

منابع: طرح درس آب های زیرزمین در سایت دانشگاه

ارزیابی: 10 نمره پایان ترم - 10 نمره میان ترم

← مبدع: آب های زیرزمین تالیف دکتر محمد محمودیان

بررسی اهمیت آب های زیرزمین

نحوه پراکنش آب:

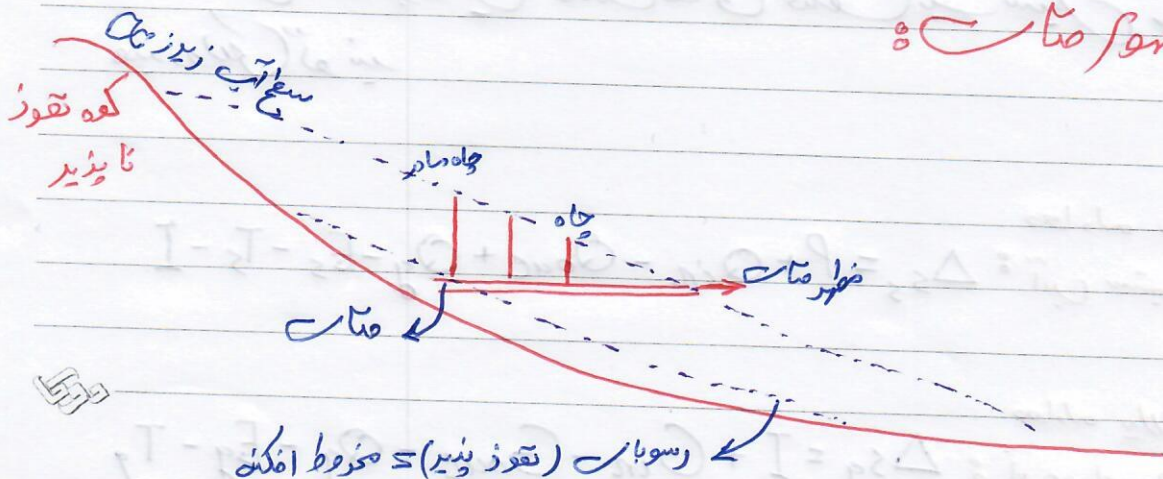
96.5% آب ایتانوس ها و دریاها (مغور)

1.7% یخچال های قطبی (سیدین)

0.1% آب های روی سطح زمین (سیدین)

1.7% آب های زیرزمین (سوریا سیدین)

مفهوم منابع:



* طولانی ترین قنات نزدیک زرنج به طول 29 km و عمق
چاه مادر 96 و دارای 966 چاه من با سرده؛ جگر خاکبرداری
75400 m³ بوده است

* تعاریف مهم:

سیکل هیدرولوژیک: این سیکل نشان دهنده ی حرکت و جریان
آب در قسمت های مختلف سیستم آبی است؛ به طوری که
جریان های مختلف این سیکل یک مقابل بین حوض آبی
ورودی و خروجی از سیستم برقرار می کند Hydrologic Cycle
به این مقابل موجود بین جریان های مختلف این
سیکل مقابل آبی گویند

بالا نش آبی:

به مقابل موجود بین قسمت های مختلف یک سیکل بسته ی
هیدرولوژی گویند

معادله بیلان

آبی سطح هیدرولوژی: $\Delta S_s = P + Q_{in} - Q_{out} + Q_g - E_s - T_s - I$

معادله بیلان

آبی زیر زمین: $\Delta S_g = I + G_{in} - G_{out} - Q_g - E_g - T_g$

دووجه سیستم

$$\Delta(S_s + S_g) = P - (Q_{out} - Q_{in}) - (E_s + E_g) - (T_s - T_g) - (G_{out} - G_{in})$$

E تبخیر

P بارندگی

T تعرق "بیاهال"

 Q_{in} آب های سطحی (ورودی) G_{in} آب های زیر زمین (ورودی) Q_{out} آب های سطحی (خروجی) G_{out} آب های زیر زمین (خروجی) Q_g ورود آب زیر زمین به سطح ΔS_s تغییر موجودی آب سطحی

I نفوذ آب سطحی به زیر زمین

 ΔS_g تغییر موجودی آب های زیر زمینus geological survey $\rightarrow$ usgs<http://water.usgs.gov> $\Rightarrow$ اطلاعات بیشتر

در این زمینه



انواع آب های زیرزمینی:

آب های سطحی: این آب ها بدین بارش آب ایجاد شده و عموماً بین ۲۰ هزار الی ۳۰ هزار سال من باز می ماند؛ عمق آن ها در عربستان بین ۴۰۰ الی ۱۲۰۰ متر است

آب های دشت: هنگام تشکیل لایه های زیرین حبوس شده اند و کیفیت خوبی ندارند؛ عمر زیادی داشته و عمق آن ها ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ متر است

آب های اولیه: این آب ها با هم هنگام آتش فشان ها ممکن است؛ از زمین خارج شوند و در عمق چند هزار متر قرار دارند

انواع لایه های آبدار:

۱. آکفیر *Aquifer*: این لایه ها معمولاً در سنگ دانه و متخلخل و تخلیه می شوند؛ لایه های تخلیه یافته می توانند لایه آبدار باشند لایه های آبدار آکفیر معمولاً بدین لایه های محدود کننده در بالا و پایین محدود شده اند این لایه های محدود کننده عبارت از:

2. آکن کلورده این لایه ها از مواد نسبتاً نفوذپذیر ولی اسباع تشکیل

شده است که اجازه ی عبور مقادیر زیادی آب به درون حوض

راحت دهند مانند رس های اسباع

3. آکن فیوچ: لایه ای که نه آبن درون خود دارد و نه

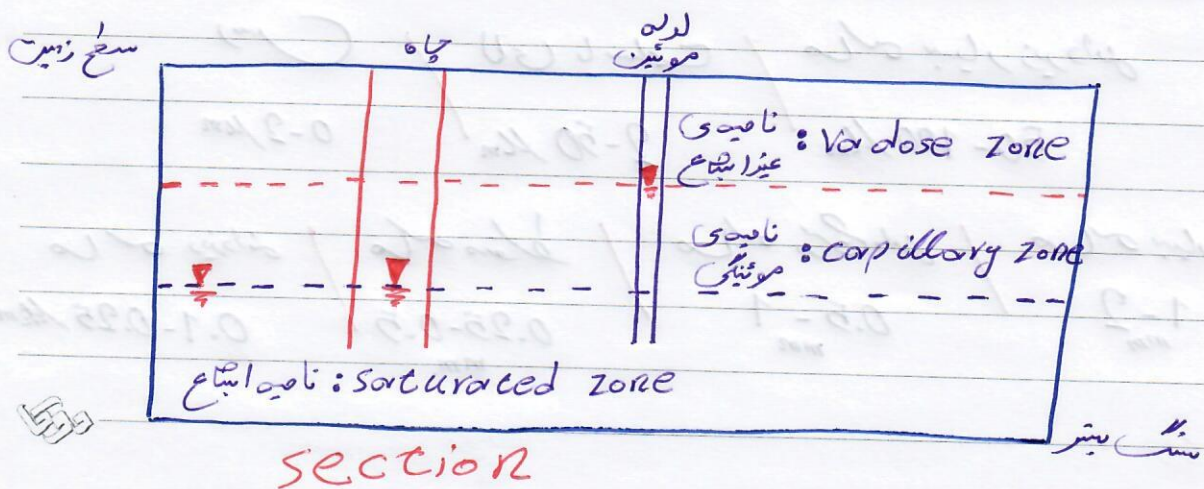
اجازه ی عبور آب می دهد مانند سنگ های گرانیتی

4. آکن تارد: یک لایه ی اسباع و با نفوذپذیری کم است که در

منور دایسک صاف زبانه یک ناحیه مهر در آب زیر زمین

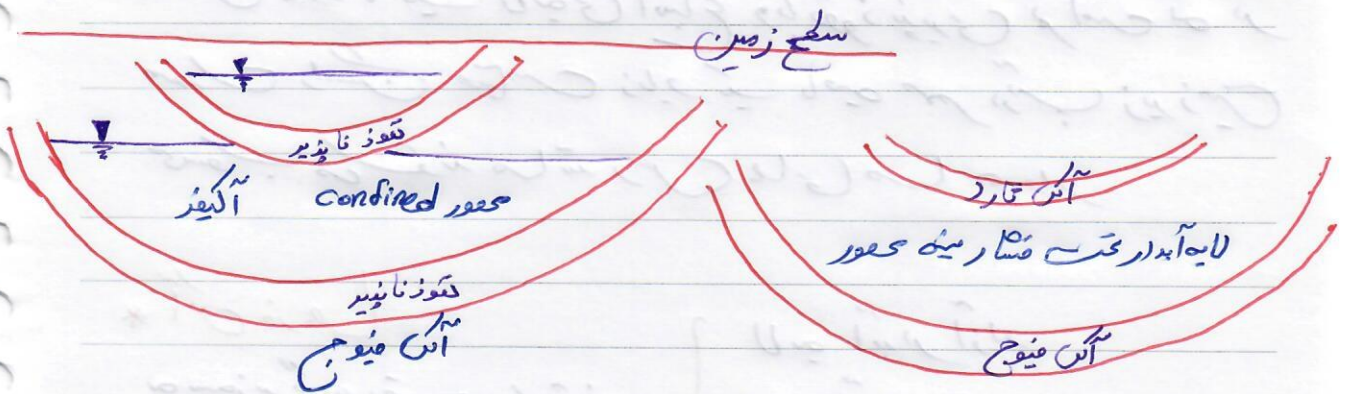
محسوب میشوند مانند رس های صاف دار

* آکن فدها
به سه زیر گروه تقسیم میشوند
لایه آبدار آزاد
لایه آبدار بسته محصور
لایه آبدار محصور



* در این درس حرکت آب در محیط های مختلف (لایه ی آبدار آزاد یا تحت فشار) بدرج سده و حرکت آب در نواحی کارستیک (نواحی آهکی) که هیدرولیک متفاوت و وسیع حرکت آب در لوله دارند، بدرج می شود

طبق قرارداد در صورتی که نفوذ پذیری لایه ی زیرین 0.01 لایه ی آبدار باشد، آن لایه نفوذ ناپذیر تلقی می گردد



* طبق بندی خاک های تکثیر یافته به روش سازمان کشاورزی آمریکا

رنگ	لایه یا سبب	ماده بسیار ریزدانه
0-2 μm	2-50 μm	50-100 μm

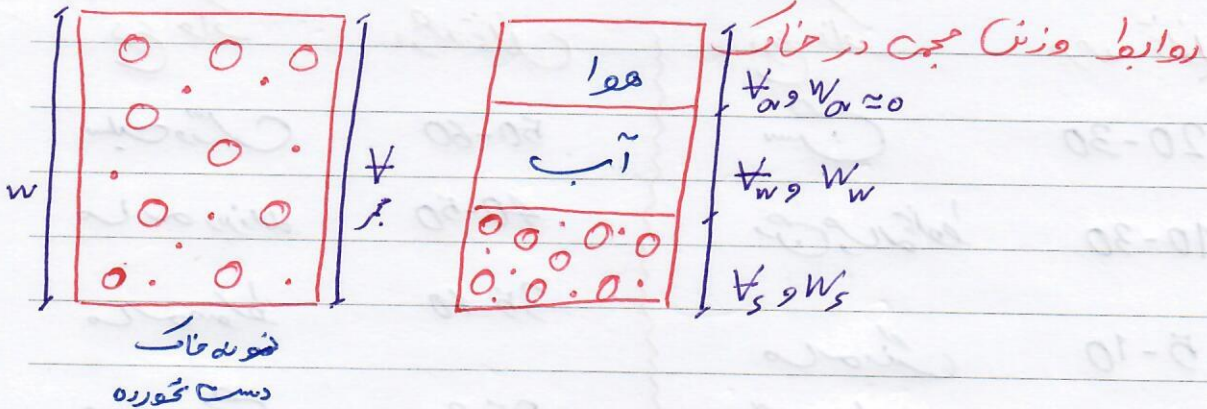
ماده ریزدانه	ماده متوسط	ماده درجه دانه	ماده بسیار درجه
0.1-0.25 mm	0.25-0.5 mm	0.5-1 mm	1-2 mm

$$e = \frac{n}{1-n}$$

اینست اولی: $e = \frac{n}{1-n}$

۹۷ / ۷ / ۱۵

7



$$W = W_s + W_w + W_v = W_s + W_w$$

$$V = V_s + V_w + V_v = V_s + V_v \quad (V_v = V_w + V_a)$$

تخلخل (porosity) $n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_w + V_a}{V}$

پوئیس (void ratio) $e = \frac{V_v}{V_s}$

$$e = \frac{n}{1-n}$$

* تخلخل رس بالاتر از تخلخل سilt است (اینست دوم)

* طبقه بندی درستی داده ها بر اساس ASTM - D24M

سilt ریزدانه	سilt درج دانه	قلوه سilt کوبیل
0.6 - 1.9 cm	1.9 - 7.6 cm	7.6 - 15.2 cm

قلوه سilt بزرگ	پاره سilt
15.2 - 35.8 cm	> 35.8 cm

درصد تخلخل	نوع خاک	درصد تخلخل	نوع خاک
20-30	سب	50-60	سلت و سس
10-30	چسبیده و غلطه	40-50	ماسه ریزانه
5-10	ماسه شست	35-40	ماسه متوسط
10-20	مشتبای ریزانه	25-30	ماسه درشت

* برای خشک کردن یک نمونه خاک، کابین است آنرا به مدت 24 ساعت در اُپن در دمای 105°C قرار دهید.

$$\rho_{\text{dry}} = \rho_d = \frac{w_d}{V} = \frac{w_s}{V} \quad \left. \begin{array}{l} \rightarrow \rho_d < \rho_s \\ \text{چنانچه داندها} \\ \text{خامد خاک} \end{array} \right\}$$

$$\rho_s = \frac{w_s}{V_s} \quad \left. \begin{array}{l} \rightarrow \text{چنانچه خشک} \end{array} \right\}$$

$$\gamma_d = \rho_d \times g$$

$$\gamma_s = \rho_s \times g$$

$$\left(\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \right)$$

وزن مخصوص
دست نخورده

درصد رطوبت

97/7/15

$$\gamma_w = 9810 \text{ N/m}^3$$

9

$$\theta_v = \text{Volumetric Water Content} = \frac{V_w}{V}$$

محتوای رطوبتی حجمی

$$w = \theta_w = \text{Gravimetric Water Content} = \frac{W_w}{W_s}$$

محتوای رطوبتی فکلی

$$S_r = \text{Saturation Ratio} = \frac{V_w}{V_v} \quad 0 \leq S_r \leq 1$$

(درجه اشباع) نسبت اشباع

$$\begin{cases} \text{if } S_r = 1 \Rightarrow \gamma = \gamma_{sat} \\ \text{if } S_r = 0 \Rightarrow \gamma = \gamma_d \end{cases}$$

$$G_s = SG = \frac{\gamma}{\gamma_w} = \frac{\rho}{\rho_w}$$

نسبت وزن ویژه

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

ضریب خمیدگی

$$C_{uc} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

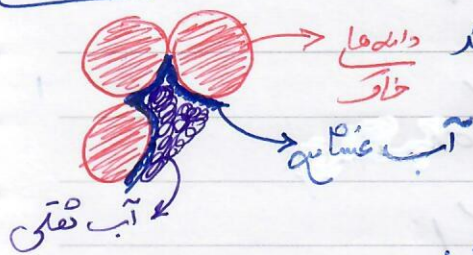
ضریب یکفوانتی

* مقدار D_{60} به معنای آن است که ۶۰ درصد ذرات از آن عبور کرده اند

آب در منطقه
آب زیر زمین

{
(Gravitational Water) آب ثقلی
(Hygroscopic Water) آب غشایی
(Capillary Water) آب مویشی

* نحوه مقایسه آب های ثقلی و غشایی به کمک ظرف
آب است مانند قایل انجام است؛ برای نیروی جاذبه، آب های
ثقلی از خود خاک خارج می شوند



$$\text{تخلخل غشایی ثقلی} = \text{تخلخل ثقلی} + \text{تخلخل}$$

$$n = n_g + n_r$$

$$n = S_g + S_r$$

آب در
ویژه

آب است
ویژه

(specified yield) (specified retention)

آبدهن ویژه برای لایه آبدار آزاد (S_y): جبر آب قابل
استعمال برائت امت یک متر سطح ایستابی در واحد سطح لایه آبدار آزاد
که مقدار آن همواره کمتر از یک می باشد

ضریب ذخیره یا قابیلیت ذخیره (S): جبر آب قابل استعمال
برائت امت یک متر سطح پیزو متدی در واحد سطح لایه آبدار
حتی فشار که مقدار آن نیز همواره کمتر از یک می باشد

* بدین است با توجه به تعریف موارد فوق و اعتلاات سطح
ایستابی یا پیزو متدی بودن، می توان دریافت که مقدار

S_y می باشد قابیلیت تراکم مصالح خاک
قابیلیت تراکم آب

که ضریب
ذخیره

$$S = \gamma \times \alpha (\alpha + \beta n)$$

تخلخل
میان متوسط
لبه وزن مخصوص
آب

α قابیلیت تراکم مصالح خاک: (m^2/n)

β قابیلیت تراکم آب: $\beta \leq 0.476 \times 10^{-9} (m^2/n)$

و

$$10^{-7} < S < 10^{-3}$$

$$0.01 < S_y < 0.2$$

ذخیره ویژه (specific storage) $S_y = \frac{S}{b} = \gamma (\alpha + \beta n)$
 به درایه تحت فشار

(h_c) ارتفاع موئینگی: ارتفاع موئینگی آب است که برابر نیروی موئینگی
 بالاتر از سطح ایستابی قرار می گیرد

مثال 1: در سطح عملیات بسیار از یک لایه آبدار آزاد به مساحت 50 km^2
 سطح ایستابی بطور متوسط 6 متر تحت مژه است؛ اگر تامل کل مساحت
 لایه آبدار 50٪ و ننداستی مخصوص برابر 15٪ باشد، مطلوب
 است حجم آب تخلیه شده از این لایه آب.

$$A = 50 \text{ km}^2$$

$$\Delta h = 6 \text{ m}$$

$$n = 50\% = 0.5$$

$$S_r = 15\% = 0.15$$

$$S_y = n - S_r = 0.5 - 0.15 = 0.35$$

$$V_{\text{water}} = S_y \times A \times \Delta h$$

$$V_{\text{water}} = 0.35 \times 50 \times 10^6 \times 6 = 105 \times 10^6 \text{ m}^3$$

مثال 2: در لایه آبدار تحت فشاری با مصالح سنگی و تامل 0.35
 مقدار $\alpha = 1.2 \times 10^{-8} (\text{m}^2/\text{m})$ است؛ قیاس لایه آبدار 25 م است
 مطلوب است ضریب ذخیره و ضریب ذخیره ویژه برای این
 لایه آبدار

$$10^6 m^3 = 1 MCM$$

million cubic meter

97/7/15

13

$$S = \gamma b (\alpha + \beta n) = 9810 \times 25 \times \left(1.2 \times 10^{-8} + 0.35 + 0.476 \times 10^{-9} \right)$$

(N/m^3) (m) (m^2/m)

$$\Rightarrow S = \quad \quad \quad S_s = \frac{S}{b} = \frac{S}{25} = (m^{-1})$$

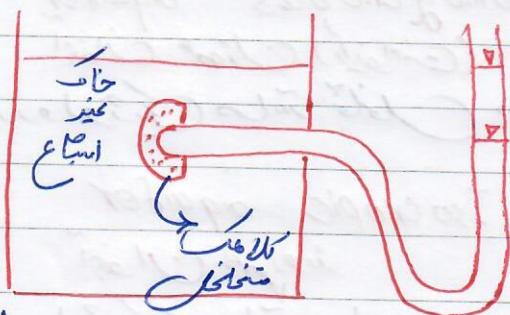
مثال 3: در لایه آبدار تحت فشاری با وسعت $150 (m^2)$ به ضخامت $50m$ و ذخیره ویژه $(m^{-1}) = 0.00001$ در اثر پدیده آب، سطح پیزو متریک $10m$ افت کرده است؛ حجم آب تخلیه شده از لایه آبدار چقدر است؟

$$S = S_b \times b = 0.00001 (m^{-1}) \times 50 (m) = 0.0005$$

$$V_{water} = 0.0005 \times 150 \times 10^6 (m^2) \times 10 (m) = 750000 m^3$$

* خاک اسفنج خاصیت موئینگی ندارد.

* کسش سنج (Tensiometer)



$h_c \Rightarrow$ هد کسشی
(suction head)
(tension head)

ابتدا سطح آب در لوله قرار میگیرد و سپس از گذر زمان سطح آب پایینتر خواهد آمد که این عمل در اثر پدیده موئینگی رخ می دهد

گستره ارتفاع موئنی در خاک های مختلف

خاک	ارتفاع موئنی (cm)	اندازه دانه (mm)
شن ریز	25	2-5
ماسه خیلی درشت	6.5	1-2
ماسه درشت	13.5	0.5-1
ماسه متوسط	24.6	0.2-0.5
ماسه ریز	42.8	0.1-0.2
لای	105.5	0.05-0.1
لای ریز	200	0.02-0.05
رس	> 200	0-0.002

اصطلاحات مربوط به آبخوان ها :

Homogeneous aquifer در آبخوان همگن، متجانس

آبخوان همگن (یکنواخت)

هیدرولوژیکی مانند تخلخل در تمام نقاط برابر هستند

Isotropic aquifer در آبخوان هم ریز، متجانس

آبخوان هم ریز

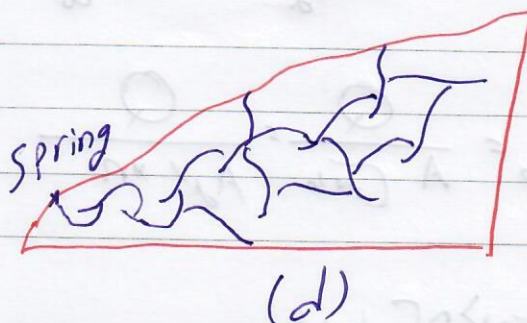
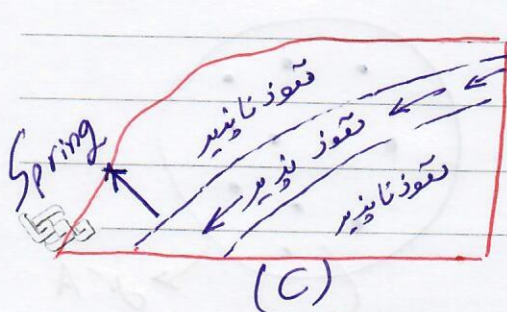
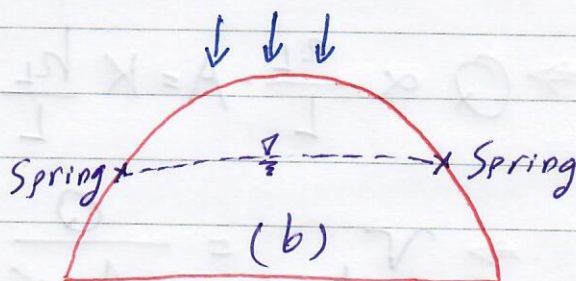
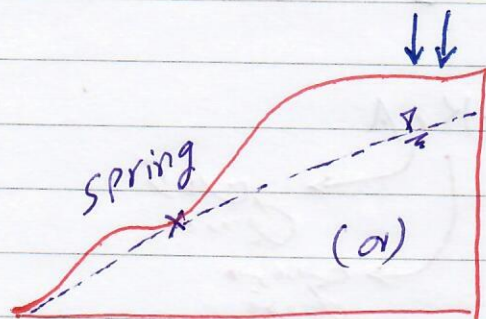
هیدرولوژیکی مانند هدایت هیدرولیکی در تمام جهات یکسان هستند

در واقع در این نوع آبخوان ها $(K_x = K_y = K_z)$ است

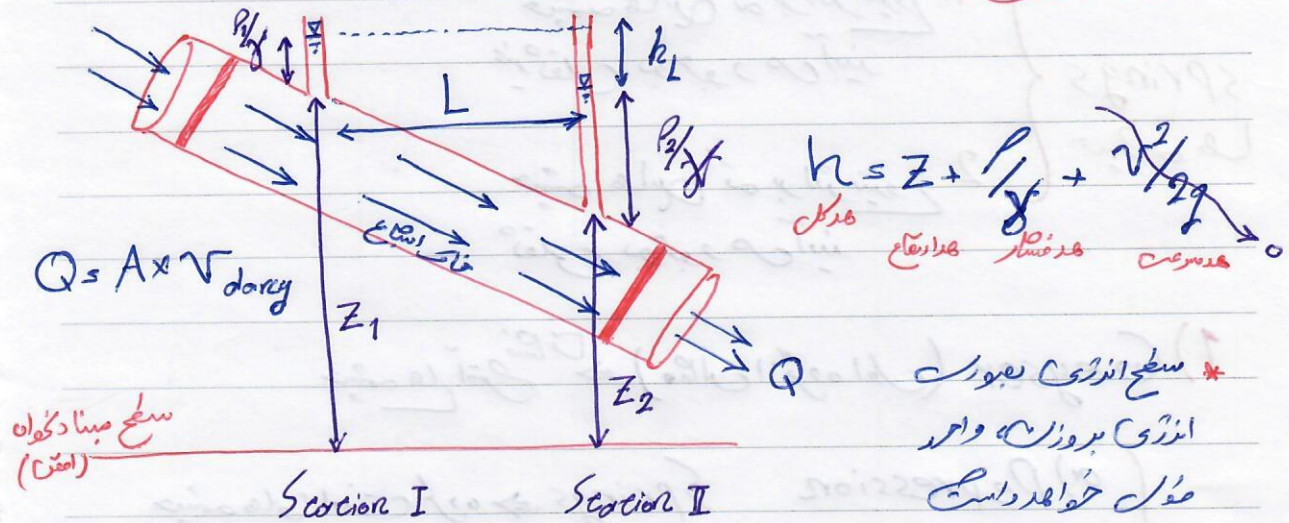
- springs** {
1. حوضه‌هایی که بر اثر نیروی غیرتفلی بوجود می‌آیند
 2. حوضه‌هایی که بر اثر نیروی تفلی بوجود می‌آیند

1) Geyser (مثال از نیروی تفلی) ⇒ حوضه‌های آتشفشان

- 2) {
- a) Depression Springs ⇒ حوضه‌های افت کرده
 - b) Contact Springs ⇒ حوضه‌های تماس
 - c) Artesian Springs ⇒ حوضه‌های آرتزین
 - d) Tubular or fracture Springs ⇒ حوضه‌های لوله‌ای



قانون دارسی :



$$h_L = (Z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}) > 0$$

* دارسی میگوید که $Q \propto \frac{1}{L}$ ، $Q \propto h_L$ ، $Q \propto A$

دارسی نتیجه گرفت $A \propto \frac{h_L}{L}$

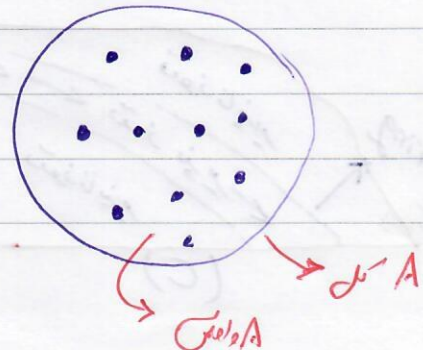
$$\Rightarrow Q \propto \frac{h_L}{L} \cdot A = K \frac{h_L}{L} A = K_c A$$

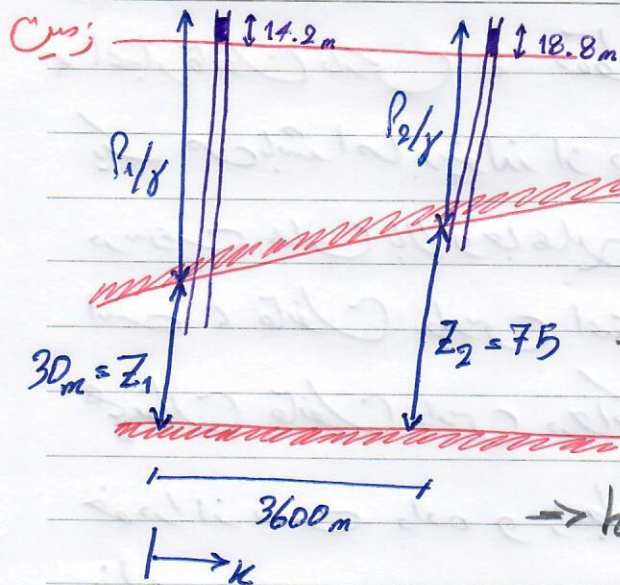
$$\Rightarrow V_{darcy} = \frac{Q}{A}$$

تراپان
در روین
مسو داریت
میزوینک

$$V_{darcy} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{A_d \times n}$$

$$V_{darcy} < V_{actual}$$





مسئله: محاسبه دبی؟

$$K = 12 + 0.006 \kappa$$

$$h_1 - h_2 = h_L$$

$$Z_2 = 75 \Rightarrow h_L = \underbrace{(P_1/\gamma + Z_1)}_{h_1} - \underbrace{(P_2/\gamma + Z_2)}_{h_2}$$

$$\Rightarrow h_L = h_1 - h_2 \Rightarrow h_2 > h_1$$

$$\Rightarrow K = 12 + 0.006 \kappa$$

$$\Rightarrow A_\kappa = \left(30 + \left(\frac{75 - 30}{3600} \right) \kappa \right) \times 1 \rightarrow \text{معرض واحد}$$

$$\Rightarrow Q = (12 + 0.006 \kappa) \left(\frac{dh}{d\kappa} \right) \left(30 + \frac{45}{3600} \kappa \right)$$

$$\Rightarrow \int_6^{3600} \frac{1}{(12 + 0.006 \kappa) (30 + 0.0125 \kappa)} d\kappa = \int_{14.2}^{18.8} \frac{1}{Q} dh = \frac{1}{Q} \int_{14.2}^{18.8} dh$$

$$\Rightarrow Q = 1.2 \text{ m}^3/\text{day.m} \rightarrow \text{معرض واحد در یک واحد در تقارن}$$

* **اعتبار قانقن داری :** هقو برای رینولز های کوچکتراز یک م باشد اما رینولز از ده تحمل خفا استفاده کرد در سرعت های بالا و جاهایی که گرادیان هیدرولیکی سریع است ، قانقن داری اعتبار خود را از دست م دهد ؛ همچنین قانقن داری در خاک های متداکتر رسی ، اعتبار خود را از دست داده و رابطه سین دبی و گرادیان هیدرولیکی خفا نخواهد بود

$$Re = \frac{\rho V d_{10}}{\mu_m}$$

d_{10} : قطر متوسط خاک

← هیدرولیکی

$$Re = \frac{V d_{10}}{\nu}$$

V : V_{darcy}

$$\left(\nu = \frac{\mu_w}{\rho_w} \right)$$

← سیناتیکی

* **سین برای برقداری رابطه داری $Re < 1$ باشد** $Q = K i A$

* **هقو زنبیری ذاتی (Intrinsic Permeability K)**

هقو زنبیری ذاتی خاک متنا تاجن از محیط خاک بوده و مستقل از نوع سیال م باشد ؛ این پارامتر توانایی یک محیط خاکی را برای عبور یک سیال نشان م دهده

$$K = \frac{K \times \mu_w}{\rho_w \times g}$$

هقو زنبیری ذاتی m^2

هدایت هیدرولیکی

$$1 \text{ darcy} = 0.987 \mu_m^2$$

واحد درتقو زنبیری برای هقو زنبیری

گستره مقادیر K برای خاک های مختلف :

نوع خاک	$K (m/day)$	نوع خاک	$K (m/day)$
رس سطحی	0.01-0.2	ماسه درخت بلوط	20-100
رس عمیق	10^{-8} - 10^{-2}	سنگ	100-1000
رس لومی	0.1-1	حواط سنگ مرمره	5-100
ماسه ریز دانه	1-5	خندقی ماسه و ماسه و رس	0.001-0.1
ماسه متوسط	5-20		

منابع تغذیه قانول دارایی :

1. در صورتی که خاک را به کارشیک داشته باشد (در اثر سرعت بالا)
2. در حین آب نزدیک حیا (در اثر سرعت بالا آب)
3. خاک های رس (بابت سرعت پایین)

قابلیت انتقال (Transmissivity) :

منبع انتقال آب از واحد عرض آبخیز تحت شرایط هیدرولیکی واحد (م²/روز)

$$T = K \times b$$

→ به مقادیر هیدرولیکی

$$T = Q = K \times A$$

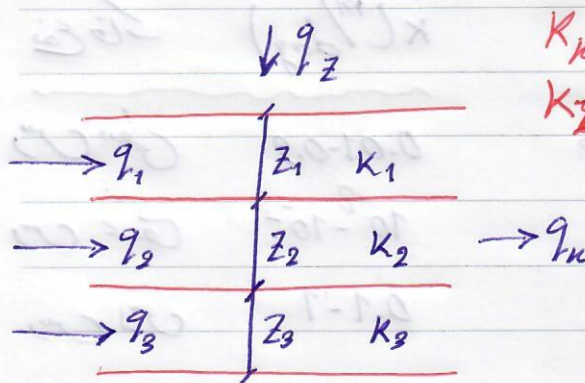
→ مقادیر تحت
استیع آبخیز

→ 1

→ 1 × b

درایب هیدرولیکی معادل درجاس سری و موازی :

$$Q = K_K$$



$$K_K = ?$$

$$K_Z = ?$$

$$Q_K = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad \text{با فرض ثابت بودن Q}$$

$$= i(K_1 Z_1 + K_2 Z_2 + K_3 Z_3)$$

$$Q_K = K_K i (Z_1 + Z_2 + Z_3)$$

$$Q_K = Q_K \Rightarrow i(K_1 Z_1 + K_2 Z_2 + K_3 Z_3) = K_K i (Z_1 + Z_2 + Z_3)$$

$$\Rightarrow K_K = \frac{K_1 Z_1 + K_2 Z_2 + K_3 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

* گرادینان هیدرولیکی هر سه برابر است

* تفاوت در هیدرولیکی بین بخش ها

وجود ندارد بین جریان مجموعی نادیده

$$Q_Z = K_1 \times \frac{\Delta h_1}{Z_1}$$

افت لایه 1 $\Delta h_1 = 1$

$$Q = K_Z \quad \text{(برای دولایه)}$$

$$Q_Z = K_2 \times \frac{\Delta h_2}{Z_2}$$

افت لایه 2 $\Delta h_2 = 2$

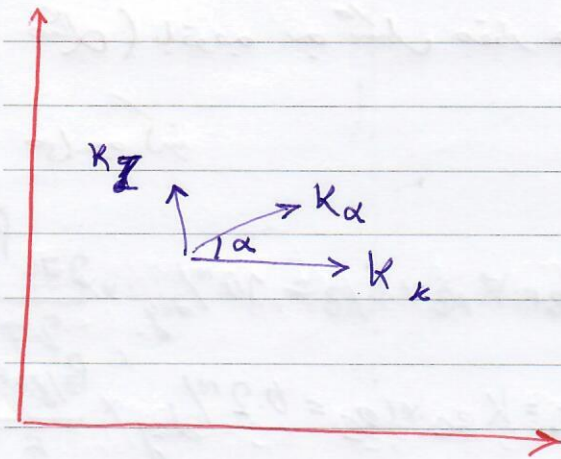
$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 = \left(\frac{Z_1}{K_1} + \frac{Z_2}{K_2} \right) Q_Z$$

$$Q_Z = K_Z \left(\frac{\Delta h}{Z_1 + Z_2} \right) \Rightarrow \Delta h = \left(\frac{Z_1 + Z_2}{K_Z} \right) Q_Z$$

$$\left(\frac{Z_1}{K_1} + \frac{Z_2}{K_2} \right) Q_Z = \left(\frac{Z_1 + Z_2}{K_Z} \right) Q_Z$$

$$\Rightarrow K_Z = \frac{Z_1 + Z_2}{\frac{Z_1}{K_1} + \frac{Z_2}{K_2}} \quad \text{میانگین هارمونیک}$$

تمرین ۳



$$\frac{1}{k_s} = \frac{\cos^2 \alpha}{k_x} + \frac{\sin^2 \alpha}{k_z}$$

$$\cos \alpha = \frac{dx}{ds} \quad \sin \alpha = \frac{dz}{ds}$$

$$V_s = -k_s \frac{dh}{ds}$$

$$V_x = -k_x \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$V_z = -k_z \frac{\partial h}{\partial z}$$

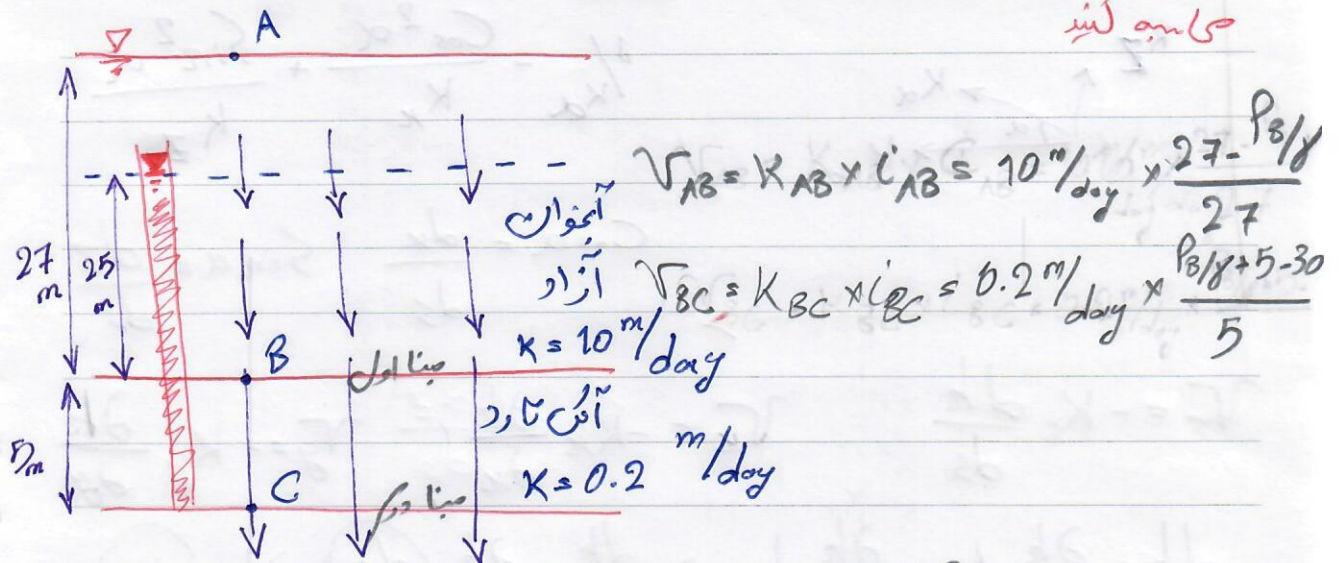
$$dh = \frac{\partial h}{\partial x} dx + \frac{\partial h}{\partial z} dz \Rightarrow \frac{dh}{ds} = \frac{\partial h}{\partial x} \underbrace{\left(\frac{dx}{ds} \right)}_{\cos \alpha} + \frac{\partial h}{\partial z} \underbrace{\left(\frac{dz}{ds} \right)}_{\sin \alpha}$$

$$\Rightarrow \frac{V_s}{k_s} = \frac{V_x \cos \alpha}{k_x} + \frac{V_z \sin \alpha}{k_z}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{k_s} = \frac{\cos^2 \alpha}{k_x} + \frac{\sin^2 \alpha}{k_z}$$

مسئله (۱) با توجه به شکل مقدار هد پیزومتریک در نقطه B. P_B/γ را بیابید.

حل کنید



$$\begin{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \text{سنگ} \\ \text{مبنا} \end{array} \right\} h_A &= \frac{P_A}{\gamma} + 27 = 27 & \left. \begin{array}{l} \text{سنگ} \\ \text{مبنا} \end{array} \right\} h_B &= \frac{P_B}{\gamma} + 5 \\
 \left. \begin{array}{l} \text{آب} \\ \text{مبنا} \end{array} \right\} h_B &= \frac{P_B}{\gamma} + 0 = \frac{P_B}{\gamma} & \left. \begin{array}{l} \text{آب} \\ \text{مبنا} \end{array} \right\} h_C &= \frac{P_C}{\gamma} + 0 = 30
 \end{aligned}$$

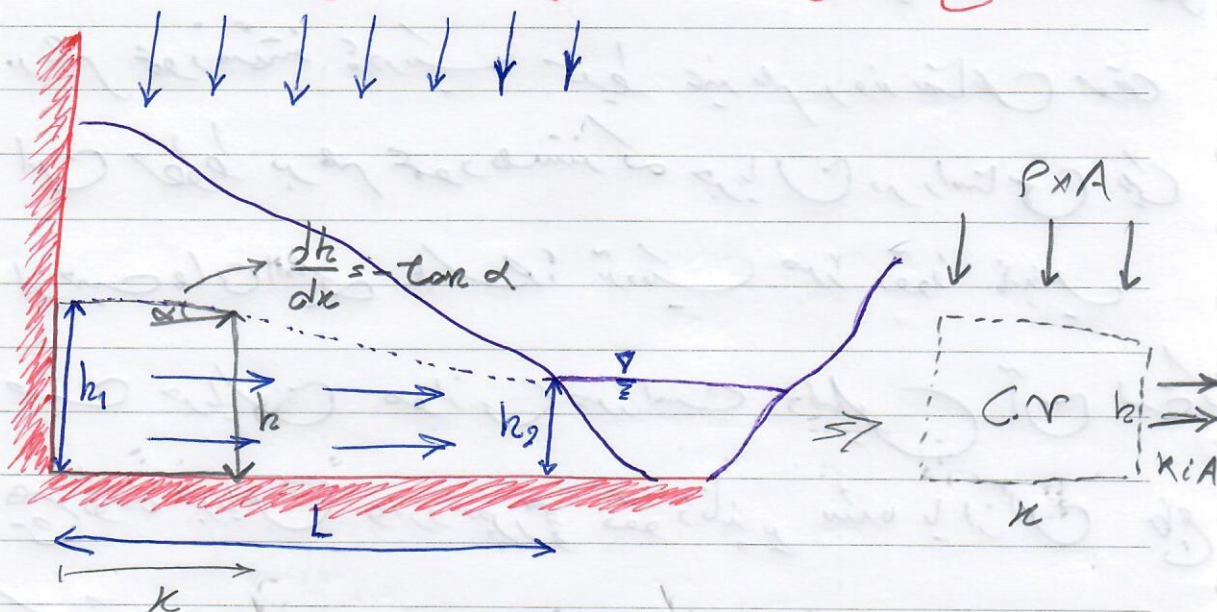
$$Q_{AB} = Q_{BC} \Rightarrow \frac{Q_{AB}}{A} = \frac{Q_{BC}}{A} \Rightarrow V_{AB} = V_{BC}$$

$$\Rightarrow 10 \times \frac{27 - P_B/\gamma}{27} = 0.2 \times \frac{P_B/\gamma + 5 - 30}{5} \Rightarrow P_B/\gamma = 26.8 \text{ m}$$

$$V = 0.07 \text{ m/day}$$

مثال) سیستم بارش و هکس مطابق شکل زیر با نفوذپذیری

به سمت P در تقاطع منبسط می شود؛ مطلوب است محاسبه رابطه ای
برای سطح ایستایی در بالابین تقاطع آن.



دبی = دبی : رابطه
خروجی = ورودی : پیوستگی

$$P \times A = P(x \times 1)$$

$$K_i A s = K \frac{dh}{dx} \times (h \times 1)$$

$$\Rightarrow P \kappa = -K h \times \frac{dh}{dx} \Rightarrow \int_0^L P \cdot \kappa \cdot dx = \int_{h_1}^{h_2} -K h \cdot dh$$

$$\Rightarrow P \left(\frac{1}{2} \kappa^2 \right) \Big|_0^L = -K \left(\frac{1}{2} h^2 \right) \Big|_{h_1}^{h_2} \Rightarrow P \left(\frac{1}{2} L^2 \right) = -\frac{K}{2} (h_2^2 - h_1^2)$$

$$\Rightarrow \frac{P}{2} L^2 = \frac{K}{2} (h_1^2 - h_2^2)$$



سبک جریان: مجموعه ای از خطوط جریان و خطوط هم پتانسیل

هستند، این خطوط در یک محیط ~~هم روست~~ هم روست بر یکدیگر
عمود باشند؟ در حالت یک سیال غیر هم روست این خطوط

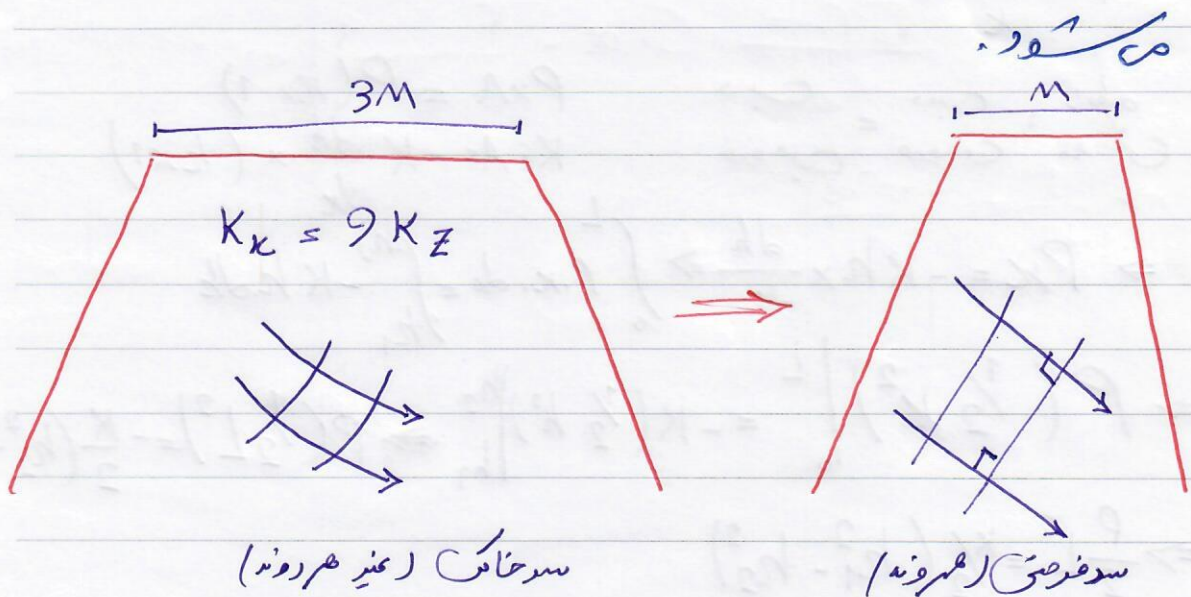
بر هم عمود نیستند؟ در یک محیط غیر هم روست سطح موی

این خطوط بر هم عمود هستند که جریان در راستای یکی

از جهت های اصلی باشد؟ نزدیک مرکز دقت نابین

جهت جریان مولاری در راستای دگر آن است که

هیچ گونه جریان وارد چرخش و دگر شدن یا از آن خارج



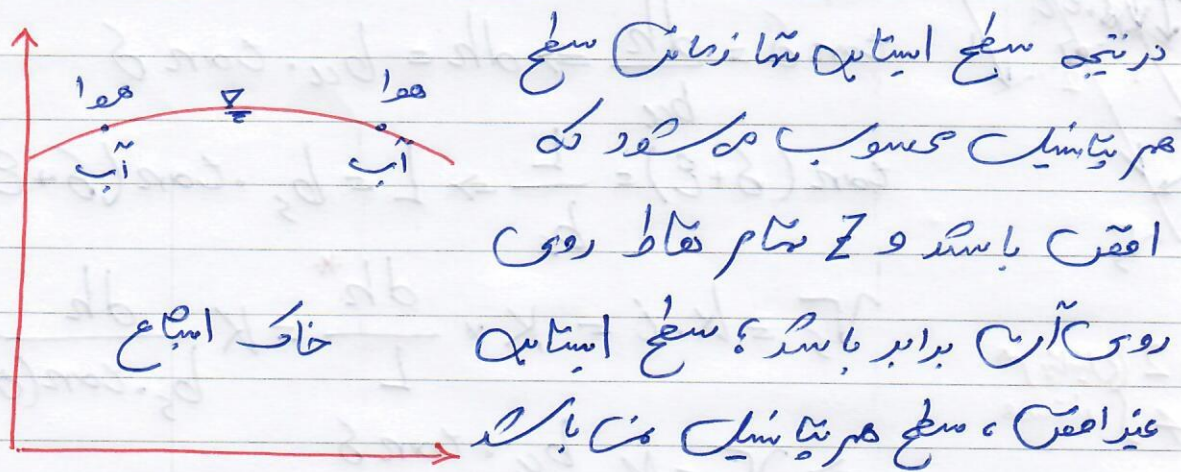
$$K_K = 9 K_Z \Rightarrow \sqrt{\frac{K_Z}{K_K}} = \sqrt{\frac{1}{9}} = \frac{1}{3}$$

$$K' = \sqrt{K_K \times K_Z}$$

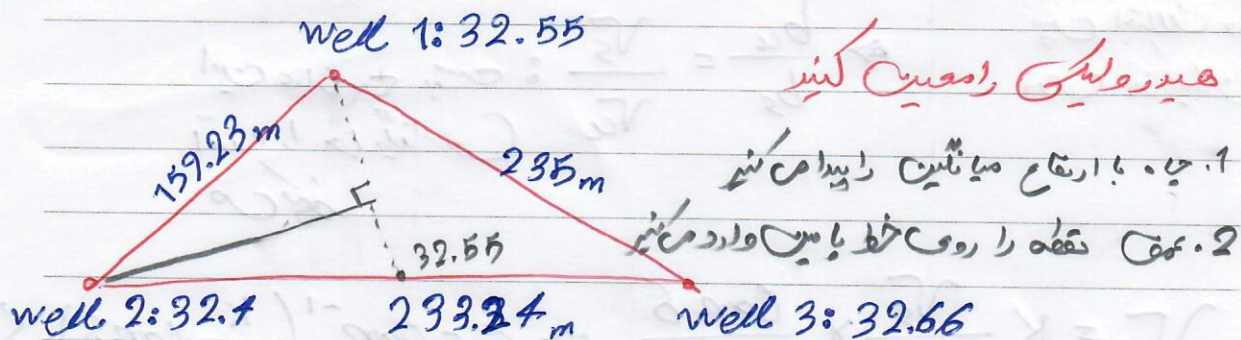
* هر نقطه از سطح ایستابی دارای هدی برابر $h = P_{atm} / \gamma + z$

است؟ اگر $P_{atm} = 0$ فرض شود، داریم $h = z$

$$P_{static} = P_{atm} - P_{dynamic}$$



مثال: سه چاه مشاهده ای (با قطر بسیار کم) مطابق شکل و با هر محل موجود است؟ جهت حرکت آب زیرزمینی و تدریج آن



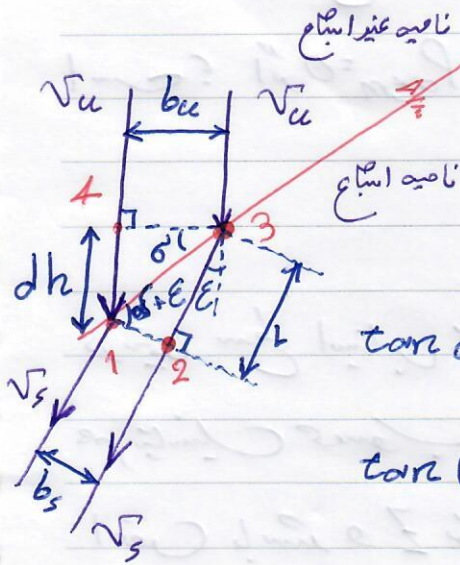
۱. چاه با ارتفاع میانگین را پیدا می کنند

۲. جهت نقطه را روی خط با این وارد می کنند

۳. با استفاده از دفری یا با فاصله K را پیدا می کنند

$$n = \frac{32.55 - 32.41}{\Delta K} \Rightarrow n = 0.0012$$

ساختن خط جریان در بتورد به سطح ایستایی ۸



چون خط فوقی نیست، پس به عنوان خط غیر ایستایی به حساب می آید

$$\tan \delta = \frac{dh}{b_u} \Rightarrow dh = b_u \cdot \tan \delta$$

$$\tan (\delta + \epsilon) = \frac{L}{b_s} \Rightarrow L = b_s \cdot \tan (\delta + \epsilon)$$

$$V_s = K \cdot \dot{\epsilon} = K \times \frac{dh^*}{L} = K \frac{dh}{b_s \cdot \tan (\delta + \epsilon)}$$

$$\Rightarrow V_s = K \frac{b_u \cdot \tan \delta}{b_s \cdot \tan (\delta + \epsilon)}$$

۱ و ۲ هر یک ایستایی هستند
۳ و ۴ هر یک ایستایی هستند

* چون ۳ و ۴ هر یک ایستایی

اند و ۱ و ۲ هر یک ایستایی

اند و ایستایی دو نقطه

اولی h و d است

سین ایستایی دو نقطه

دومی نیز ایستایی است

$$\text{دارد} \quad (V_u \times (b_u \times 1)) = V_s \times (b_s \times 1)$$

$$\Rightarrow \frac{b_u}{b_s} = \frac{V_s}{V_u} \quad \text{این عبارت به دست آمده را جایگزین می کنیم}$$

$$V_s = K \frac{V_s}{V_u} \times \frac{\tan \delta}{\tan (\delta + \epsilon)} \Rightarrow \epsilon = \tan^{-1} \left(\frac{K}{V_u} \tan \delta \right) - \delta$$

برای

$$\delta - 90 = \delta = \tan^{-1}(\infty) \Rightarrow \delta \rightarrow 0 \Rightarrow \alpha \rightarrow 0$$

یعنی در موازی با سطح آب های زیرزمین است

* برای اطمینان از صحت یک رابطه ای را شده است

یکی از پارامترها را تا محدوده‌ی حدی آن انتقال داد

مثال: در یک آبخیز از آلودگی آب با سرعت $\alpha = 1.6 \text{ m/year}$ نفوذ کرده و به سطح آب زیرزمین می‌رسد. اگر گرایش هیدرولیکی برابر 0.01 و هدایت هیدرولیکی آبخیز در قسمت وسیع برابر 9.3 m/day باشد، زاویه‌ی شیب

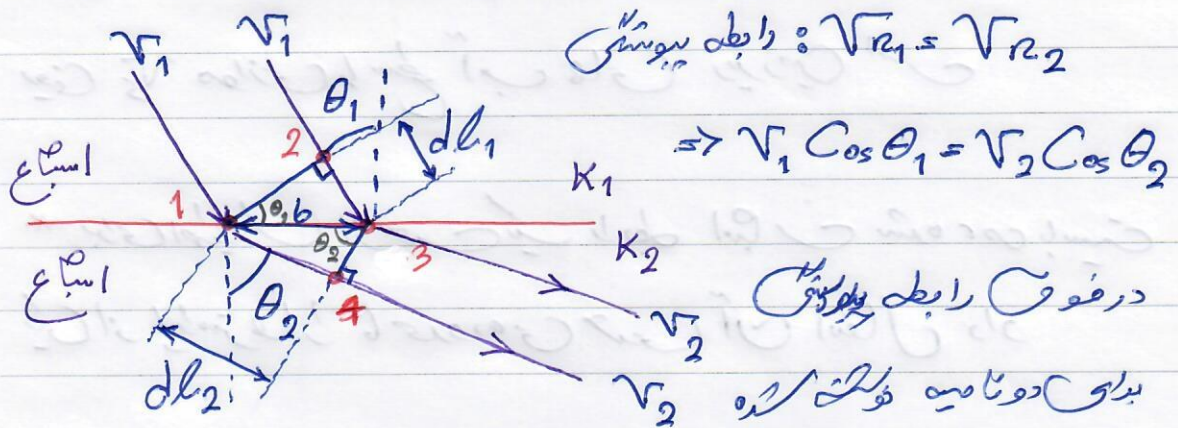
جریان آب را بیابیم $k = 9.3 \text{ m/day}$

$$i = \frac{dh}{dx} = \tan \delta = 0.01$$

$$\Rightarrow \delta = \tan^{-1}(0.01) = 0.573^\circ \quad \alpha = 1.6 \text{ m/year} = 4.83 \times 10^{-3} \text{ m/day}$$

$$\epsilon = \tan^{-1}\left(\frac{k}{\alpha} \tan \delta\right) - \delta \Rightarrow \epsilon = 86.7^\circ$$

سلسله‌ای حفظ جریان در برآورد با هدایت هیدرولیکی متغیر :



* مسئله اول قبل

بنابراین ۱ و ۲ برابر

و ۳ و ۴ نیز برابرند

لذا هر ۲ و ۴ نیز با ۱ و ۳

برابر است

۶

$k_1 = k_2$

$k_3 = k_4$

$$\Rightarrow K_1 \frac{dk_1}{db_1} \cos \theta_1 = K_2 \frac{dk_2}{db_2} \cos \theta_2$$

$$\sin \theta_1 = \frac{db_1}{b} \quad \sin \theta_2 = \frac{db_2}{b}$$

$$\Rightarrow b = \frac{dk_1}{\sin \theta_1} = \frac{dk_2}{\sin \theta_2} \Rightarrow dk_1 \sin \theta_2 = dk_2 \sin \theta_1$$

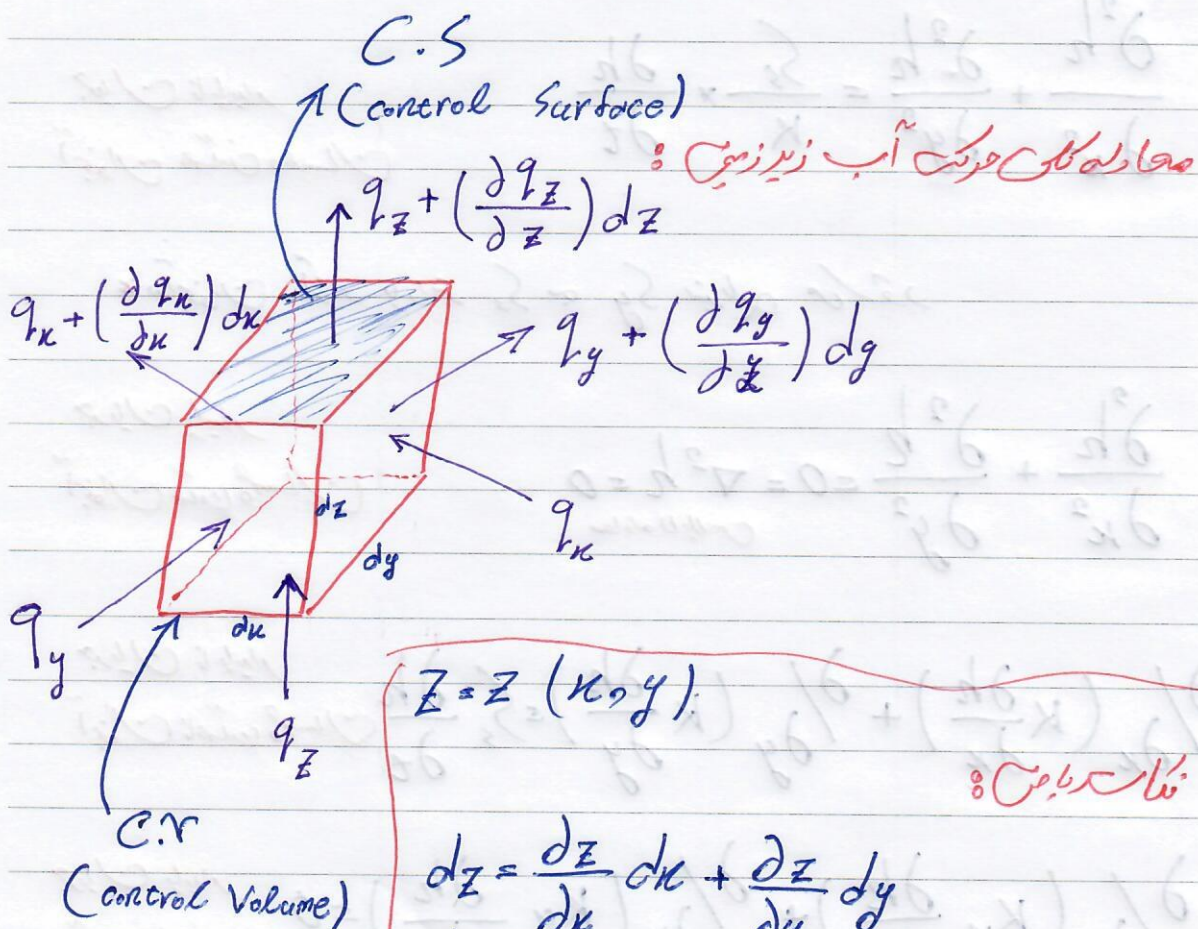
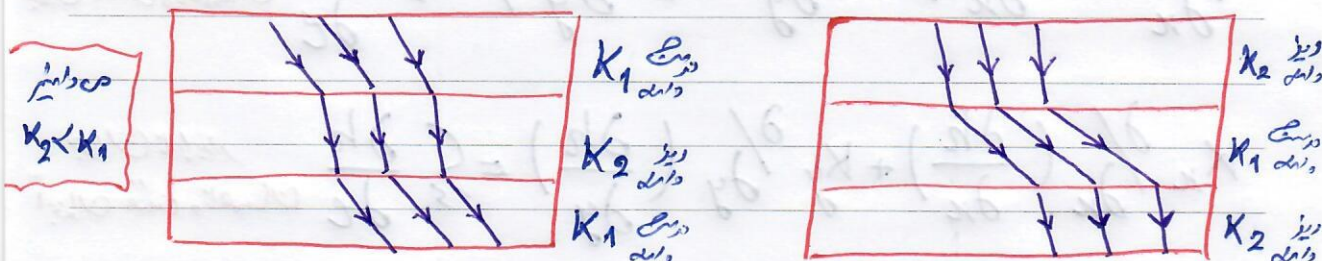
$$\left. \begin{aligned} dk_1 &= k_2 - k_3 \\ dk_2 &= k_1 - k_4 \end{aligned} \right\} \Rightarrow dk_1 = dk_2$$

$$K_1 \frac{dk_1}{db_1} \cos \theta_1 = K_2 \frac{dk_2}{db_2} \cos \theta_2$$

$$\Rightarrow \frac{dk_1 \sin \theta_2}{\frac{K_2}{db_2} \cos \theta_2} = \frac{dk_2 \sin \theta_1}{\frac{K_1}{db_1} \cos \theta_1} \Rightarrow \frac{\cos \theta_2}{K_2} = \frac{\tan \theta_1}{K_1}$$

* از درست داده به ریز داده، به خط محمود ترسیم شود و از ریز داده به

درست داده از خط محمود دور شود



نشان دهنده

$$dz = \frac{\partial Z}{\partial x} dx + \frac{\partial Z}{\partial y} dy$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial Z}{\partial y} \times \frac{dy}{dx}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial x} \times \frac{dx}{dy}$$

معادلات دو بعدی (آنجوان تحت فشار یابنده تحت فشار)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = \zeta_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

جریان ناویدار
آنجوان تحت فشار

$$K_x \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) + K_y \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right) = \zeta_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

جریان ناویدار
آنجوان تحت و نامعسان

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{\zeta_s}{K} \times \frac{\partial h}{\partial t}$$

جریان ناویدار
آنجوان تحت و نامعسان

* در آنجوان آزاد بارستر در K_y تبدیل می شود

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 = \nabla^2 h = 0$$

معادله لاپلاس
جریان ناویدار
آنجوان تحت و نامعسان

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial h}{\partial y} \right) = \zeta_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

جریان ناویدار
آنجوان تحت و نامعسان

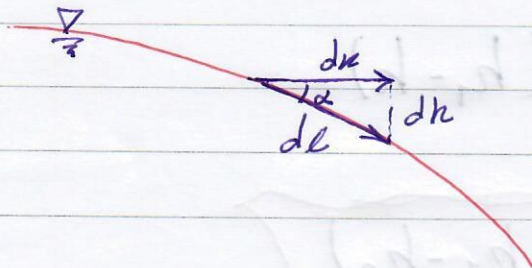
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = 0$$

جریان ناویدار
نامعسان و نامعسان

فرضیات دوپوین - فورس هابیر:

این فرضیات که در تحلیل مسائل مربوط به جریان آبهای زیر زمینی در آبخوار آزاد (باز) مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:

1. جریان افقی است و در مقطع قائم از بالا تا پایین سرعت یکسان است؛ با قبول این فرض در یک امتداد قائم سرعت جریان در سطح آب زیرزمین با سطح جریان در سطح غیر قائم تقوز (کف آبخوار) تفاوت ندارد.
2. سطح هیدرولیکی با سطح آب زیرزمین برابر است و با محور تغییر من کد و سطح آب زیرزمین کمر است.



$$\tan \alpha = \frac{dh}{dk} \Rightarrow \text{نسبت سطح آب زیرزمین}$$

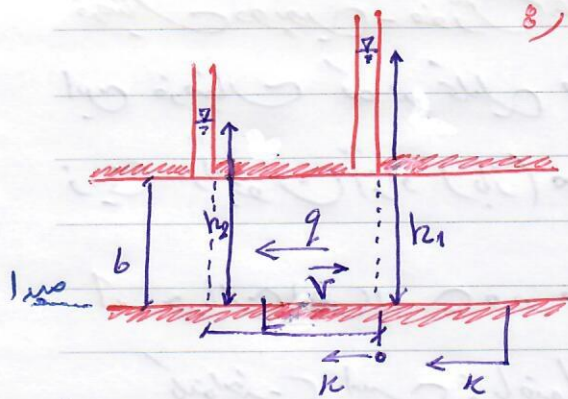
$$\sin \alpha = \frac{dh}{dl} \Rightarrow \text{نسبت هیدرولیکی}$$

$$\text{if } \alpha < 10^\circ \Rightarrow \alpha (\text{rad}) \approx \tan \alpha \approx \sin \alpha$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial h}{\partial y} \right) = \frac{S_y}{k} \frac{\partial h}{\partial t}$$

معادله دوپوینسک
برای آبخوار آزاد و ثابت

جریان تک بعدی در لایه آب در سمت فشار 8
(جریان پایدار و همگن)



فواصل دو پیزومتر: L

$$\frac{d^2 h}{dk^2} = 0 = \frac{d}{dh} \left(\frac{dh}{dk} \right)$$

$$C_1 = \frac{dh}{dk} = C_1 \Rightarrow \frac{dh}{dk} = -V/k$$

$$\Rightarrow h = -V/k + C_2$$

① شرط مرزی $\begin{cases} k=0 \\ h=h_1 \end{cases} \Rightarrow C_2 = h_1 \Rightarrow h = -V/k + h_1$

$$\Rightarrow V = \frac{k}{L} (h_1 - h)$$

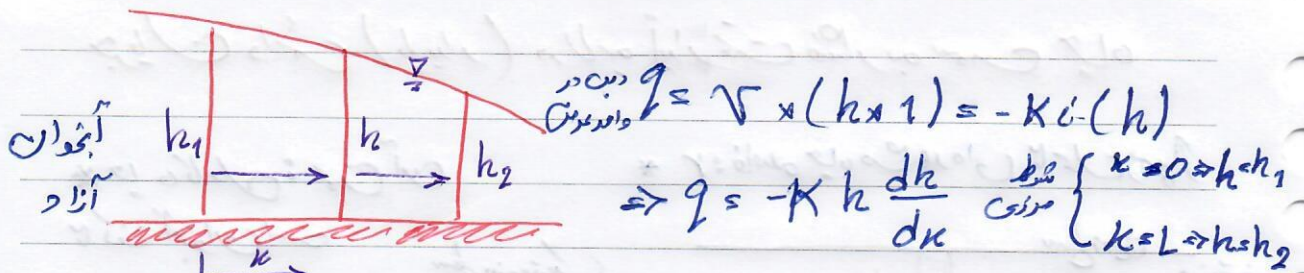
شرط
داوینچی

درین به ازای واحد عرض عمود بر مقطع است $q = V \times (b \times 1) = \frac{k b}{L} (h_1 - h)$

② شرط مرزی $\begin{cases} k=L \\ h=h_2 \end{cases} \Rightarrow q = \frac{k b}{L} (h_1 - h_2)$

$$\Rightarrow V = \frac{k}{L} (h_1 - h_2)$$

در آنجا که سمت فشار، در صورت ثابت بودن مقادیر آنجا که تغییرات
سلج پیزومتریک در راستای افق خط است



$$\int_0^L q \cdot dx = \int_{h_1}^{h_2} -K h \cdot dh$$

بر اساس اصل بقا
در طول q خالص
در سطح h

$$dh = h_2 - h_1 < 0$$

$$\Rightarrow q(L-0) = -K \left(\frac{1}{2} h^2 \right)_{h_1}^{h_2}$$

مقدار h نیز از استقلال
بر روی h آفرین

$$\Rightarrow qL = -K \frac{1}{2} (h_2^2 - h_1^2) = K \frac{1}{2} (h_1^2 - h_2^2)$$

$$\Rightarrow \boxed{q = \frac{K}{2L} (h_1^2 - h_2^2)} \quad \boxed{v = \frac{K}{2Lh} (h_1^2 - h_2^2)}$$

باقی به شکل نیز می توان دریافت تغییر h در طول است

مسئله: در لایه آبدار تحت فشاری به عمق 30 متر چاه در یک خاک
خاک رس و با دبی $160 \text{ m}^3/\text{h}$

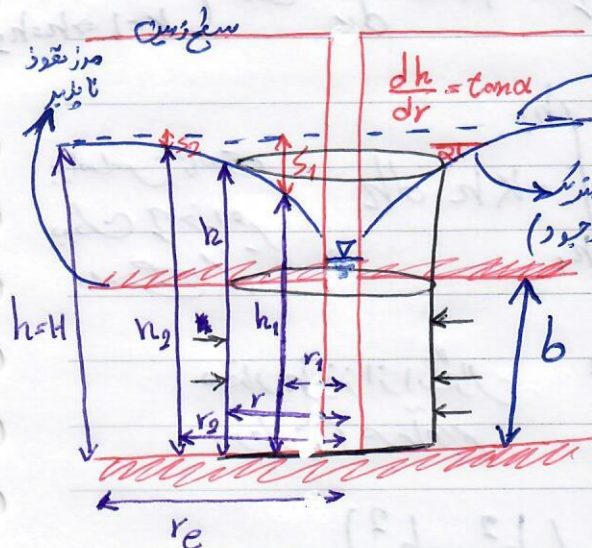


جریان دانه (مایدار) در لایه آبدار تحت فشار به سمت چاه

* r : فاصله چاه مرکزی تا محل دانه

* چاه کامل: عمق آن

تا کف آبنما است



سطح پیزومتریک

قبل از حفر چاه

* مقدار K برابر است

نسبت به هد اولیه است

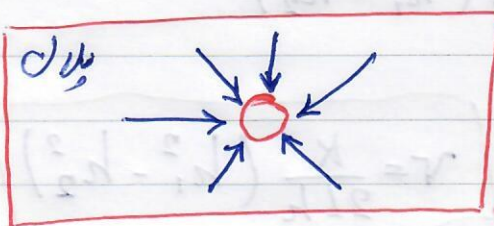
سطح پیزومتریک جدید (موجود)

* r_e : شعاع تاثیر

شعاعی که در آن چاه بدین

موتور است و پس از آن

تأثیر نخواهد داشت



* چاه استوانه‌ای در شکل همان مقداری

است که آب از چاه وارد می‌شود

* بزرگ در چاه استوانه انجام می‌شود

$$Q = v \cdot A = v (2\pi r \cdot b) = K \left(\frac{dh}{dr} \right) (2\pi r b)$$

* باید در نقطه ای که آب از بالا تا از مرکز قعر تا پیزومتریک می‌تواند به چاه نفوذ کند

$$\Rightarrow \frac{Q \times dr}{r} = K (2\pi b) dh \quad \begin{cases} r_1 : h_1 \\ r_2 : h_2 \end{cases}$$

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{Q \times dr}{r} = \int_{h_1}^{h_2} K (2\pi b) dh \Rightarrow Q (\ln r)_{r_1}^{r_2} = 2\pi b K (h)_{h_1}^{h_2}$$

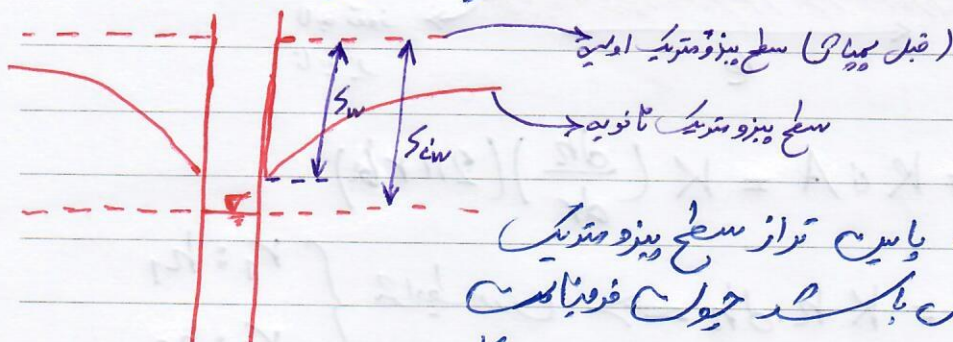
$$\Rightarrow Q \left(\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) \right) = 2\pi b k (h_2 - h_1)$$

$$\Rightarrow Q = \frac{2\pi k b (h_2 - h_1)}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}$$

* مقدار r_1 و r_2 و همچنین
 h_1 و h_2 بسته به شرایط
موقعی است.

* در شکل r_e شعاع تأثیر می باشد و هر چه شعاع بیشتر باشد
شعاع تأثیر هر بیشتر می شود و محدوده ی آن بین 200 تا 500 متر است

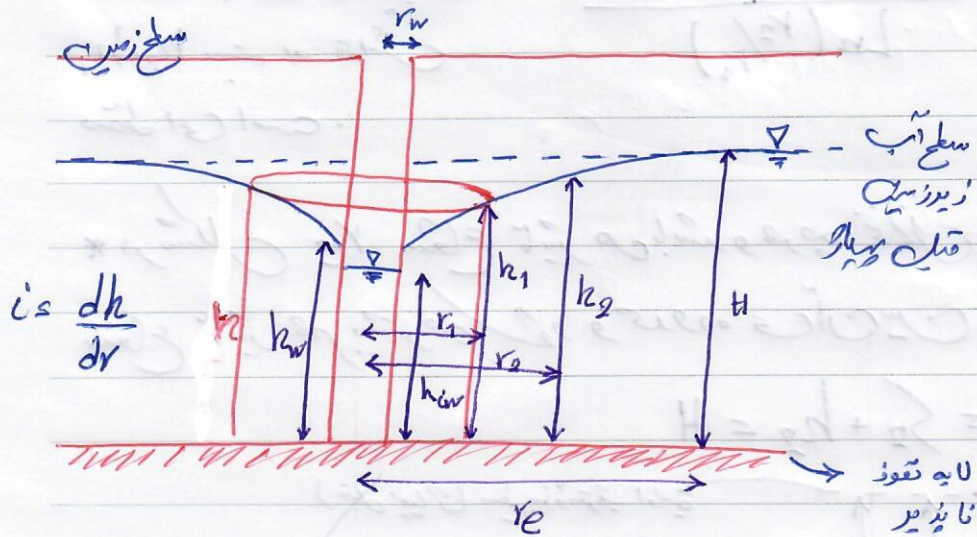
$$s_1 + h_1 = s_2 + h_2 = H$$



* سطح آب در چاه پایین تر از سطح پیزومتریک
در اطراف چاه می باشد چون فروپاشی
دو پوینت - فوینت ها بعد از این قسمت برقرار
نبوده و خطوط جریان صاف می اند و در عبور از
دیواره ی چاه دچار افت هدر می شوند

* در تدریج چاه شری جریان بالا می آید (بالا ترین حد ممکن)

جریان دایره در آبنمای آزلو برای بررسی آب از چاه



$$Q = \nabla A = K u A = K \left(\frac{dh}{dr} \right) (2\pi r h)$$

$$\Rightarrow \frac{Q \cdot dr}{2\pi r} = K h \cdot dh \Rightarrow \text{شرایط مرزی} \begin{cases} r_1 : h_1 \\ r_2 : h_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q \cdot dr}{2\pi \cdot r} = \int_{h_1}^{h_2} K \cdot h \cdot dh$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{2\pi} (\ln r) \Big|_{r_1}^{r_2} = \frac{K}{2} (h_2^2 - h_1^2)$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\pi K (h_2^2 - h_1^2)}{\ln (r_2/r_1)}$$

97/1/13

امتداد
تاب از چاه

$$h_w - h_{iw} = \frac{(h_2 - h_{iw}) \left[1 - \left(\frac{h_{iw}}{h_2} \right)^{2.4} \right]}{\left(1 + \frac{5r_w}{h_2} \right) \left(1 + 0.02 \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) \right)}$$

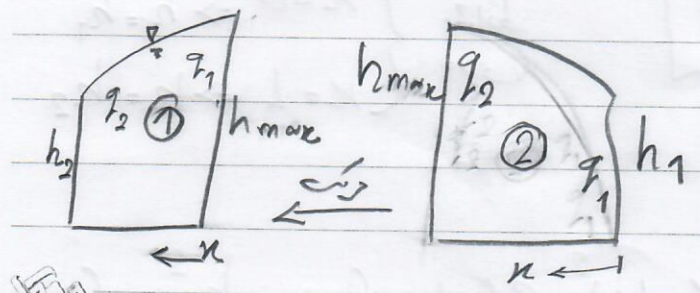
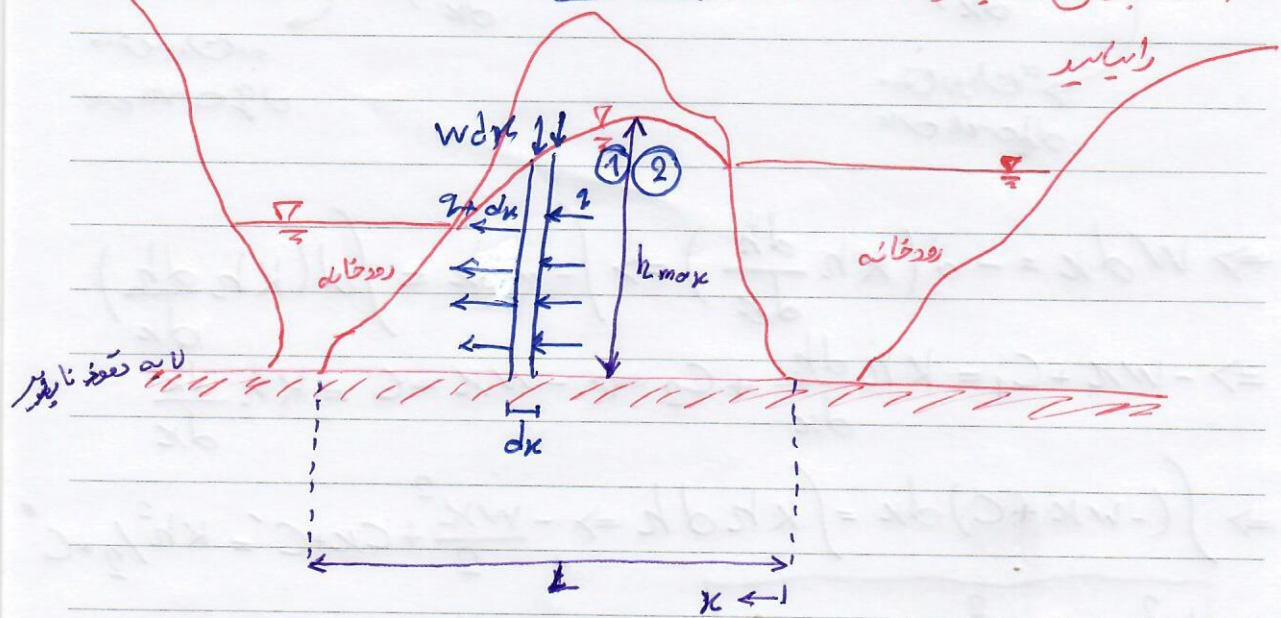
رابطه تجربی امتداد

سطح آب در بیرون چاه

سطح آب در داخل چاه

$r_2 = 500 r_w$: فرض

مسئله: در شکل زیر، یک قلمبه آبیست بین دو رودخانه محصور است و بارندگی اتفاق افتاده با لایه نامحلول زیر آن است.



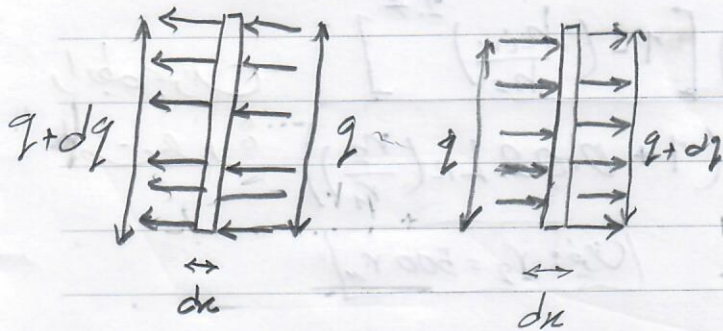
$q_2 > q_1 \Rightarrow dq > 0$

$h_2 < h_1 \Rightarrow dh < 0$

$q_2 < q_1 \Rightarrow dq < 0$

$h_2 > h_1 \Rightarrow dh > 0$

①



$$dq = w dx$$

$$dq = w dx$$

$$\Rightarrow d\left(-kh \frac{dh}{dx}\right) = w dx$$

تفاضل
درجه اول

$$d\left(kh \frac{dh}{dx}\right) = -w dx$$

تفاضل
درجه اول

$$\Rightarrow w dx = -d\left(kh \frac{dh}{dx}\right) \Rightarrow \int -w dx = \int d\left(kh \frac{dh}{dx}\right)$$

$$\Rightarrow -wx + C_1 = kh \frac{dh}{dx} + C_2 \Rightarrow -wx + C = kh \frac{dh}{dx}$$

$$\Rightarrow \int (-wx + C) dx = \int kh dh \Rightarrow -\frac{wx^2}{2} + Cx + C' = kh^2/2 + C''$$

$$\Rightarrow \boxed{h^2 = \frac{-wx^2}{k} + ex + f}$$

مجموع C و C' ← ثابت

$$\begin{cases} x=0 \Rightarrow h=h_1 \\ x=L \Rightarrow h=h_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow h_1^2 = -\frac{w}{k} (0)^2 + e(0) + f \Rightarrow h_1^2 = f$$

9/11/15

$$\frac{d\sqrt{f(x)}}{dx} = \frac{df(x)}{2\sqrt{f(x)}}$$

39

بالا و پایین
دری

$$\Rightarrow h_2^2 = \frac{-wL^2}{K} + eL + h_1^2 \Rightarrow e = \frac{h_2^2 - h_1^2}{L} + \frac{wL}{K}$$

$$\Rightarrow \text{در دایره: } h^2 = h_1^2 - \frac{(h_1^2 - h_2^2)}{L}x + \left(\frac{w}{K}L\right)x - \frac{wx^2}{K}$$

در دایره، $q = Kh \frac{dh}{dx}$

$$q_x = K \sqrt{h_1^2 - \frac{(h_1^2 - h_2^2)}{L}x - \frac{w}{K}(x^2 - Lx)} \times \frac{-\frac{h_1^2 - h_2^2}{L} - \left(\frac{w}{K}\right)(2x - L)}{2\sqrt{h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L}x - \left(\frac{w}{K}\right)(x^2 - Lx)}}$$

$$\Rightarrow q(x) = \frac{K}{2} \left(\frac{-(h_1^2 - h_2^2)}{L} - \frac{w}{K}(2x - L) \right) = -\frac{K}{2L}(h_1^2 - h_2^2) - \frac{w}{2}(2x - L)$$

$$\Rightarrow q(x) = \frac{K}{2L}(h_2^2 - h_1^2) - w\left(x - \frac{L}{2}\right)$$

if $q(x) = 0 \Rightarrow x =$ $\frac{L}{2} - \frac{K}{w} \left(\frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} \right)$

$$\Rightarrow q(x) = 0 \Rightarrow d = \frac{L}{2} - \frac{K}{w} \left(\frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} \right)$$

$$\Rightarrow h_{moK}^2 = h_1^2 - \frac{(h_1^2 - h_2^2)}{L}d + \frac{w}{K}(L - d)d$$



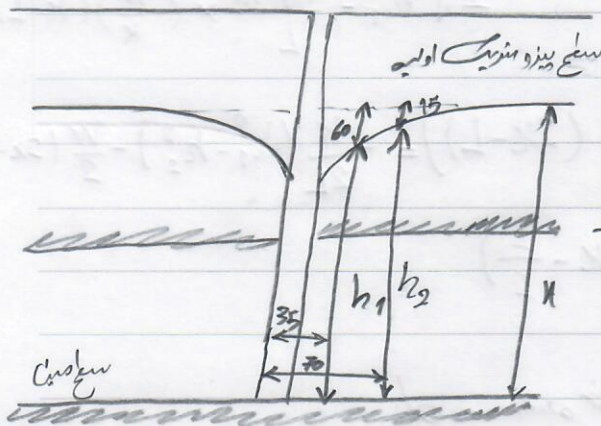
مسئله: دایره آبدارعت فشاری به عمق 30m جابجی به طور کامل

حفر شده و بادی $160 \frac{m^3}{hr}$ میخورد؛ پس از 20 ساعت

سقوط میخورد سطح میزوتریک در فواصل 35m و 75m از محور جابجی ثابت شد.

و مقدار آن از سطح میزوتریک اولیه به ترتیب 15cm و 60cm افتاده است.

سوال: مطلوب است محاسبه K و T برای دایره آبدار؟



$$H = s_1 + h_1 = s_2 + h_2$$

$$\Rightarrow h_2 - h_1 = s_1 - s_2$$

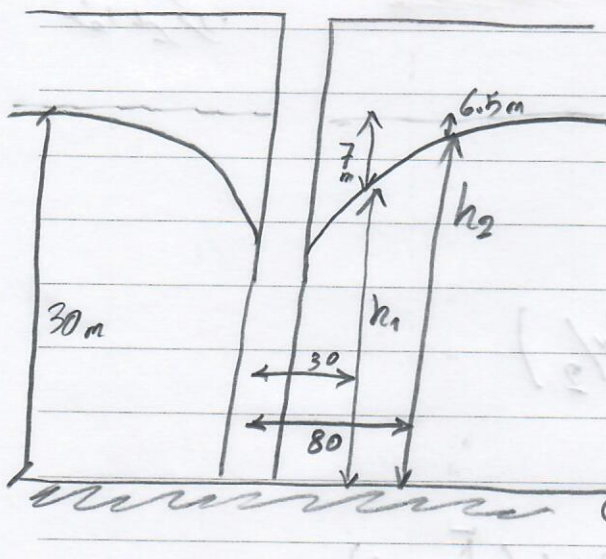
$$K = \frac{Q \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi D(s_1 - s_2)} = \frac{\frac{1600 m^3}{3600 s} \times \ln\left(\frac{75}{35}\right)}{2\pi \times 30 \times (0.6 - 0.15)} = 5.23 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow K = 5.23 \times 10^{-4} m/s$$

$$K \cdot D = T \Rightarrow 5.23 \times 10^{-4} \times 30 = 0.0157 m^2/s = 1356 m^2/day$$

$$500 m^2/day \leq T \leq 1500 m^2/day$$

مسئله: چاه به قطر ۵۰ cm در لایه آبدار آراوی به ضخامت ۳۰ m به طور کامل حفر شده و بدین وسیله از چاه مقدار امت در چاه یک پای مشاهده ای به فواصل ۳۰ m و ۸۰ m از محور چاه حفز شده و تیرسیت ۷ و ۶.۵ m در حالت جریان دائم است. اگر $K = 50 \text{ m/day}$ باشد، دین بسیار از چاه چقدر است؟



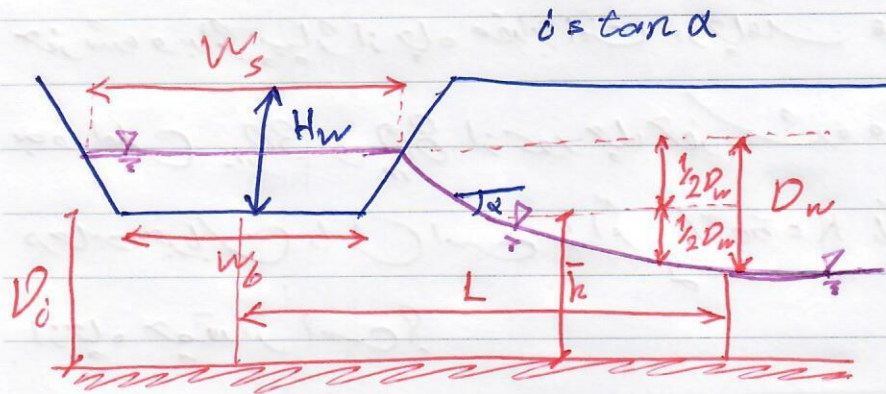
$$h_1 = 30 - 7 = 23 \text{ m}$$

$$h_2 = 30 - 6.5 = 23.5 \text{ m}$$

$$Q = \frac{\pi K (h_2^2 - h_1^2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\pi \times (50 \text{ m/day}) \left(\frac{1 \text{ day}}{86400 \text{ s}}\right) (23.5^2 - 23^2)}{\ln\left(\frac{80}{30}\right)} = 0.043 \text{ m}^3/\text{s}$$

دین هستی از کانال به آبهای زیرین



برای بدست آوردن
گرایان هیدرولیکی
از سطح پیوسته
منطقه استوار
عوامل هر فرد

سبب منکول
سبب استوار

$$l = \frac{D_w}{(L - 0.5W_s)}$$

$$\bar{h} = D_i + H_w - (D_w/2)$$

دین هستی به
ازای واحد طول
کانال

$$Q = 2 \times (K' A) = 2K' (\bar{h} \times 1)$$

$$\Rightarrow Q = 2K \left(\frac{D_w}{L - 0.5W_s} \right) \left(D_i + H_w - \frac{D_w}{2} \right) \text{ for } D_w \leq 3W_s$$

مسئله: مقدار تراوش یا نشست را با فرض زیر بیابید

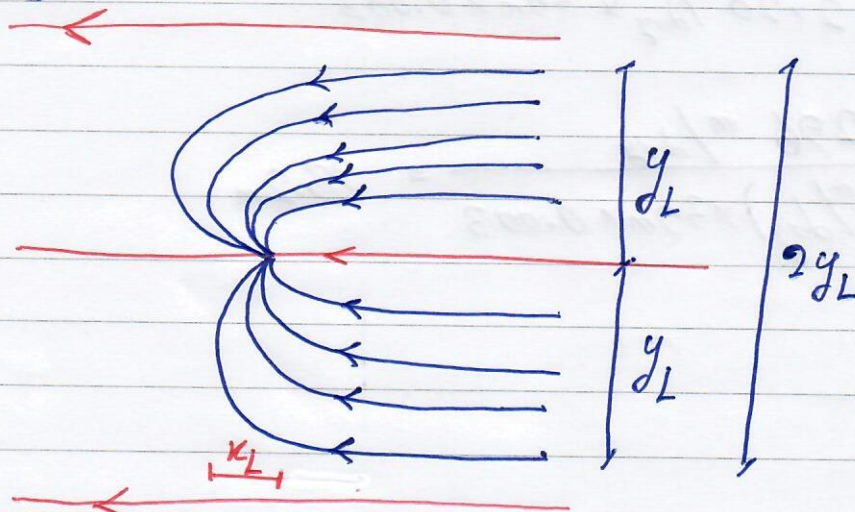
$$D_i = 10m \quad K = 2m/day \quad H_w = 1m$$

$$D_w = 0.5m \quad (L = 0.5W_s) = 400m$$

$$Q = 2 \times 2m/day \times 0.5m \left(\frac{10 + 1 - 0.5 \times 0.5}{400m} \right) = 0.05375 m^3/day$$

محورهای شعاع تاثیر چاه را بخوان تحت فشار

چاه



چاه در وسط به
محورهای شعاع
تاثیر چاه را بخوان
تحت فشار

$$Q = KcA = Kc(2y_L \cdot b) \Rightarrow y_L = \frac{Q}{Kc(2b)}$$

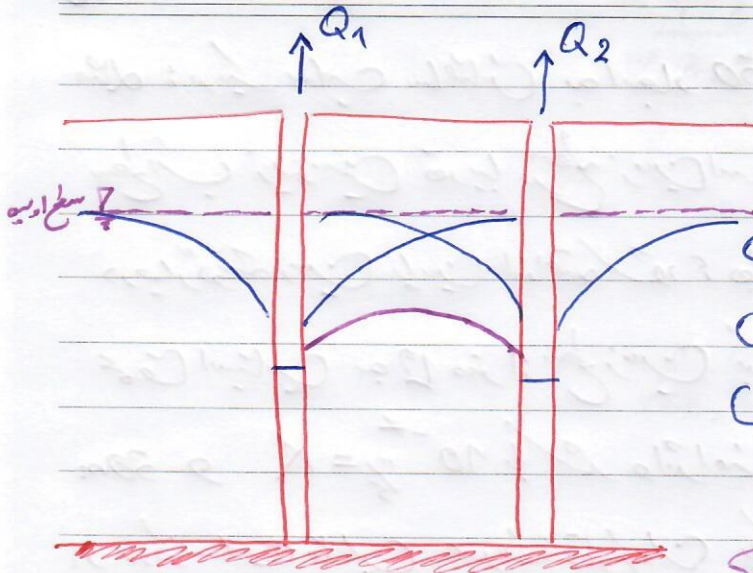
$$Q = KcA = Kc(2\pi r_w \cdot b) \Rightarrow r_w = \frac{Q}{2\pi b c K}$$

مسئله: در یک آبخیز تحت فشار آلاینده وارد آبخیز شده است
 ابعاد آبخیز 35m ، هدایت الکتریکی 20 m/day و نوابین
 هیدرولیکی 0.003 باشد و حوضچه با دبی 15 لیتر/ثانیه، محدود می
 شود. تاثیر حوضچه برای استخراج مواد آلاینده چقدر است؟

$$15 \text{ lit/s} = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 86400 \text{ s/day} = 1296 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$y_L = \frac{Q}{2Kbi} = \frac{1296 \text{ m}^3/\text{day}}{2 \times 20 \text{ m/day} \times 35 \text{ m} \times 0.003} = 308 \text{ m}$$

$$K_L = \frac{1296 \text{ m}^3/\text{day}}{2 \pi \times (20 \text{ m/day}) \times 35 \text{ m} \times 0.003} = 98.2 \text{ m}$$



سیستم های چند چاه

وقتی که چاه های متعدد در سطح
تأثیر یکدیگر پیدا می کنند؛ بر اساس
اصل سوپرپوزیشن باید همان
برهمانی که سایر سیستم های
خطی برقرار است

$$S_T = S_1 + S_2 + \dots$$

افت کل تعداد چاه ها

لایه آبدار
تحت فشار

$$S_T = H - h = \sum_{d=1}^n \frac{Q_d}{2KD} \ln\left(\frac{r_{oc}}{r_d}\right)$$

فاصله چاه تا ام از نقطه
که افت آن قابل
صرف نظر است

ارتفاع میزومتری
اولیه

$$\text{if } r_2 \leq r_{oc} \rightarrow h_2 = H$$

فاصله چاه تا ام از نقطه ای که
مقدار S_T بزرگ می شود

ارتفاع میزومتری ثانویه

$$H^2 - h^2 = \sum_{d=1}^n \frac{Q_d}{\pi K} \ln\left(\frac{r_{oc}}{r_d}\right)$$

آزاد

$$\text{if } r_2 \leq r_{oc} \rightarrow h_2 = H$$

$$150_m \leq r_{oc} \leq 500_m$$

در صورتی که فاصله ای که در آن افت ضرایب معین

جواب ها زیاده



سند بوده آن را در حد 500m خواهر فرست

r_{oc} حساس نیستند

یعنی نزدیک ترین چاه 500m در نظر می شود

مسئله: در یک سایت ساختمانی به ابعاد 50 در 100 متر مطابق شکل زیر

سطح آب زیرزمین تقریباً در سطح زمین است و قدری است سطح آب با هم برابر

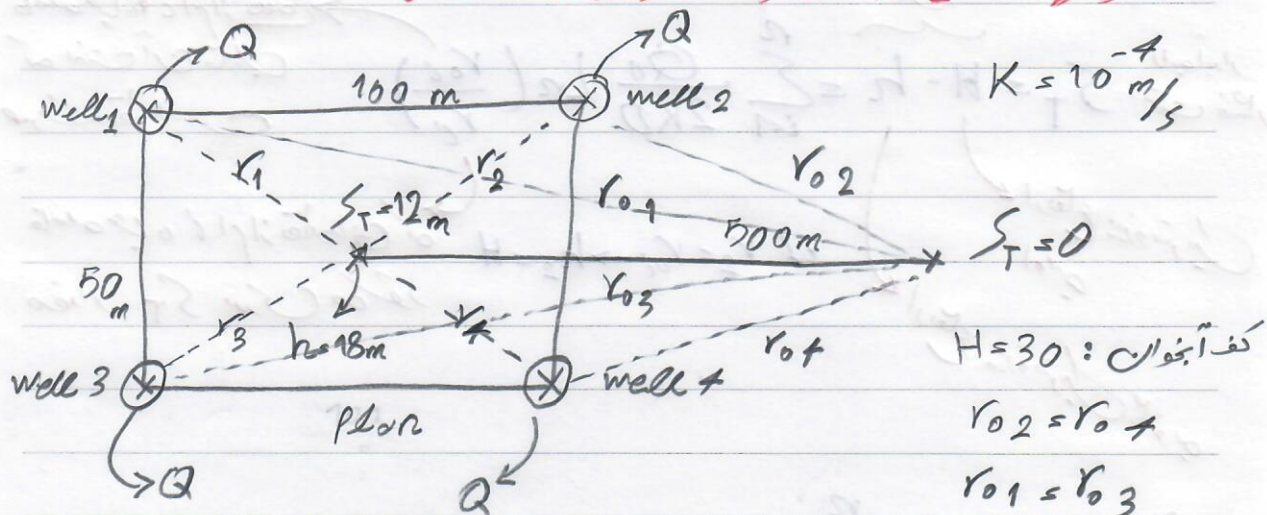
در چهار گوشه زمین با این اندازه کشود؛ بطوری که در مرکز این سایت

عمق ایستایی به 12 متر از سطح زمین برسد؛ اگر فاصله اولیه لایه آب به

30m و $K = 10^{-4} \text{ m/s}$ باشد و ارتفاع سطح ایستایی در فاصله 500 متر

از مرکز سایت قابل صرف نظر کردن باشد؛ مطلوب است محاسبه

دبی و میزان از این چهار چاه در چهار گوشه زمین؟



$$30^2 - 18^2 = \frac{Q}{\pi \times 10^{-4} \text{ m/s}} \left[2 \ln \left(\frac{\sqrt{50^2 + 25^2}}{\sqrt{25^2 + 50^2}} \right) + 2 \ln \left(\frac{\sqrt{150^2 + 25^2}}{\sqrt{25^2 + 50^2}} \right) \right]$$

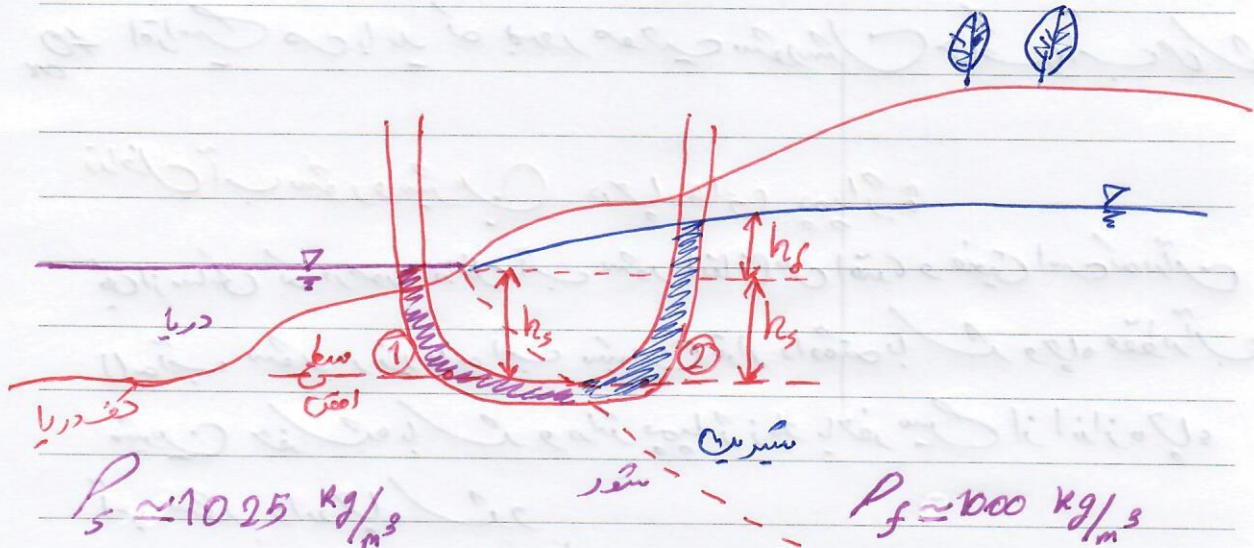
$$\Rightarrow Q = 0.021 \text{ m}^3/\text{s} = 21 (\text{l/s})$$



* اگر چاه نزدیک سازه بوده به تنگس دبی و میزان چاه بالاتر باشد

هجوم آب شور دریا

Sea Water Intrusion



$$P_1 = P_2 \Rightarrow \rho_s h_s g = \rho_f (h_s + h_f) g$$

$$\Rightarrow \frac{h_s}{h_f} = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f}$$

$$\rho_s h_s = \rho_f (h_s + h_f) \Rightarrow h_s (\rho_s - \rho_f) = h_f \rho_f$$

$$\Rightarrow d(h_s (\rho_s - \rho_f)) = d(h_f \rho_f)$$

$$\Rightarrow (\rho_s - \rho_f) \times dh_s = \rho_f \times dh_f$$

چون مقادیر ρ ثابت است
اندازه تغییرات سطح خارج
شیرین

$$\Rightarrow \frac{dh_s}{dh_f} = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f}$$

با فرض
 $\rho_f = 1000 \text{ kg/m}^3$
 $\rho_s = 1025 \text{ kg/m}^3$

$$\Rightarrow \frac{dh_s}{dh_f} = \frac{1000}{25} = 40$$

$$\rightarrow dh_s = 40 dh_f$$

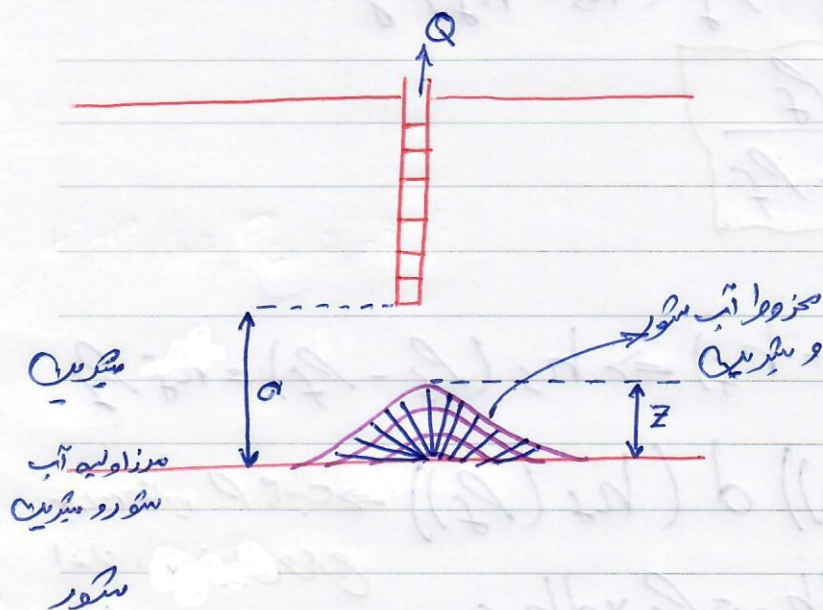
* پس بواسطه هر متر میانه آب
آب شیرین و سطح آب شور

40 متر افزایش می باید که بهر صورت شیرین حاکم آب می شود

تداخل آب شور و شیرین در پام های میانه

یکی از مسائلی که در مورد تداخل آب شور اتفاق می افتد، وضعی است که در آن
لایه آب شور در زیر لایه آب شیرین قرار داده باشد و به واسطه جاذبه فقط در آب
شیرین حفرتی باشد و در آن میانه زیاد با حفرت شیرین از اندازه جابه
آب شور وارد جابه شود

این وضعیت پدیده بال آمدگی (upconing) نامیده می شود.



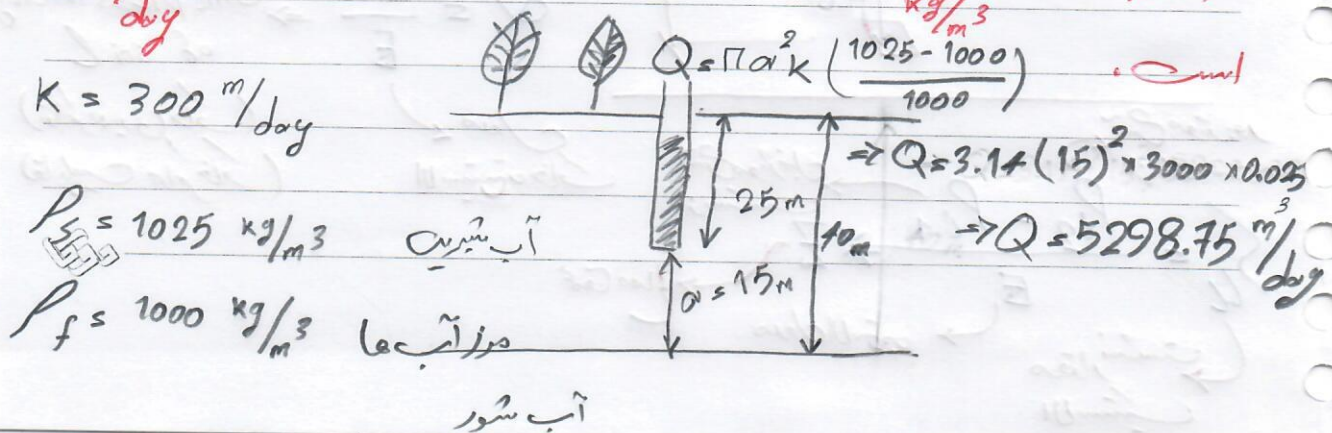
هنگامی که Z به نصف مقدار α برسد، وضعیت بحرانی شده و آب شور می تواند وارد چاه شود؛ بنابراین با توجه به اینکه در حالت بحرانی $Z = \frac{\alpha}{2}$ حداکثر دین (Q_{max}) مجاز برای آنکه آب شور نتواند وارد چاه شود برابر است با

$$Z = \frac{Q P_f}{2\pi \alpha k (P_s - P_f)}$$

$$(Z = \frac{\alpha}{2}) \Rightarrow Q < Q_{max} = \pi \alpha^2 k \left(\frac{P_s - P_f}{P_f} \right)$$

در این حالت آب شور وارد چاه نمی شود

مثال: یک آبخیز عمق لایه آب شیرین $40m$ و زیر آن لایه ای از آب شور قرار گرفته است؛ چاه به عمق $25m$ در لایه آب شیرین حفر شده است؛ حساب کنید حداکثر دین مجاز از این چاه را بدین آنکه آب شور نتواند وارد چاه شود؛ چنانچه آب شور شیرین تر است 1025 و 1000 است؛ هدایت هیدرولیکی لایه آبدار $K = 300 \frac{m}{day}$



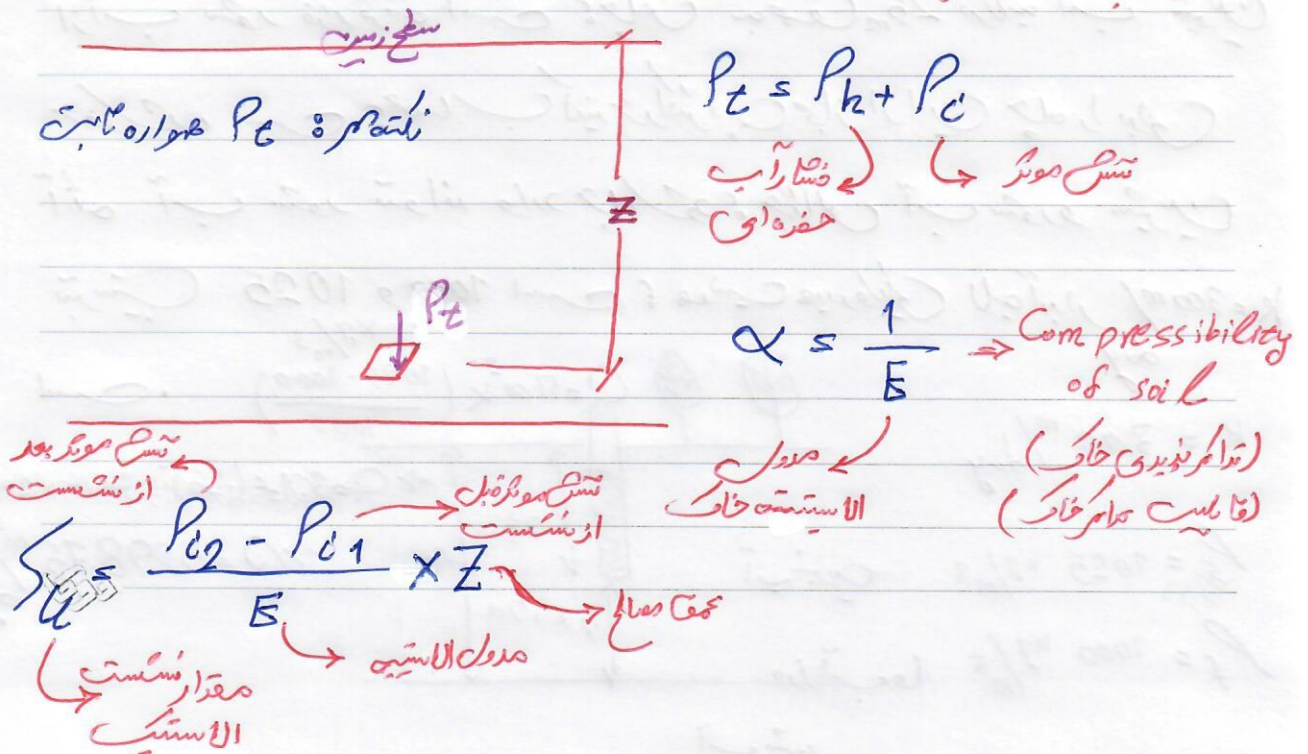
نسبت زمین (Land Subsidence)
 به معنی مقدار زیاد آب (بیشتر از مقدار مقداریه آبخوان)
 منجر به نشست سطح زمین می شود؛ این

نشست را (subsidence) یا (Consolidation) می نامند؛ این نشست ها
 معمولاً برگشتناپذیر بوده و با مقدار بیشتری در آنک تاردها رخ می دهد

نشست به علت افزایش فشار روی مصالح خاک و کاهش فشار آب
 حفتهای ایجاد می شود و عوامل آن عبارت اند از:

1. بهر آب رسی از حد آب از آبخوان
2. آبلگیری خاک های آل و افزایش تجزیه هوازی
3. نشست زمین مصالح قابل حل در آب

محاسبه نشست:



مقدار مدول الاستیک بهر غیر خفیل با اقداری فشار بین دامنه ها اقل است
من باید

* مدول الاستیک مصالح رسی خیلی کمتر از مصالح سنی و مصالح آبی است
و بنابراین بیشتر نشست ها در خاک های رسی اتفاق می افتد

* در صورت بار برداری از خاک و نشست ها کامل از بین می رود زیرا
کامیابی های بارگذاری و بار برداری متفاوت است

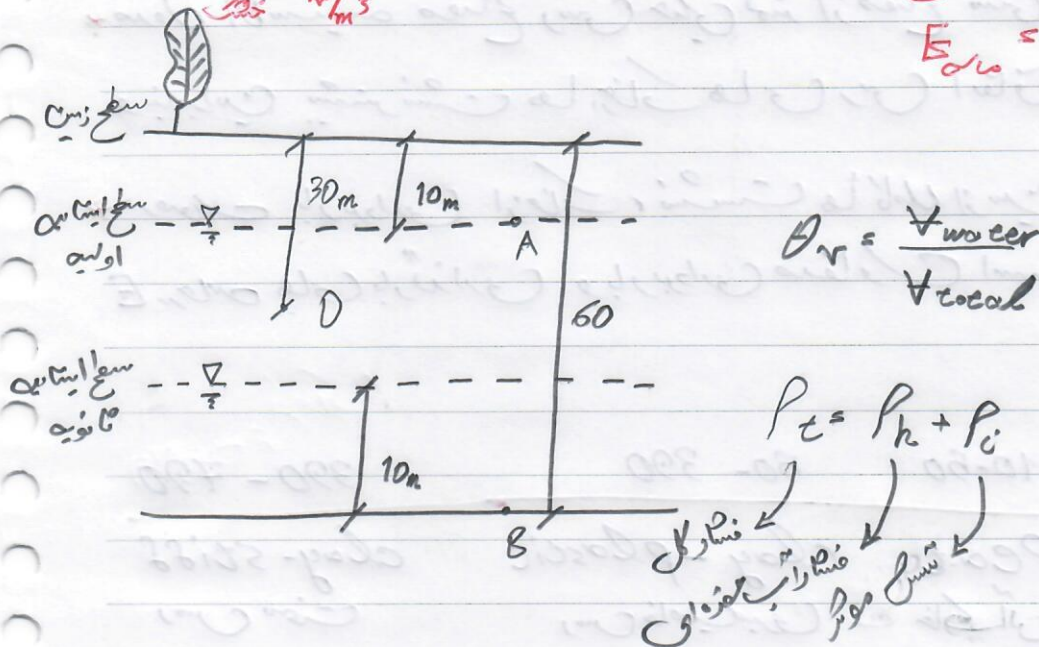
مقدار مدول الاستیک مصالح خاک (N/cm^2)	10-50	50-390	390-790
خاک	Peave خاک آبی	clay-plastic رسی قاصیه خیری	clay-stiff رسی سخت

790-1470	980-1960	4910-7850	9806-19620
clay-medium hard رسی متوسط سخت	sand-loose ماسه شل	sand-dense ماسه متراکم	Gravel سنگریزه

مثال: یک لایه ماسه به ضخامت 60 م و در ابتدا سطح ایستایی آن 10 م زیر زمین است؛ عکس کل ماسه برابر $R = 0.35$ و محتوی رطوبت

جبر ماسه بالایی سطح ایستایی برابر $\theta_r = 0.08$ و مایه $\gamma = 25.5 \text{ kN/m}^3$

$$E_{\text{ماسه}} = 10000 \text{ N/cm}^2 \\ = 10^5 \text{ kN/m}^2$$



$$\theta_r = \frac{v_{\text{water}}}{v_{\text{total}}}$$

$$P_t = P_h + P_i$$

فشار کل
فشار آب
فشار ماسه

بافتن سطح ایستایی اولیه

$$A_c \text{ water table} \Rightarrow P_t = 10(1-0.35) \times 25.5 + 10(0.08) \times 9.81$$

در سطح ایستایی A

$$\Rightarrow P_t = 173.6 \text{ kPa}$$

* معادله تعادل عمودی

$$(1-n)h + \sigma_{\text{water}}(\theta_r)h = P$$

از رابطه $\sigma \times h = P$

استاد گفته

در کف لایه B

$$A_c \text{ bottom layer} \Rightarrow P_t = 173.6 + 50((1-0.35) \times 25.5 + 0.35 \times 9.81)$$

$$\Rightarrow P_t = 1174 \text{ kPa}$$



$$P_h @ B : P_h = \gamma_w \times 50 = 9.81 \times 50 = 490.5 \text{ kPa}$$

فشار آب منفذی
در نقطه B

$$\Rightarrow P_i @ B = 1174 - 490.5 = 683.5 \text{ kPa}$$

تسری موثر در
نقطه B

$$P_e @ B = 50((1-0.35)25.5 + 0.08 \times 9.81) + 10((1-0.35) \times 25.5 + 0.35 \times 9.81) = 1068.1 \text{ kPa}$$

یا فرض سطح
ایستایی ثانویه

$$P_h @ B = 10 \times 9.81 = 98.1 \text{ kPa}$$

$$\Rightarrow P_i @ B = 1068.1 - 98.1 = 970 \text{ kPa}$$

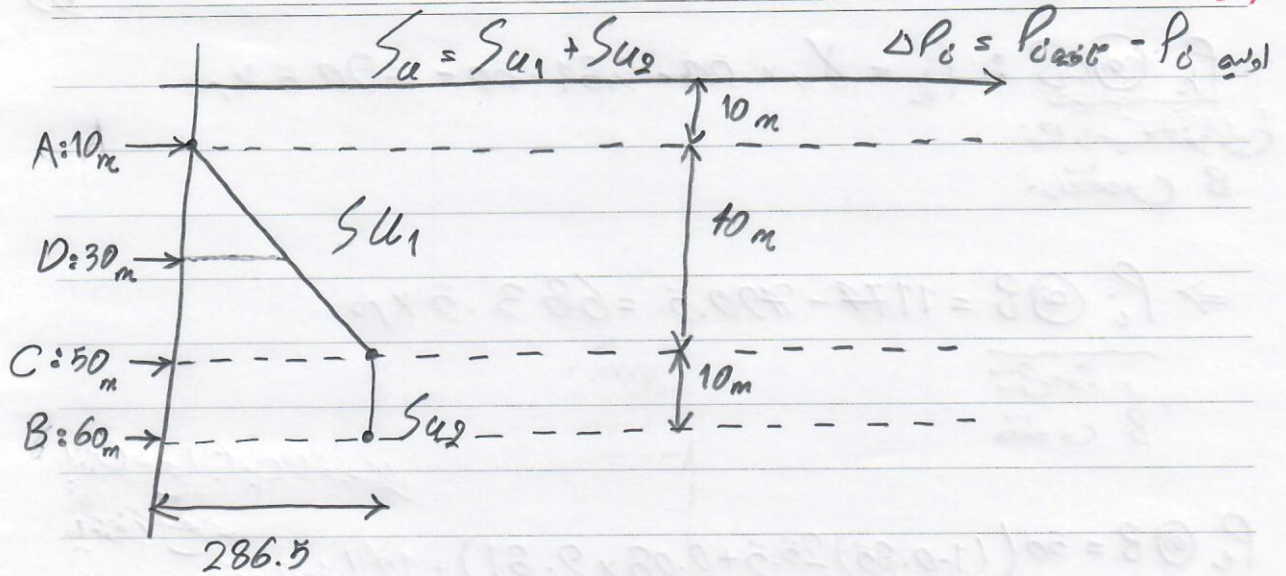
اختلاف تسری

$$\Delta P : P_i @ B - P_e @ B = 970 - 683.5 = 286.5 \text{ kPa}$$

تسری موثر در حالت
اولیه و ثانویه

* برای نقطه که در فاصله کف لایه ماسه تا سطح ایستایی ثانویه قرار دارند،
تسری تسری موثر برابر 286.5 است.





$$S_{u1} = \frac{286.5 + 0}{2} \times 40$$

$$S_{u1} = \frac{286.5}{10^5} = 0.0573 \text{ m}$$

$$\Rightarrow S_u = 0.086 \text{ m}$$

$$S_{u2} = \frac{286.5 \times 10}{10^5} = 0.0287 \text{ m}$$

سُغ استاتیک اویز

$$\begin{cases} P_t @ D = 10 [(1 - 0.35) \times 25.5 + 0.08 \times 9.81] + 20 [(1 - 0.35) \times 25.5 + 0.35 \times 9.81] \\ P_h @ D = 20 \times 9.81 \\ P_c @ D = P_t - P_h = 573.77 - 196.2 = 377.57 \text{ KPa} \end{cases}$$

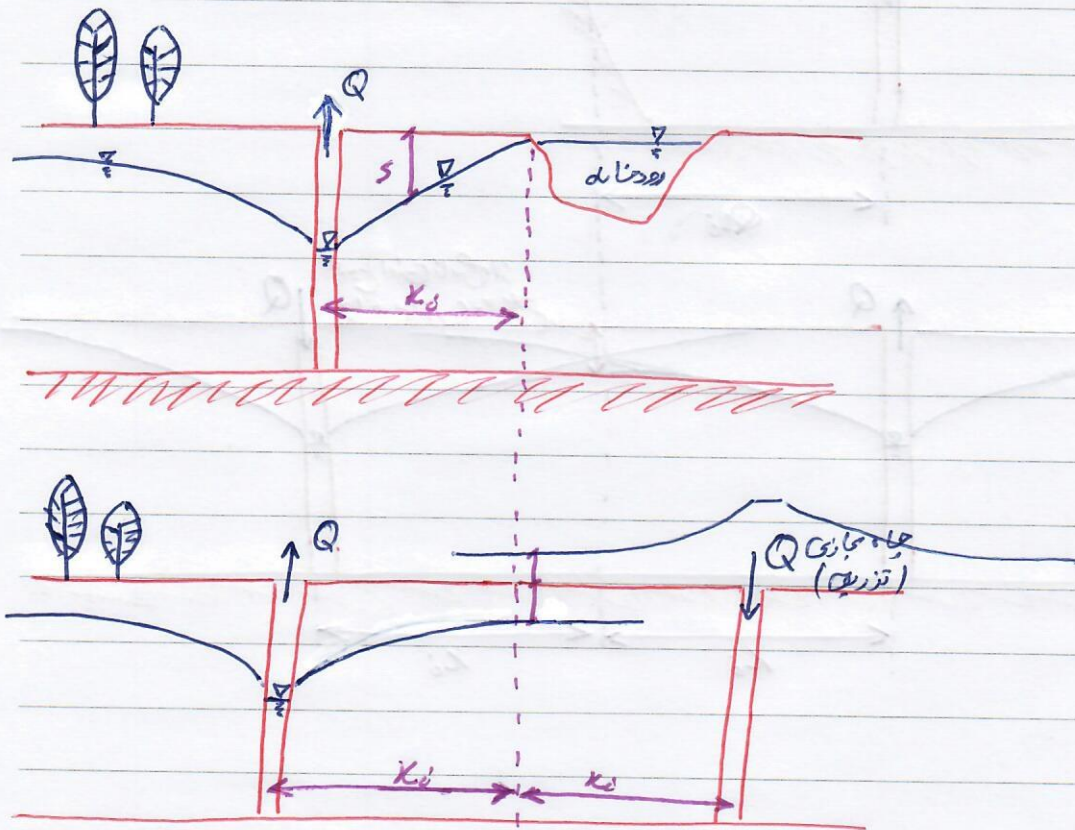
سُغ استاتیک اویز

$$\begin{cases} P_t @ D = 30 [(1 - 0.35) \times 25.5 + 0.08 \times 9.81] \\ P_h @ D = 0 \\ P_c @ D = P_t - P_h = 520.79 - 0 = 520.79 \text{ KPa} \end{cases}$$

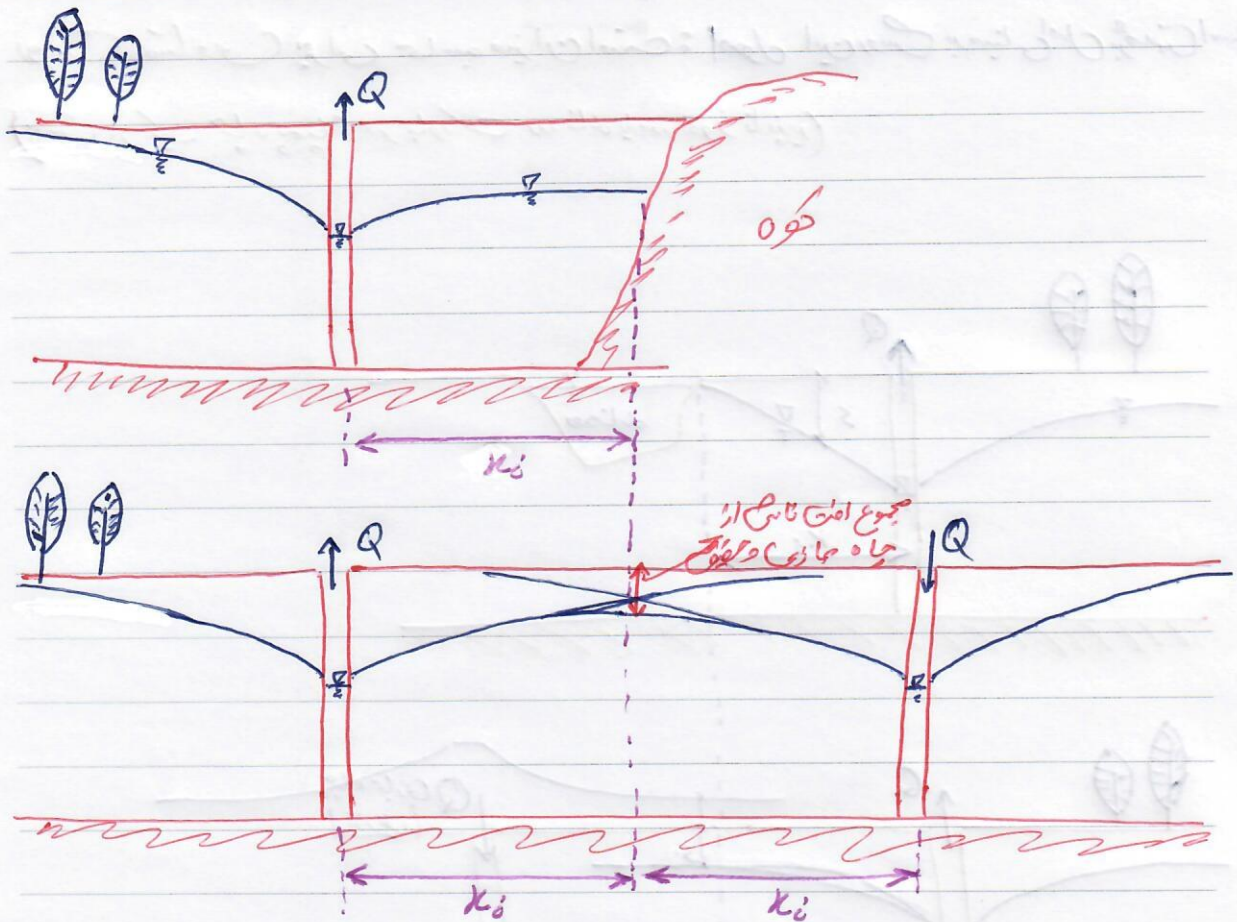
سُغ استاتیک اویز

$$P_c @ D - P_c @ D = 143.25 \text{ KPa}$$

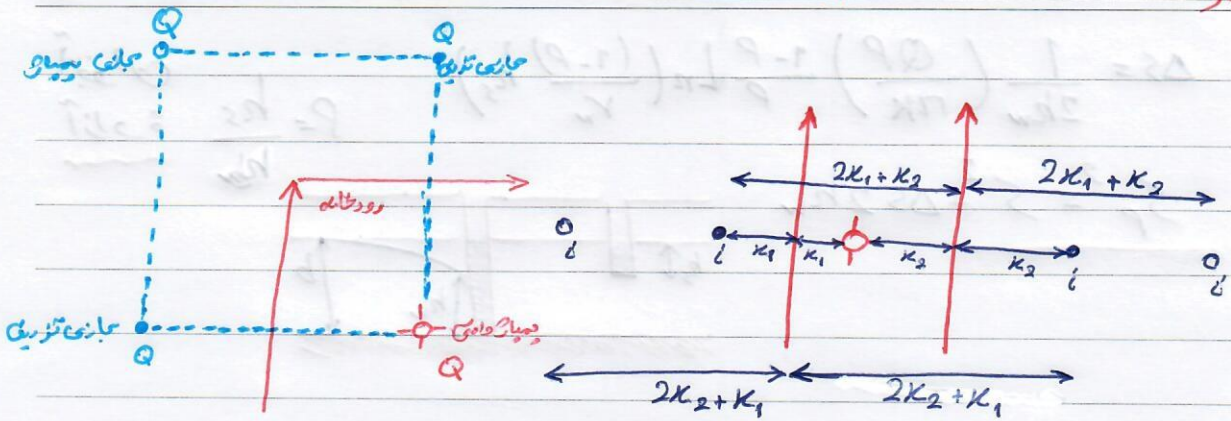
روش مسافری برای محاسبه میزان امنیت: اصول این روش بر مبنای اصل بزرگترین است
(نامی از یک حیا یا پناه در مجاور رودخانه یا سازه قوی تأثیر)



در صورت وجود یک سازه (سازه رودخانه یا کوچهستان) شرایط ثابت بودن لایه
آبخوان ثابت می باشد و با این روش مسافری برای حل مسئله استفاده
نمود؛ در شکل فوق در فاصله مساوی از رودخانه چاه تزیع وجود دارد

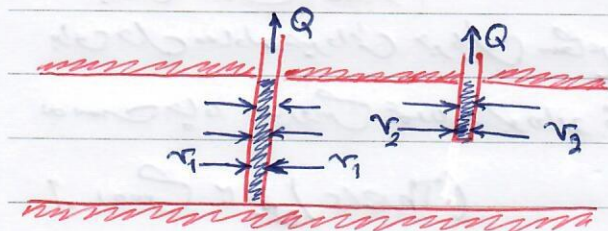


پمپاژ : کوه : پمپاژ
 پمپاژ : رودخانه : تدریج



یا

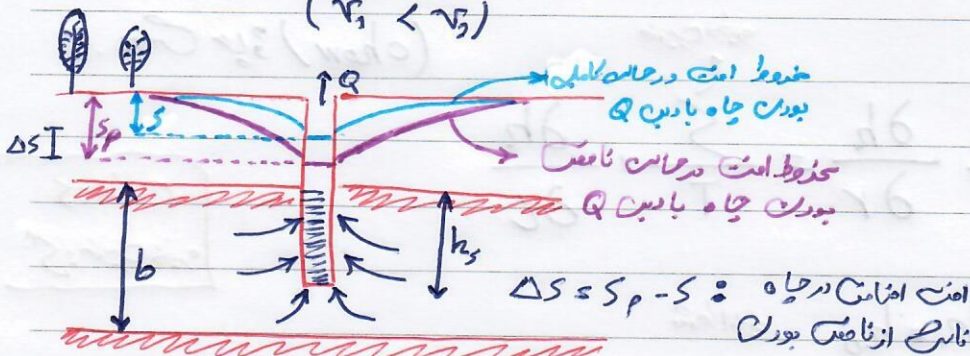
یا



جایه های ناقص :

سین بدلیل وجود دین برابر در بین آنها نیز دین

($\gamma_1 < \gamma_2$)



آنچه است
نقص

انت اضافی در جایه : $\Delta S = S_p - S$
ناقص از ناقص بودن

$$P_s = \frac{h_s}{b}$$

$$S_p - S = \Delta S$$

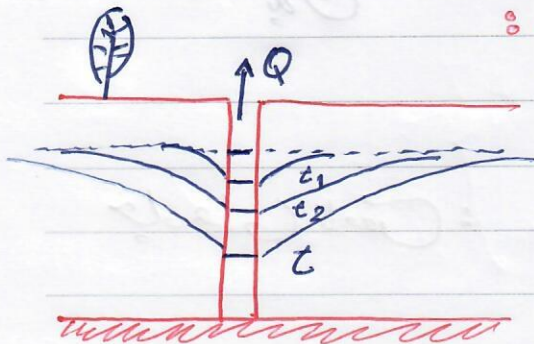
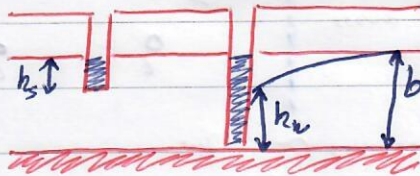
جایه ناقص در بال یا باقی : $\Delta S = \frac{Q_p}{2\pi T} \times \frac{1-p}{p} \ln\left(\frac{(1-p)}{r_w} h_s\right)$

جایه ناقص در وسط : $\Delta S = \frac{Q_p}{2\pi T} \times \frac{1-p}{p} \ln\left(\frac{(1-p)}{2r_w} h_s\right)$

$$\Delta S = \frac{1}{2k_w} \left(\frac{QP}{\pi k} \right) \frac{1-P}{P} \ln \left(\frac{(1-P) h_s}{r_w} \right)$$

آبخوان آزاد:
 $P = \frac{h_s}{b}$

$$S_p^2 = S^2 + \Delta S 2k_w$$



جریان غیر دائمی استخوان آزاد (آبخوان تحت فشار):

برای حل معادله غیردانش جریان استخوان

به سمت چاه سه روش عمده وجود دارد:

1. روش تاسیس (Theis)

2. روش کوپر اند جاکوب (Cooper & Jacob)

3. روش چاو (Chow)

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

کاهش
ضریب ذخیره

شرایط

$$\begin{cases} t=0 \Rightarrow h=h_0 \\ r \rightarrow \infty, t \geq 0 \Rightarrow h=h_0 \end{cases}$$

شرایط مرزی

کاهش

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

1. روش تاسیس



تابع چاه
well function

$$W(u) = \left[-0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \times 2!} + \dots \right]$$

ضریب ذخیره
 $u = \frac{r^2 S}{4Tt}$
زمان
قابلیت انتقال

* این معادله اجازه دهد تا بتوانیم مقادیر K و T برای یک آنچوان تحت فشار
 میایم (بوسیله آزمایش پمپاژ) و همچنین زیادی نسبت به معادله دامن دارد

1. مقدار K قابل محاسبه است $K = \left(\frac{Q}{4\pi T} \right) W(u)$

2. می‌توان یک چاه مشاهده‌ای نیاز دارد

$$r^2/t = \left(\frac{4T}{K} \right) u$$

3. زمان کوتاهی برای پمپاژ نیاز است

4. فرض دامن بودن جریان الزامی نیست

* فرمبات این روش عبارت‌اند از

1. آنچوان ممکن و هر روند و با ما است ثابت وین بنام است

2. قبل از پمپاژ سطح پیزومتریک افتاد است

3. دین پمپاژ ثابت است

4. جریان به سمت چاه افتاد بوده و چاه کامل است

5. آب برداشت شده از چاه در هر لحظه برابر افت هر فرمبات ذخیره می‌باشد

6. قطر چاه ناچیز بوده و آب در حدود ذخیره می‌کند

* روش حل با استفاده از روش مناسب:

در این روش یک نمودار نسبی $W(u) - u$ وجود دارد که یک نمودار $Q - Q$

می‌باشد اطلاعات موجود را بصورت یک نمودار $Q - Q$ با مقیاس مناسب

نمودار نسبی $W(u) - u$ در دست آوریم؛ در این نمودار مقادیر افت: K روی محور

قائم و مقایره r^2/t روی محور افقی مناسب داده می‌شود؛ ظاهر کن این

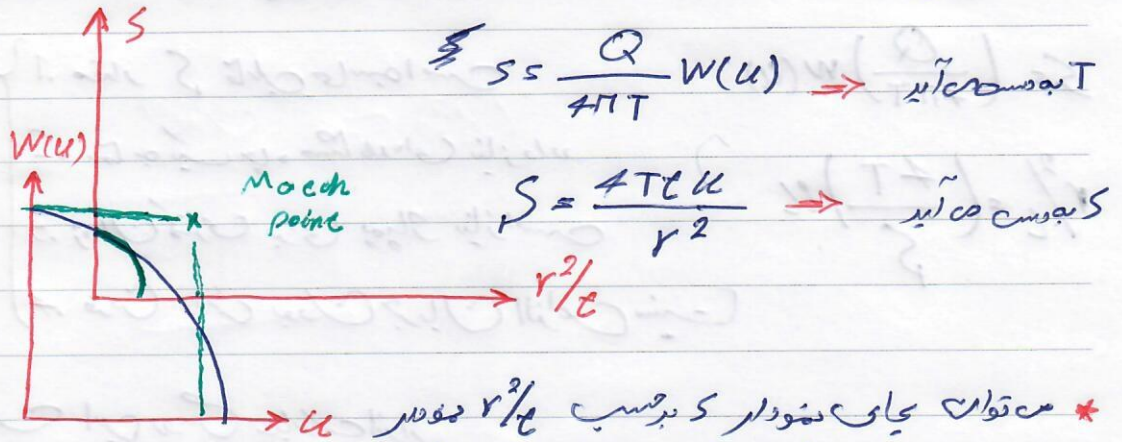
نمودار نسبی نمودار $W(u) - u$ می‌شود پس از آن با جابجایی کردن این نمودار روی

نمودار نسبی $W(u)$ کاری می‌کنیم که قسمت از منحنی ها روی یکدیگر منطبق شوند

20/9/11

60

سین از آن یک نقطه دفواه از یکی از نمودار ها در نظر گرفته و محاسبات موجود را
من خواهم



* من توانم بجای نمودار که بر حسب r^2/c نمودار
و بر حسب u را رسم کرد در این صورت نمودار تریس
ما هر دو صورت ماکد

مسئله: چاه در لایه آبدار تحت فشاری با ضریب ذخیره $S = 4 \times 10^{-4}$ و قابلیت انتقال $T = 0.3 \frac{m^2}{day}$ و دبی $Q = 1500 \frac{m^3}{day}$ در حال پمپاژ است؛ مطلوب

است محاسبه افت در قاع ده متر از چاه پمپاژ و یک ساعت پس از شروع پمپاژ و افت در قاع دو ساعت پس از گذشتن دو روز ~~پمپاژ~~

الف) $r = 10m, t = 1hr$ @ S است؟
ب) $r = 200m, t = 2day$ @ S است؟

$$u = \frac{r^2 S}{4 T t} = \frac{(10)^2 \times 4 \times 10^{-4}}{4 \times 0.3 \times 60} = 5.55 \times 10^{-4} \Rightarrow W(u) = 6.91$$

$$\Rightarrow S = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) = \frac{1500 \times 6.91}{24 \times 60 \times 4 \pi \times 0.3} = 1.91m$$

$$ب) u = \frac{r^2 S}{4 T t} = \frac{(200)^2 \times 4 \times 10^{-4}}{4 \times 0.3 \times 2880} = 4.63 \times 10^{-3} \Rightarrow W(u) = 4.8$$

$$\Rightarrow S = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) = \frac{1500 \times 4.8}{24 \times 60 \times 4 \pi \times 0.3} = 1.33m$$

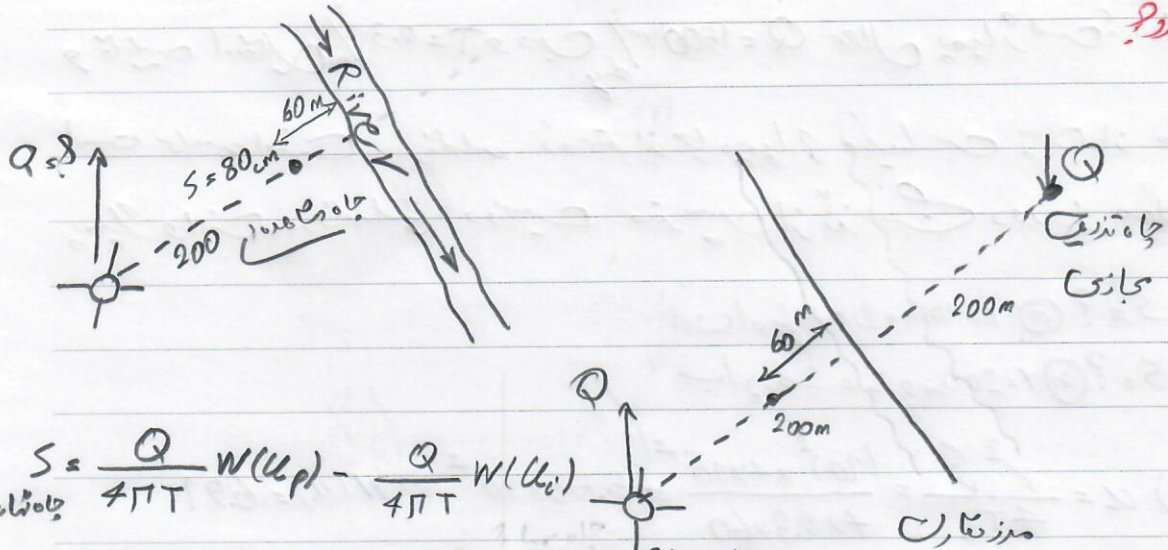
مسئله: چاه به قطر 25cm در دو حالت اول دبی لایه آبدار تحت فشار بادین نامشخص در حال پمپاژ است؛ محاسبه آنچنان عبارت است از:

$$T = 432 \frac{m^2}{day} = 5 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s} \text{ و } r_w = 0.25m, S = 4 \times 10^{-4}$$

پس از 8 ساعت از شروع پمپاژ مقدار افت در چاه مشاهده می شود. چاه 80cm است؛ دبی پمپاژ چاه اول را حساب کرده و پمپاژ محاسبه کنید

رودخانه میانی بدوی مقدار است دریا و میانی و میانی

دارد



$$S = \frac{Q}{4\pi T} W(u_p) - \frac{Q}{4\pi T} W(u_i)$$

$$u_p = \frac{r_p^2 S}{4Tt} = \frac{(140)^2 \times 4 \times 10^{-4}}{4 \times 5 \times 10^{-3} \times 28800} \Rightarrow u_p = 1.36 \times 10^{-2} \Rightarrow W(u_p) = 3.79$$

$$u_i = \frac{r_i^2 S}{4Tt} = \frac{(260)^2 \times 4 \times 10^{-4}}{4 \times 5 \times 10^{-3} \times 28800} \Rightarrow u_i = 4.69 \times 10^{-2} \Rightarrow W(u_i) = 2.54$$

$$0.8 = \frac{Q}{4\pi \times 5 \times 10^{-3}} (3.79 - 2.54) \Rightarrow Q = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{؟ کجابه} \Rightarrow u_p' = \frac{(0.25)^2 \times 4 \times 10^{-4}}{4 \times 5 \times 10^{-3} \times 28800} = 4.34 \times 10^{-8} \Rightarrow W(u_p') = 16.38$$

$$u_i' = \frac{(140)^2 \times 4 \times 10^{-4}}{4 \times 5 \times 10^{-3} \times 28800} = 0.111 \Rightarrow W(u_i') = 1.75$$

رودخانه باعث کاهش مقدار است دریا و میانی و میانی
این اثر که در کنار رودخانه بیشتر است

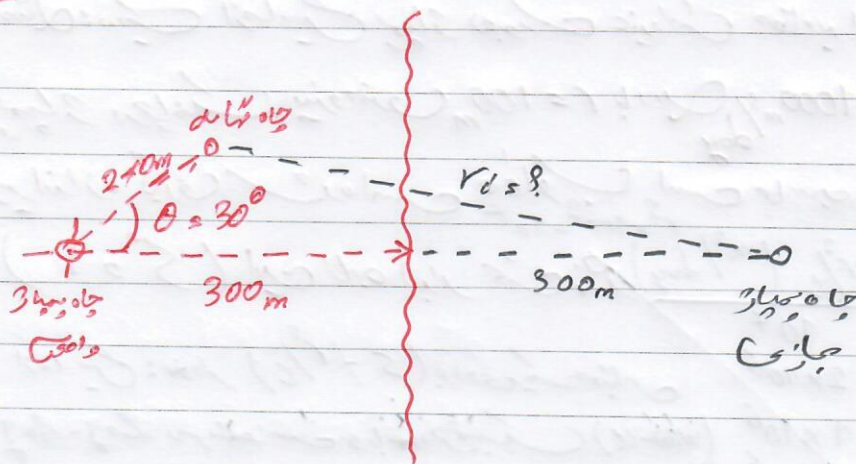
کامس انت هدر چاه : $\frac{Q}{4\pi T} W(u_i) = 1.61_m$

کامس انت هدر چاه : $\frac{Q}{4\pi T} W(u_i) = 1.11_m$

$S = \frac{0.04}{4 \times \pi \times 5 \times 10^{-3}} (16.38 - 1.75) \Rightarrow S = 9.31_m$

بنا بر تقریبی حد قوز نا پذیر در آبخوان است 3×10^{-5} در حال
میباشد است و ضخامت آبخوان 20 است و ضریب ذخیره آب $S = 3 \times 10^{-5}$

$K = 27.65_m$ مقدار انت رادریه و ضریب هدر (در ساعت بعد از شروع)
میباشد 3 می باشد



کوه (قوز نا پذیر)

$r_i^2 = 600^2 + 240^2 - 2 \times (600)(240) \cos 30^\circ \Rightarrow r_i = 410_m$

در چاه مشاهده : $S = \frac{Q}{4\pi T} (W(u_p) + W(u_i))$

$\rho = \frac{(r_p)^2 \cdot S}{4\pi T} = \frac{240^2 \times 3 \times 10^{-5}}{4 \times 20 \times 3.2 \times 10^{-4} \times 36000} = 1.88 \times 10^{-3}$

$$u_i = \frac{r_i^2 S}{4 T t} = \frac{4 \times 10^2 \times 3 \times 10^{-5}}{4 \times 20 (3.2 \times 10^{-4}) \times 36000} = 5.47 \times 10^{-3}$$

$$\left. \begin{aligned} u_p &= 1.88 \times 10^{-3} \Rightarrow W(u_p) = 5.72 \\ u_i &= 5.47 \times 10^{-3} \Rightarrow W(u_i) = 4.64 \end{aligned} \right\} S = \frac{0.03}{4\pi (20 \times 3.2 \times 10^{-4})} (10.36) = 10.36$$

است درجه صاف شدن $\Rightarrow S = 3.86 m$

میزان مقدار تانومر $S = \frac{Q}{4 T t} W(u_i) = \frac{0.03}{4\pi (20 \times 3.2 \times 10^{-4})} (4.64) = 1.73 \Rightarrow \frac{S_i}{S_{std}} = \frac{1.73}{3.86} = 45\%$

مثال: در یک آزمایش پمپاژ در یک چاه غیردوایست مطابق با جدول زیر

پمپاژ در چاه یک میزودستی $r = 100 m$ با دبی $Q = 1000 m^3/day$ مطابق جدول

زیر اندازه گیری شده است معلوم است مناسبی است مطابق جدول زیر

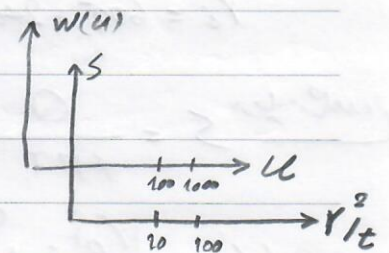
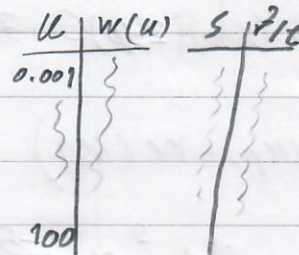
(T و S) این لایه آبدار تحت فشار $r^2 = 100^2 = 10^4$

$t (day)$	$S (m)$	$r^2/t (m^2/day)$
0.001	0.083	10^7
0.005	0.196	2×10^6
0.01	0.249	1×10^6
0.05	0.379	2×10^5
0.1	0.431	10^5
0.5	0.559	2×10^4
1	0.614	10^4
5	0.742	2×10^3
10	0.797	10^3

آزمایش: خودار $(S - r^2/t)$ بردی یک مقیاس $\log - \log$ رسم شده است و با نمودار تیسلیک $(W(u) - u)$

معمولاً از دو نمودار به خوبی بر

روی یکدیگر مطابقت می دهند



مقادیر مشخصات
mode point

$$\begin{cases} S = 0.167 \text{ m} \\ r^2/t = 3 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{day} \\ W(u) = 2.1 \\ u = 8 \times 10^{-2} \end{cases}$$

$$u = \frac{r^2 S}{4 T t} \Rightarrow S = \frac{4 T t u}{r^2} = \frac{4 T u}{r^2/t}$$

$$S = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) \Rightarrow T = \frac{Q W(u)}{4 S \pi}$$

$$\Rightarrow T = \frac{1000 \times 2.1}{4 \pi \times 0.167} = 1000.7 \text{ (m}^3/\text{day)} \Rightarrow S = \frac{4 \times 1000.7 \times 8 \times 10^{-2}}{3 \times 10^6} = 0.000107$$

* در جریان دائمی برای آبدار تحت فشار مقدار T معین می شود و در حالتی که در جریان غیردائم می نیز مشخص می شود.

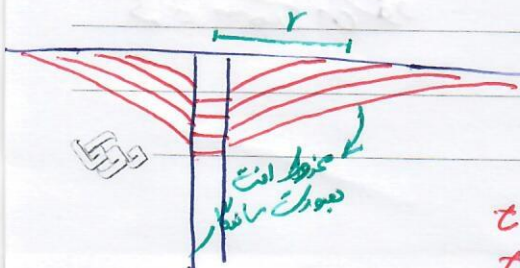
2. روش کوپر و جیلوب: کوپر و جیلوب متوجه شدند حفره‌ای که مقدار r و h به گویای هستند که مقدار u کوپر و جیلوب (u < 0.01) در سبب نیلور W(u) دو جهه اول برای تقریب کافی بوده و از بقیه جهات در توان صرف نظر کرد. در نتیجه آن مقدار افت برابر است با:

$$S = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) \approx \frac{Q}{4 \pi T} \left(-0.5772 - \frac{\ln r^2 S}{4 T t} \right)$$

$$S = \frac{2.3 Q}{4 \pi T} \log \frac{2.25 T t}{r^2 S}$$

$$\ln x = \log_e x = \frac{\log_{10} x}{\log_{10} e}$$

زمان منفرد (t₀): مدت زمانی که طول می کشد تا مخروط افت خود را به



نقطه مورد نظر در فاصله r از چاه میچسباند یا عبارت دیگر حداکثر مدت زمانی که طول می کشد که در آن میزان افت در فاصله r از چاه

$$\begin{aligned} t < t_0 &\Rightarrow S = 0 \\ t = t_0 &\Rightarrow S = 0 \\ t > t_0 &\Rightarrow S > 0 \end{aligned}$$

$$\text{if } t = t_0 \Rightarrow S = 0 \Rightarrow 0 = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{2.25 T t_0}{r^2 S}$$

$$\Rightarrow \log \frac{2.25 T t_0}{r^2 S} = 1$$

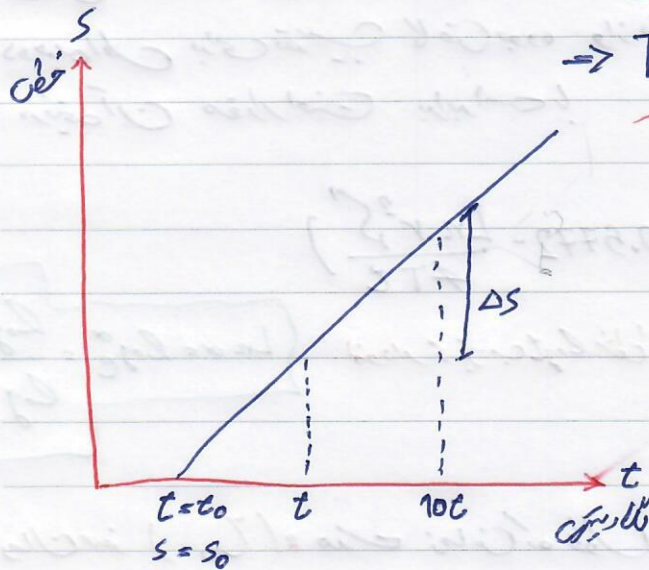
$$\Rightarrow S = \frac{2.25 T t_0}{r^2} \quad \text{II}$$

$$\text{if } t/t_0 = 10 \Rightarrow \log t/t_0 = 1 \Rightarrow \Delta S = \frac{2.3Q}{4\pi T} \left(\log \frac{2.25 T t}{r^2 S} - \log \frac{2.25 T t_0}{r^2 S} \right)$$

مقدار ΔS تقاضای در یک سطل
لوازم است

$$\Delta S = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log 10 = \frac{2.3Q}{4\pi T}$$

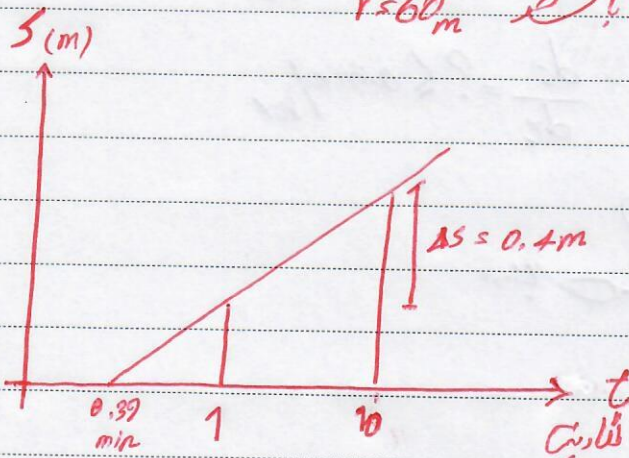
$$\Rightarrow T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta S} \quad \text{I}$$



بین در کعبه چگونگی ابتدا مقدار T و
مقدار S می باشد

در جریان دایره برای آبشار یک
مقدار T تعیین می گردد
مالی که در جریان غیر دایره مقدار
که نیز می باشد

مثالی: با استفاده از روش کوب-جیلوب مقدار آب موجود از یک آبخیز به یک سفر مطابق شکل به دست آمده است. با استفاده از روش کوب-جیلوب مقدار T را محاسبه کنید. مقدار دین به میزان $2500 \text{ m}^3/\text{day}$ و $r = 60 \text{ m}$



$$Q = 2500 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$t_0 = 0.39 \text{ min}$$

$$\Rightarrow t_0 = 2.7 \times 10^{-4} \text{ day}$$

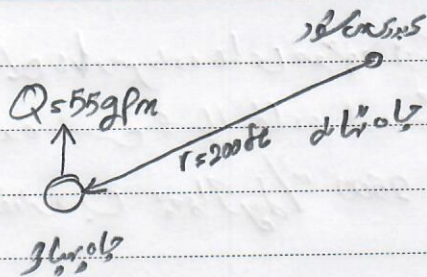
$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta S} = \frac{2.3(2500)}{4\pi(0.4)} = 1144 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2} = \frac{2.25(1144)(2.7 \times 10^{-4})}{60^2} = 0.000193$$

* اگر T بزرگ آبخیز از T_2 در آبخیز دینی کمتر باشد، آبخیز اول مدت زمان بیشتری برای رسیدن به حالت ماندگار (یک فاصله مشخص) نسبت به آبخیز دوم نیاز دارد.

مثال: با استفاده از روش کوب-جیلوب نرخ تغییرات افت سطح میزوتئیک را از طرف یک چاه بیاورد. نرخ به میزان 55 gpm و خاک ماسه‌ای و آبخیز به صورت $T = 3600 \text{ m}^2/\text{day}$ و $r = 10 \text{ m}$ چه زمانی برای رسیدن به حالت ماندگار نیاز است؟

دفاصله $r = 200 \text{ m}$ از چاه به میزان $T = 1200 \text{ m}^2/\text{day}$ فرض کنید شرایط دین صاف باشد. حاصل می‌شود که تغییرات میزوتئیک کمتر از 0.5 m/hr باشد. **TANDIS** در مورد $T = 1200 \text{ m}^2/\text{day}$ با چه دقت حاصل می‌شود؟



$$v = \text{Rate} = \frac{d}{dt} ()$$

$$\frac{ds}{dt} = ? \leq 0.5 \text{ in/hr}$$

55 gpm $T = 3600 \text{ ft}^2/\text{day}$
 $r = 200 \text{ ft}$
 $S = 10^{-4}$
 9000 per meter

ابتدا به دست زده است (که در دست کوپر میگویند) $u < 0.01$ و این را میگویند

$$u < 0.01 \Rightarrow \frac{r^2 S}{4 T t} < 0.01 \Rightarrow t \geq \frac{r^2 S}{4 T u} = \frac{(200 \text{ ft})^2 (10^{-4})}{4 (3600 \text{ ft}^2/\text{day}) (0.01)} = 40 \text{ min}$$

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} (-0.5772 - \ln \frac{r^2 S}{4 T t}) = \frac{Q}{4 \pi T} (-0.5772 - \frac{\ln r^2 S}{4 T} + \ln t)$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{Q}{4 \pi T} (1/t) \quad \text{یعنی در دست کوپر میگویند}$$

فصله چاه تا حد از چاه میگویند
 (r) و به دست میگویند

$$\frac{ds}{dt} = \frac{10587 (\text{ft}^2/\text{day})}{4 \pi (3600 \text{ ft}^2/\text{day})} \times \frac{1}{t} \leq 0.5 \text{ in/hr} \Rightarrow t \geq 5.6 \text{ hr} > 40 \text{ min}$$

$$0.5 \text{ in/hr} \quad \frac{0.5}{12} \text{ ft/hr}$$

if $T = 1200 \text{ ft}^2/\text{day} \rightarrow u < 0.01 \rightarrow C \geq 120 \text{ min}$

wick $r = 200 \text{ ft}$

$T = 1200 \text{ ft}^2/\text{day}$

$ds/dC = 0.5 \text{ in/hr}$

شرط کوپر هیلوب

$\rightarrow C \geq 16.8 \text{ hr} > 120 \text{ min} \text{ OK} \checkmark$

3. روش حیاوه: در این روش نیاز به صیقل خوردن صحنه نبوده

و همچنین محدودیت روش کوپر هیلوب را ندارد؛ در این روش داده‌ها

مشاهده از یک چاه مشاهده در تدریج چاه به چاه برداری یک مقیاس

log-linear رسم می‌شود نمودار $(S-u)$ می‌باشد و مشابه روش

کوپر هیلوب است؛ بدین روش نمودار رسم شده یک نقطه اختیاری این یک

نقطه و به کمک آن و توجه به کثیر مسی از نقطه استایل

یک محاسب برصحنه رسم می‌کنند و مقدار ds را در یک سیل لوگاریتمی

زمانی قرائت می‌کنند

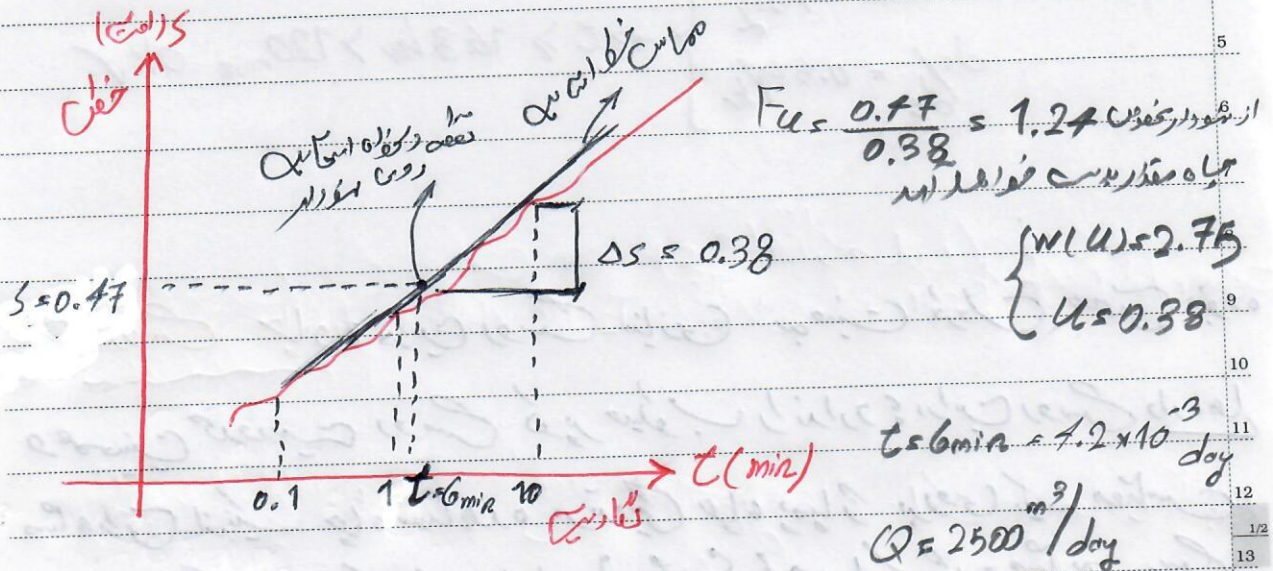
$F(u) = s/s \Rightarrow u$ و $w(u)$ مقادیر متناظر را از نمودار منحنی

for $F(u) > 2 \Rightarrow w(u) = 2.3 F(u)$



W, 9, 25

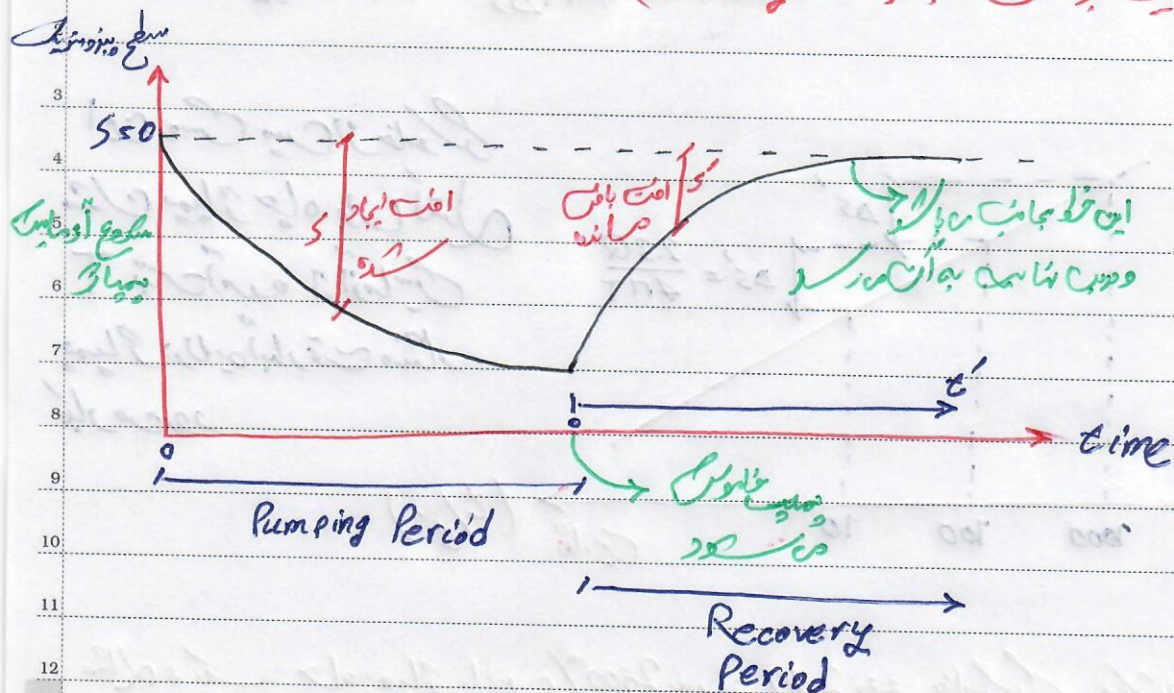
مثال: با استفاده از داده های مقدار امتیاز به حساب و زمان
 در یک چاه عمودی در فاصله ۲۵۰۰ م از چاه پیاپی مقدار زیر بر سر
 است؟ با استفاده از روش چاه و مقدار T و S را محاسبه کنید



$$T = \frac{Q}{4\pi S} w(u) = \frac{2500}{4\pi(0.47)} 2.75 = 1160 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2} = \frac{4(1160)(4.2 \times 10^{-3}) \times 0.038}{60^2} = 0.000206$$

آزمایش برگشت آب (Recovery Test) :



تأسیسات شامل داد که مجموع اثر دو چاه (چاه های میزبند و تندریت) با دین برابر
 چاه میزبند بلوغه ای است که با حالت چاه خاموش اثر یکسان دارد و
 افت آب معادل با استفاده از اصل برهمین از رابطه زیر بدست می آید

$$s' = \frac{Q}{4\pi T} (W(u) - W(u')) \quad u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad u' = \frac{r'^2 S'}{4Tt'}$$

چاه تندریت میزبند چاه میزبند واقعی

برای ۲ کوچک و نا بزرگ
 تابع چاه با دو وجه اول تقریب
 زده می شود

$$s' = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{t}{t'}$$

افت آب معادل

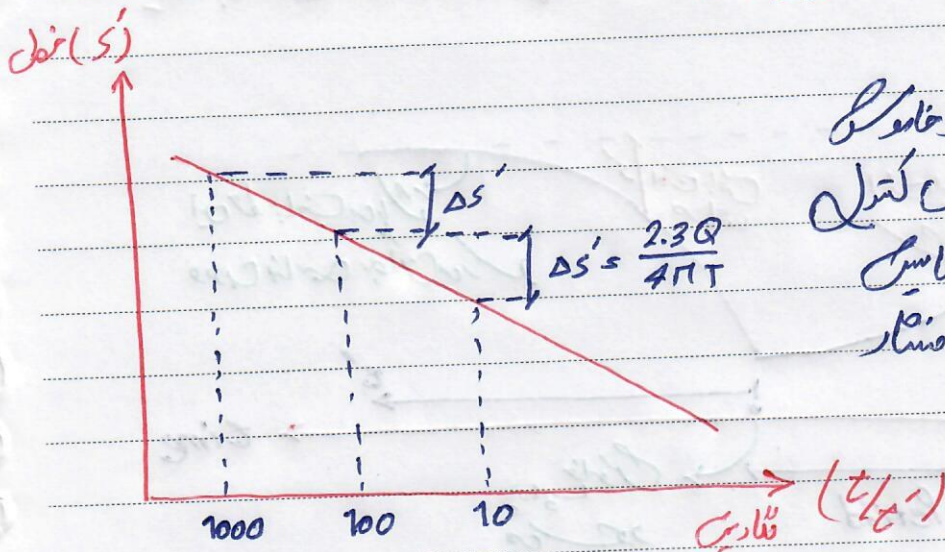
بنابراین نمودار s' بر حسب $\log t/t'$ خط می شود و سبب این خط برابر

است که بنا براین در هر سنگین $\log t/t'$ مقدار s' قرائت

$$\frac{2.3Q}{4\pi T}$$

9/9/40

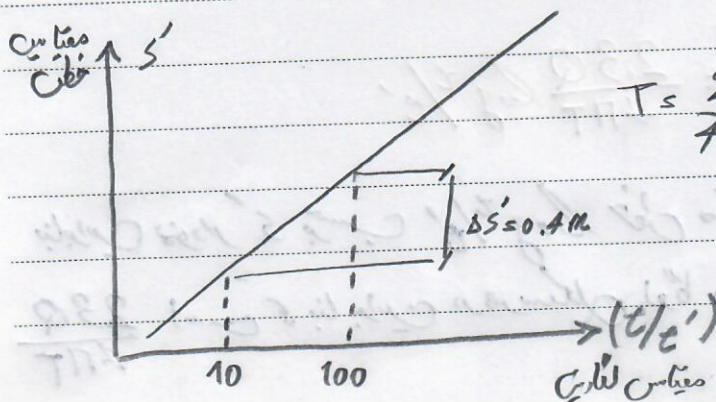
$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta S'}$ ← شده و داریم



این روش میسر از خاموشی
شکست میخورد چاه برای کنترل
T پس آمده از آزمایش
میخورد در لایه آبشار تحت فشار
بکار می رود

مثال: یک چاه میخورد با دبی $2500 \text{ m}^3/\text{day}$ بعد از 240 دقیقه خاموشی می شود و بعد از آن
مقادیر s' (افت باطن مانده) و t اندازه گیری می شوند (در چاه مشاهده می شود)
مقدار T را بیابید.

$t \text{ (min)}$	$t' \text{ (min)}$	$s' \text{ (m)}$	t/t'
241	1	0.89	241
242	2	0.81	121
⋮	⋮	⋮	⋮
420	180	0.14	2.3



$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta S'} = \frac{2.3(2500)}{4\pi(0.4)} = 1140 \text{ m}^2/\text{day}$

۹۷/۹/۲۵

جریان غیظی در لایه آیدر آزاد

در سطح های گسترده تانکول مربوط به لایه های آیدر تحت فشار بود
در حالت کلی جریان مقدار امت در یک لایه آیدر آزاد نسبت به فشار
اصابع لایه ناچیز باشد (زیاد با هم) فرصت اعمال شده در سطح
مقابل صحت بر اینکه آب آزاد شده از لایه آیدر بطور ناگهانی تحت فشار
بدون اعتبار می باشد؛ این مقدار را 10٪ فرض می نمایند

زیر سطح آب از درون نامیه غیظی یک لایه آیدر آزاد همراه با مقداری تاخیر
در صورت می گیرد که بدان آید من تاخیری یا delayed yield گفته می شود
بوتون یکی از محققین بودند که یک سری صحنی نیم مناسب برای آیدر
تاخیری تهیه کرد؛ هر مقدار $\log - \log$ برای یک آنچون آزاد شامل
قسمت می باشد؛ در قسمت اول که از چند تا نیم تا چند دقیقه به طول می انجامد
آب بطور ناگهانی بر اثر فشرده شدن آنچون و منقبض شدن هوای
درون حفره ها آزاد می شود این قسمت نمودار می تواند جویای یک صحنی
نسبت با منسب ذخیره که همانند قبل مدل شود

وقار آنچون آزاد در این مدت سیب یک آنچون تحت فشار می باشد
و به همین خاطر از این قسمت نمودار یک کم معادل آنچون تحت فشار
بدست می آید / قسمت ۵

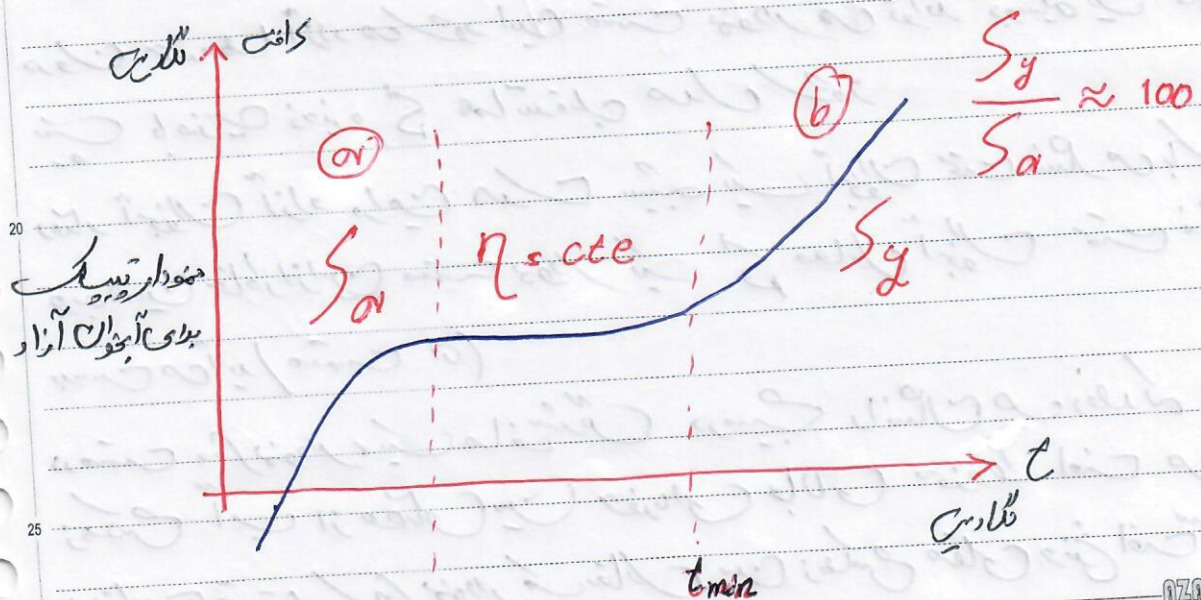
در قسمت دوم نمودار، یک ماف شدت در سطح رانشان می رود که نامی از
زیر سطح آب از حفره های حفره های بالای حفره افت می باشد
در نهایت قسمت هر نمودار یک عامل بین زیر سطح مقابل و نرخ افت سطح آب

را نشان می دهد؛ این وضعیت بعد از چندین دقیقه یا چندین روز اتفاق می افتد و می تواند جوش یک مایع یا مایع دغیره یا یک مایع دیگر که پس آمده از ممت کم نمودن مورد انتظار ترین بارامتر به نسبت آمده می باشد (ممت یا)

باین مدت زمان لازم برای رسیدن به ممت سوز نمودن را داشته باشد و حداقل زمان لازم برای رسیدن به ممت سوز نمودن و اندازه گیری یک سینه مقدار T دارد

یک روش تجربی استفاده از نمودارهای ممت برای t_d و t_{mer} می باشد با همین می توان از جدول زیر به صورت تقریبی استفاده کرد

t_{mer} (hr)	170	30	4
مقدار غالی	لا و	ما	ما متوسط
آبجول	رسا	ریزانه	معالج درج تر



کتاب ← 173 - 174 - 175 - 176 به دست آمد

* بنویس روش برای یافتن مساحت لایه آبدار آزاد برای حباب های

کامل و نرخ مهاجرت ثابت به شرح زیر ارائه داد:

$$S = \frac{Q}{4\pi T} w(u_\alpha, u_\gamma, R) \quad \eta = \frac{r^2}{b^2} \times \frac{k_z}{k_h}$$

$$u_\alpha = \frac{r^2 S_\alpha}{4 T t}$$

$$u_\gamma = \frac{r^2 S_\gamma}{4 T t}$$

روش استاره: ابتدا مساحت α نمودار رسم شده و سپس رابطه منطبق می کنیم

یک نقطه March point انتخاب کرده و مساحت آن را می خوانیم؛ از قسمت

ماف که (دور نمودار) مقدار η را می خوانیم؛ با چهار مساحت

قرائت شده برای March point مقادیر T و S را محاسب می کنیم

$$\begin{aligned} \text{March point area} & \left\{ \begin{array}{l} 1/u_\alpha \\ S \text{ انت} \\ t \\ w(u_\alpha, \eta) \end{array} \right. \Rightarrow \begin{aligned} T &= \frac{Q}{4\pi S} w(u_\alpha, \eta) \\ S_\alpha &= \frac{4 T u_\alpha t}{r^2} \end{aligned} \end{aligned}$$

با جایگزینی نمودار رسم شده $\log S - \log t$ روی نمودار

تنییک و با η قبلی، قسمت سوم نمودار را منطبق کرده و نقطه

March point بدست می آوریم و مساحت آن را می خوانیم؛ در این قسمت

T برای کنترل T بدست آمده قسمت اول محاسبه می شود

و همچنین y بدست می آید

$$\text{Modulus of } y \left\{ \begin{array}{l} 1/y \\ \text{است} \\ t \\ W(u_y, \eta) \end{array} \right. \Rightarrow T_s = \frac{Q}{4\pi s} W(u_y, \eta) \Rightarrow \text{برای مثال}$$

$$\Rightarrow s_y = \frac{4 T_u t}{r^2}$$

5

$$K_h = T/b \quad K_z = K_v = \eta \frac{b^2 K_h}{r^2}$$

10

مثال (صفحه 175 کتاب Todd): تدریس شد $\Leftarrow$ مطابق توضیحات

کیفیت آبهای زیرزمینی: کیفیت آبهای زیرزمینی به اندازه‌ی

کمیت آن اهمیت دارد؛ بطور کلی تمام آبهای زیرزمینی حاوی شیب‌ها
محلول هستند که ناشی از حرکت آب در محیط‌های قطبی آن می‌باشد
کیفیت مورد نیاز آب آشامیدنی بستگی به کار بردی دارد که
از منبع آب انتظار داریم

آب زیرزمینی در محیط‌های طبیعی معمولاً کمتر از 1000 ملیون متر برلیتر
مواد محلول دارد مگر آنکه:

الف) آب زیرزمینی از مواد معدنی قابل حل گذشتن باشد

ب) پوشش‌های تغذیه و تعویض غلیظ شده باشد

ج) پوشش‌های فرآیندهای زمین‌شناسی باشد

25

$$\frac{m.eq}{l} \% Na = \frac{(Na^+ + K^+) \times 100}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Sodium Content} \\ \text{percentage} \\ \text{درصد محتوای سدیم} \end{array} \right)$$

$$\frac{m.eq}{l} SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Sodium adsorption ratio} \\ \text{نسبت جذب سدیم} \end{array} \right)$$

* سدیم یک عنصر مهم در طبقه بندی آبهای کشاورزی می باشد زیرا می تواند با خاک واکنش داده و نفوذ پذیری آن را کاهش دهد

خاک های قلیا: خاک هایی که دارای عنصر سدیم و آنیون غالب CO_3^{2-} (کربنات) هستند، خاک های قلیا می نامیده می شوند

خاک های شور: خاک هایی که دارای سدیم و آنیون غالب SO_4^{2-} و یا SO_4^{2-} هستند، خاک های شور نامیده می شوند؛ در هر حال غلظت زیادی سدیم در خاک تقریباً به هیچ گیاه اجازه رشد می دهد

سازمان EPA استانداردهایی برای آب آشامیدنی سالم وضع نموده است که در آن $MCLs$ (Maximum Contaminant Levels) و $SMCLs$ (Secondary MCLs) آمده است؛ وجود آلئیدها اولیه و ترکیب آن ها موجب آلئیدها ثانویه می شوند

* طبقه بندی آبهای زیرزمینی دارای TDS قابل توجه (mg/l)

Fresh Water (آب شیرین) $\Rightarrow 0 < TDS < 1000$

Brackish Water (آب لب شور) $\Rightarrow 1000 < TDS < 10000$

Saline Water (آب شور) $\Rightarrow TDS > 10000$

* طبقه بندی آبهای زیرزمینی بر اساس سختی Hardness mg/l as $CaCO_3$

0 - 75 $\Rightarrow$ soft (نرم)

75 - 150 $\Rightarrow$ Moderately Hard (متوسط سخت)

150 - 300 $\Rightarrow$ Hard (سخت)

over 300 $\Rightarrow$ Very Hard (خیلی سخت)

حدسازنی کیفی آب های زیرزمینی :

انواع آلاینده ها ممکن است بصورت طبیعی، سینتیک یا بیولوژیکی باشند

آلاینده ها $\rightarrow$ { حل شدن نمک از سازنده های طبیعی (1)
گیج یا نمکی در آب یا سنگ های
آب های دریا

صفت کساده ای شوری (2) $\rightarrow$ { صفت کساده ای شوری

آلاتیله ها } دفع در چاه ها حفزیه
صنعتی } ذخیره سازی دراستخرها
ذخیره سازی در محل های امانت زبانه (Land fill)

آلاتیله ها } چاه های جنب
شهری } سیاب های شهری
شیرابه های محل دفن زباله های شهری

آلاتیله ها } آفت کس ها
کسا ورزی } علف کس ها
حشره کس ها

مثال: بسیاری از واحدهای صنعتی و شهری و کسا ورزی دارای مخازن
تجمعی سبخت و مواد روغنی هستند و معمولاً این مخازن اینزوله نبوده
وشتی دارند مانند بالا پشاه ها

مکانیسم های انتقال جرم در محیط اسبج: $10^{-9} < D_d < 2 \times 10^{-9}$: $25^\circ = \theta$ برای آبهای
الف) انتقال توسط گرادیان غلظت (درب) $D_d = \frac{1}{2} D_d$: $5^\circ = \theta$ آبیروزی
فانکس اولی هوسیک جرم از جابج که غلظت بیشتری دارد به جابج که غلظت کمتری
دارد منت منت کند؛ عامل این حرکت حرکت براون (کاتوره ای)
مولکول های بزرگ

Fick's first law: $F = -D_d \left(\frac{dc}{dx} \right) \Rightarrow$ دریک بود

ARMAN
F: Mass flux $[ML^{-2}T^{-1}]$
C: Concentration $[ML^{-3}]$ $D_d: [L^2T^{-1}]$ (مشارجری)
 $\frac{dc}{dx} = \left[\frac{ML^{-3}}{L} \right]$

(ب) تغییرات نسبت به زمان

تلفات

Second's law of Fick $\frac{dC}{dt} = D_d \frac{d^2C}{dx^2}$

آلاینده های محلول }
 پایدار (Conservative): مانند C با آب یاخته واکنش ندارد و همزمان ثابت می ماند
 واکنش دهنده (Reactive): با آب یاخته واکنش داده و همزمان متغیر است

* در محیط های متخلخل $D^* = w D_d$ برای آلاینده های جذب کننده
 اگر $0.5 > w > 0.01 \Leftarrow$ ضریب تجربی

مکانیسم های انتقال جرم توسط آب های زیرزمینی :

(الف) انتقال (Advection)



ماده آلوده

در انتقال ، ماده ای آلوده همراه با سرعت جریان آب زیرزمینی جایی را می پیماید و در طول پیمایش خود انتقال می یابد و در واقعیت ، انتقال با پخشیدگی توأم است

(ب) پخشیدگی با حرکت براون (Dispersion)

(ج) پخشیدگی با حرکت های طولی و عرضی (Dispersion)

چنین است و اختلاف آلوده برای انتقال را گویند که در راستای طول و عرض انجام می‌گیرد؛ در راستای طول را دیسپرسیون طول و در راستای عرض را دیسپرسیون عرض می‌نامند که دیسپرسیون عرض ضعیف تر از دیسپرسیون طول است؛ اگرچه هر دو در سطح های کم ضرایب نسبتاً برابری دارند

Dispersion { Mechanical Dispersion
Hydrodynamic Dispersion $\propto \vec{v}$
Mechanical + Molecular Dispersion

* چون که دیفیوژن مولکول و دیسپرسیون مکانیکی در جریان آب زیر زمین از یکدیگر جدا می‌شوند، باید یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند

$D = \alpha \vec{v} + D^*$
ضرایب دیفیوژن
هر دو در نظر می‌گیرند

معادله آفرمستایک سوال
نشر می‌دهد

1. The first step in the process of the cell cycle is the G₁ phase. During this phase, the cell grows and prepares for DNA replication. The G₁ phase is the longest phase of the cell cycle and is followed by the S phase, where DNA replication occurs. The S phase is followed by the G₂ phase, where the cell prepares for mitosis. The G₂ phase is followed by the M phase, where the cell divides into two daughter cells. The M phase is the shortest phase of the cell cycle.

2. The cell cycle is a series of events that a cell undergoes to grow and divide. The cell cycle is divided into four main phases: G₁, S, G₂, and M. The G₁ phase is the longest phase and is followed by the S phase, where DNA replication occurs. The S phase is followed by the G₂ phase, where the cell prepares for mitosis. The G₂ phase is followed by the M phase, where the cell divides into two daughter cells. The M phase is the shortest phase of the cell cycle.

3. The cell cycle is a series of events that a cell undergoes to grow and divide. The cell cycle is divided into four main phases: G₁, S, G₂, and M. The G₁ phase is the longest phase and is followed by the S phase, where DNA replication occurs. The S phase is followed by the G₂ phase, where the cell prepares for mitosis. The G₂ phase is followed by the M phase, where the cell divides into two daughter cells. The M phase is the shortest phase of the cell cycle.

4. The cell cycle is a series of events that a cell undergoes to grow and divide. The cell cycle is divided into four main phases: G₁, S, G₂, and M. The G₁ phase is the longest phase and is followed by the S phase, where DNA replication occurs. The S phase is followed by the G₂ phase, where the cell prepares for mitosis. The G₂ phase is followed by the M phase, where the cell divides into two daughter cells. The M phase is the shortest phase of the cell cycle.

5. The cell cycle is a series of events that a cell undergoes to grow and divide. The cell cycle is divided into four main phases: G₁, S, G₂, and M. The G₁ phase is the longest phase and is followed by the S phase, where DNA replication occurs. The S phase is followed by the G₂ phase, where the cell prepares for mitosis. The G₂ phase is followed by the M phase, where the cell divides into two daughter cells. The M phase is the shortest phase of the cell cycle.

6. The cell cycle is a series of events that a cell undergoes to grow and divide. The cell cycle is divided into four main phases: G₁, S, G₂, and M. The G₁ phase is the longest phase and is followed by the S phase, where DNA replication occurs. The S phase is followed by the G₂ phase, where the cell prepares for mitosis. The G₂ phase is followed by the M phase, where the cell divides into two daughter cells. The M phase is the shortest phase of the cell cycle.