = ۳۰ \times ۵۰۰۰ = ۱۵ \times ۱۰^{۴} m^{۲}$$

$$i = \frac{h_{۱}-h_{۲}}{L} = \frac{۵۵-۵۰}{۱۰۰۰} = ۰/۰۰۵$$

$$Q = KiA \rightarrow Q = ۵۰ \times ۱۵ \times ۱۰^{۴} \times ۰/۰۰۵ = ۳۷۵۰۰ \ {}^{m^{۳}}/_{day}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{۳۷۵۰۰}{۱۵ \times ۱۰^{۴}} = ۰/۲۵ \ {}^{m}/_{day}$$

$$V_s = \frac{V}{n} = \frac{۰/۲۵}{۰/۲} = ۱/۲۵ \ {}^{m}/_{day}$$

اعتبار قانون دارسی

$$Re = \rho VD/\mu$$

$$Re = \rho VD/\nu$$

- در آب‌های زیرزمینی تا عدد رینولدز ۱۰امی توان جریان را آرام فرض کرد.
- برای اعداد رینولدز بین اتا ۱۰۰رژیم جریان انتقالی است و قانون دارسی کاربرد دارد.
- در حالت انتقالی، جریان آرام بوده ولی رابطه بین سرعت جریان و گرادیان هیدرولیکی خطی نیست.

در یک چاه که قطر آن ۳۰سانتیمتر است. طول لوله مشبک آن که تمام آبخوان را در بر می گیرد ۲۵متر است. آزمایش دانه بندی که از مواد تشکیل دهنده آبخوان به عمل آمده است نشان داد که قطر موثر ذرات تشکیل دهنده آبخوان ۱/۵میلیمتر است. از این چاه با دبی ۲۰۰لیتر بر ثانیه آب پمپاژ می شود. آیا قانون دارسی را می توان در مورد جریان آب به داخل چاه به کار برد؟

$$\rho = ۱\ {gr}/{cm^۳} \quad و \quad \mu = ۰/۰۱\ \frac{gr}{cm.\ sec}$$

$$A = \pi d \times h = \pi \times ۰/۳ \times ۲۵ = ۲۳/۵۵\ m^۲$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{۰/۲}{۲۳/۵۵} = ۸/۵ \times ۱۰^{-۳}\ {m}/{sec} = ۰/۸۵\ {cm}/{sec}$$

$$R_e = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{۱۰۰۰ \times ۰/۸۵ \times ۰/۱۵}{۰/۰۱} = ۱۲/۷۵ > ۱۰$$

چون عدد رینولدز بزرگتر از ۱۰ است، پس قانون دارسی معتبر نیست.

عوامل موثر بر هدایت هیدرولیکی

عوامل موثر بر هدایت هیدرولیکی لزجت یا گرانروی آب، املاح و شوری آب و وجود هوا در داخل خاک نیست. با افزایش درجهٔ حرارت ویسکوزیته (لزجت) آب کاهش می‌یابد و این امر سبب سهولت حرکت آب در خاک و در نتیجه افزایش هدایت هیدرولیکی می‌شود. مقدار هدایت هیدرولیکی با افزایش درجه حرارت از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$K_t = \frac{\mu_{20}}{\mu_t} K_{20}$$

وجود شوری در آب آبیاری سبب کاهش هدایت هیدرولیکی در خاک می شود که این مسئله با پارامتر نسبت جذب سدیم SAR **سنجیده می شود که این پارامتر تأثیر یون های منیزیم، کلسیم و سدیم** Mg^{++}، Ca^{++}، Na^{+}، **را روی مقدار هدایت هیدرولیکی نشان وی‌دهد.**

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{۲}}}$$

که در آن: Ca^{++}، Na^{+}و Mg^{++}به ترتیب غلظت یون های سدیم، کلسیم و منیزیم (میلی اکی والانت در لیتر) است.