

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

10-1 Joints الفواصل

عبارة عن كسور او شقوق تفصل بين الكتل الصخرية ولا يصاحبها أي ازاحة او حركة لتلك الكتل على جانبي مستوي الفاصل Joint Plane وتتواجد الفواصل على شكل مجاميع متوازية تعرف بالـ Sets وفي حالة تقاطع مجموعتان او اكثر بزوايا ثابتة وتكرار التقاطع في منطقة واسعة فان هذه المجاميع تعرف بالنظام System ، قد تكون الفواصل افقية او عمودية او متوازية او متشابكة اعتمادا على طبيعة التكوين الصخريويمكن تصنيف الفواصل بحسب تكوينها كما يلي:

1- فواصل التبريد Cooling Joint: تتكون في الصخور النارية Igneous Rocks وتنتج بفعل الاجهادات الناتجة عن تبريد وانكماش الصهير السطحي.

2- فواصل الانكماش او التقلص Shrinkage Joints: تتكون في الصخور الرسوبية وخاصة الطينية منها بعد ان تجف كما تتواجد ايضا في الصخور الكلسية نتيجة لاذابة السوائل لاجزاء منها وتكون غير منتظمة.

3- الفواصل التركيبية Tectonic Joints: ناجمة عن قوى الشد والانضغاط التي تصاحب تكون الطيات والصدوع وهي على انواع كفواصل الشد وفواصل القص.

4- فواصل الاجهاد Stress-Relief Joints: وهي فواصل ناجمة عن قوى الشد وازالة الضغط او الحمل الثقيل على الطبقات الصخرية من خلال تعرية الصخور الموجودة فوقها.

للفواصل الجيولوجية اهمية اقتصادية تتمثل بتسهيل حركة مرور المياه الجوفية خلالها بالاضافة الى حركة وتجمعات المكامن النفطية والغازية. الا ان وجود الفواصل في الطبقات الصخرية غير مرغوب من الناحية الهندسية لانه يضعف قابلية التحمل للطبقات الصخرية خصوصا عند اقامة المشاريع الكبيرة كالسدود التي تسلط احمال كبيرة على الاساسات تحتها وبالتالي فانها تعمل على تقهيب الصخور وتؤثر على المنشآت المقامة فوقها.

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

10-2 Significance of Structural Geology in Civil Engineering اهمية الجيولوجيا التركيبية في الهندسة المدنية

تؤثر التراكيب الجيولوجية بطرق عديدة على المشاريع الهندسية المشيدة فوقها ويمكن تلخيص تأثير الجيولوجيا التركيبية على سلامة المشاريع الهندسية بما يلي:

- 1- تتحكم الطيات والصدوع والفواصل بشكل رئيسي في عملية اختيار وتحديد مواقع السدود والمستودعات والمطارات والانفاق وغيرها من المشاريع الهندسية الكبيرة.
- 2- تؤدي حركة الصدوع النشطة الى تدمير المشاريع الهندسية المقامة فوقها.
- 3- يؤثر التغيير الكيماوي للصخور الواقعة على مستويات الفواصل والصدوع الى تقليل قوة التحمل والخصائص الميكانيكية للصخور.
- 4- تأثير التراكيب الجيولوجية على دورة المياه الجوفية والمكامن النفطية والغازية وغيرها من الثروات الطبيعية المخزونة داخل الارض.

10-3 Topographical and Geological Maps

الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية

يساعد فهم الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية على التخطيط واعداد التصاميم السليمة للمشاريع الهندسية.

- 1- **الخرائط الكنتورية Contour Maps:** وهي مخططات توضح الرسم الافقي لاجزاء مختلفة المناسيب من سطح الارض وفقا لمقياس رسم معين وتبين هذه الخرائط الشكل العام لسطح الارض والظواهر الطبيعية ومواقع المدن والطرق والحدود وغيرها. ويستفاد منها في:
 - ✚ ايجاد الموقع المناسب لاقامة المشاريع الهندسية المهمة كالسدود والخزانات والطرق وخطوط الانابيب والقنوات المائية وغيرها.
 - ✚ تساعد في حساي كميات الاعمال الترابية الخاصة لاعمال الدفن والردم والمتعلقة بمشاريع الطرق وشبكات الري والبزل وغيرها.

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

✚ تساعد في حساب وتقدير كميات المياه المتوفرة في المسطحات المائية (الخرانات والبحيرات).

✚ تستخدم في تصميم القطاعات الطبوغرافية Topographic Profiles للمنطقة معينة وتحديد تضاريسها.

2- اجزاء الخرائط الكنتورية **Components of Contour Maps**: تتكون الخرائط الكنتورية من الاقسام التالية:

✚ الخط الكنتوري او خط التسوية Contour Line: هو خط يصل بين النقاط المتساوية الارتفاع مقاسة بالنسبة الى مستوى سطح البحر.

✚ الفاصلة الكنتورية (المسافة الراسية) Contour Interval: وهو الفرق العمودي في الارتفاع بين خطين كنتوريين متتاليين.

✚ القطاع الطبوغرافي Topographic Profile: هو خط بياني مصغر لسطح الارض ناتج عن مستوي عمودي بين نقطتين في الخارطة الكنتورية.

✚ التضاريس Releif: يمثل الفرق بين اعلى واوطأ نقطتين في المنطقة التي تمثلها الخارطة الكنتورية.

3- المبادئ الرئيسية للخرائط الكنتورية:

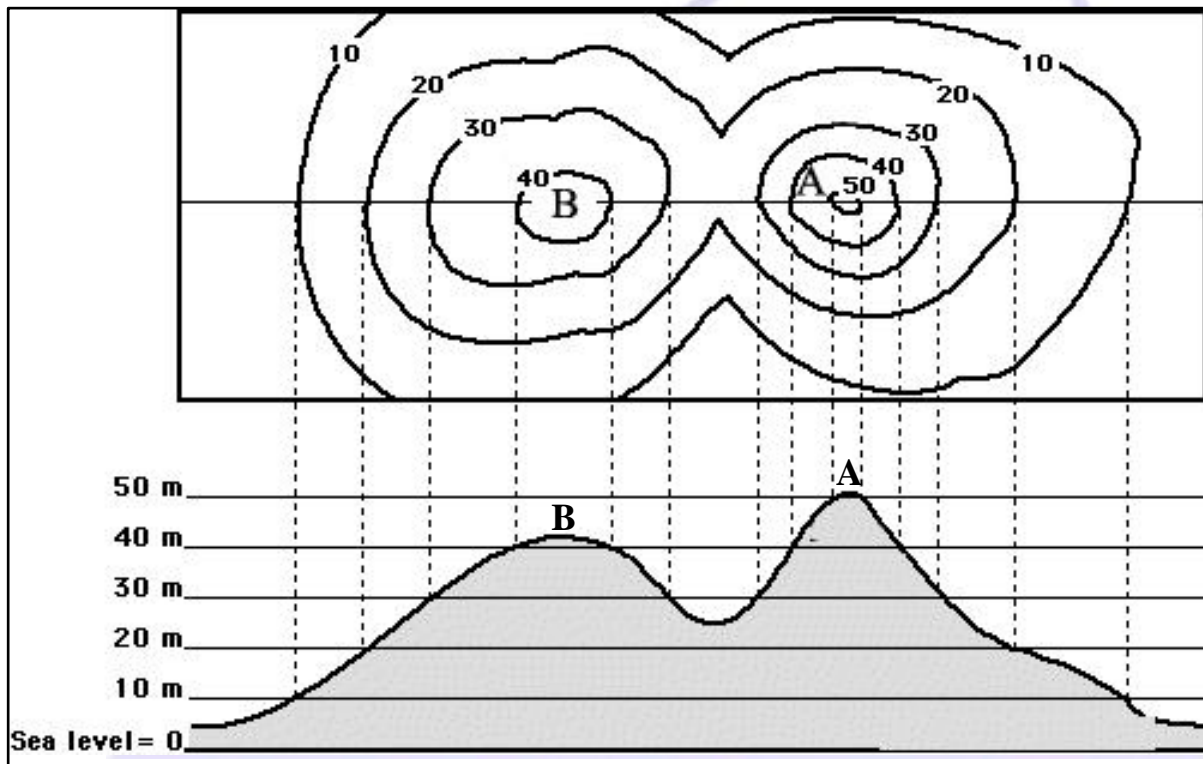
Major Principles for Contour Maps:

- 1- جميع النقاط الواقعة على خط كنتوري واحد لها نفس المنسوب (الارتفاع).
- 2- لا تتقاطع الخطوط الكنتورية الا في حالات نادرة كوجود مغارة مثلاً.
- 3- جميع الخطوط الكنتورية الواقعة في وسط الخارطة أي داخل المنطقة تكون مغلقة (Enclosed Lines) عدا الخطوط الواقعة في حافاتها.
- 4- تتناسب شدة انحدار سطح الارض مع المسافات بين الخطوط الكنتورية فكما تقاربت الخطوط الكنتورية في ما بينها دلّ ذلك على شدة انحدار الارض والعكس بالعكس.

5- اذا كانت المسافات بين الخطوط الكنتورية متساوية فان ذلك يشير الى انتظام الارض وميلها (انحدار سطح الارض)، ويشير التباعد غير المتساوي بين الخطوط الكنتورية على عدم انتظام ميل الارض.

6- في حالة تقاطع الخطوط الكنتورية مع مجرى نهر فانها تكوّن ما يشبه حرف "V" اذ يكون راسه باتجاه اعلى النهر Upstream.

7- في حالة المرتفعات او المنخفضات فانها تمثّل بخطوط كنتورية مغلقة بحيث تكون قمة المرتفع واقعة داخل الخريطة الكنتورية وممثله باعلى قيمة للخط الكنتوري او تكون ممثلة باقل قيمة لها في الداخل في حالة المنخفض.



Contour interval = 10m

10-4 Groundwater المياه الجوفية او الارضية

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

وهي المياه الموجودة داخل طبقات القشرة الارضية والتي تعود بالاصل الى المياه الساقطة على سطح الارض من الامطار والثلوج او المياه الجارية فوق سطح الارض كالانهار وغيرها. تكمن اهمية هذه المياه كونها مصدر اخر لمياه الري والشرب وتعد في بعض البلدان التي تفتقر للمياه السطحية المصدر الرئيسي للمياه.

❖ مصادر المياه الجوفية Sources of Groundwater

1- السقيط او مياه الامطار والثلوج Meteoric Water: تشكل مصدرا من مصادر المياه الجوفية ويختلف معدل سقوط الامطار في العراق باختلاف مناطقه ففي المنطقة الجبلية والتي تمثل الجزء الشمالي والشمال الشرقي تتراوح كمية الأمطار ما بين (400-1000) ملمتر سنويا ويسود السهل الرسوبي والهضبة الغربية ويشمل 70% من سطح العراق وتتراوح الأمطار السنوية فيه ما بين (50-200) ملمتر سنويا.

2- المياه الصهيرية او مياه التبلور Magmatic Water: المياه المتبقية نتيجة تبلور المعادن من الصهير (Magma) وتمتاز بكونها تكونت بدرجات حرارة عالية وتحتوي على املاح ذائبة وقد تظهر على سطح الارض نتيجة حركتها الى الاعلى وتختلط مع المياه الجوفية على شكل ينابيع معدنية.

3- المياه الجيولوجية Connate Water: المياه الموجودة اصلا في مسامات الصخور عندما تترسب حبيباتها.

❖ نفاذية الصخور Permiability of Rocks

Permeability is the property of rocks that is an indication of the ability for fluids (gas or liquid) to flow through rocks. High permeability will allow fluids to move rapidly through rocks. Permeability is affected by the pressure in a rock. The unit of measure is (m/day).

خاصية النفاذية للتربة او للصخور (K_r): هو العامل المؤثر في حركة المياه الجوفية من منطقة التغذية إلى منطقة التفريغ ، ويعتمد على خصائص التربة/الصخور كحجم جزيئاتها

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

وترتيب المسامات والشقوق التي يمر بها الماء أثناء حركته وخصائص الحركة للمائع كالزوجة والكثافة وقوة حقل الجاذبية معاً.

او تعرف على انها "سهولة حركة المياه وتحركها خلال الضخور/التربة". تقسم الصخور من حيث قابليتها على النفاذية الى قسمين:

1- صخور نفاذية Permeable Rocks: تحتوي على مسامات او حيز مسامي Pore Space متصل او تكون عديمة المسامات ولكنها تحتوي على فواصل Joints او تكسرات وشقوق Fractures and Cracks تسمح للمياه بالحركة من خلالها ومن امثلتها الحجر الرملي Sanstone والحجر الجيري Limstone.

2- صخور غير نفاذية Impermeable Rocks: قد تكون قليلة المسامات او تحتوي على مسامات كثرة ولكنها دقيقة وغير متصلة مع بعضها ولا تحتوي على فواصل او شقوق بحيث لا تسمح بمرور وحركة المياه خلالها.

بصورة عامة ترتبط نفاذية الصخور/ التربة بخاصية فيزيائية اخرى تم التعرف عليها سابقا وهي "المسامية Porosity" لذلك يمكن تقسيم الصخور بالنسبة لدراسة وجود وحركة المياه الجوفية من خلالها الى:

1- صخور مسامية منفذة Porous and Permeable: تسمى ايضا بالصخور الخازنة للمياه الجوفية Aquifers كالصخر الرملي Sandstone.

2- صخور مسامية غير منفذة Porous and Impermeable: وتسمى ايضا بالصخور المانعة Aquiclude مثل الطين Claystone.

3- صخور غير مسامية منفذة Non-porous and Pervious: تكون خازنة للمياه الجوفية خاصة عند احتوائها على الشقوق والفواصل كالصخر الجيري.

4- صخور غير مسامية و غير منفذة Non-porous and Non-Pervious: مثل الكوارتز Quartzize والحجر الجيري الخزفي Porcelleneous Limestone.

10-5 Aquifers (الطبقات الصخرية المائية) خزانات المياه الجوفية:

An **aquifer** is an underground layer of water-bearing permeable rock or unconsolidated materials (gravel, sand, or silt) from which

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

groundwater can be extracted using a water well. Related terms include **aquitard**, which is a bed of low permeability along an aquifer, and **aquiclude**, which is a solid, impermeable area underlying or overlying an aquifer. If the impermeable area covers the aquifer, pressure could cause it to become a confined aquifer.

تمثل طبقة المياه الجوفية المتكونة من صخور نفاذية محملة بالمياه أو من مواد غير منظمة (كالصلى والرمل او الغرين) الموجودة تحت سطح الأرض ويمكن أن تستخرج منها المياه الجوفية باستخدام الابار، وتشمل المصطلحات ذات الصلة مصطلح الطبقة المائية المعيقة وهي طبقة أرضية رقيقة ومنخفضة النفاذية وممتدة على طول الطبقة الجوفية ومصطلح الطبقة الكتيمة وهي منطقة صلبة كتيمة (غير منفذة للماء) موجودة تحت الطبقة الجوفية أو فوقها، وإذا امتدت المنطقة غير المنفذة فوق الطبقة الجوفية فقد يجعلها الضغط طبقة جوفية محصورة. وتقسم خزانات المياه الجوفية الى:

1- الخزانات المائية غير المحصورة **Unconfined Aquifer**:

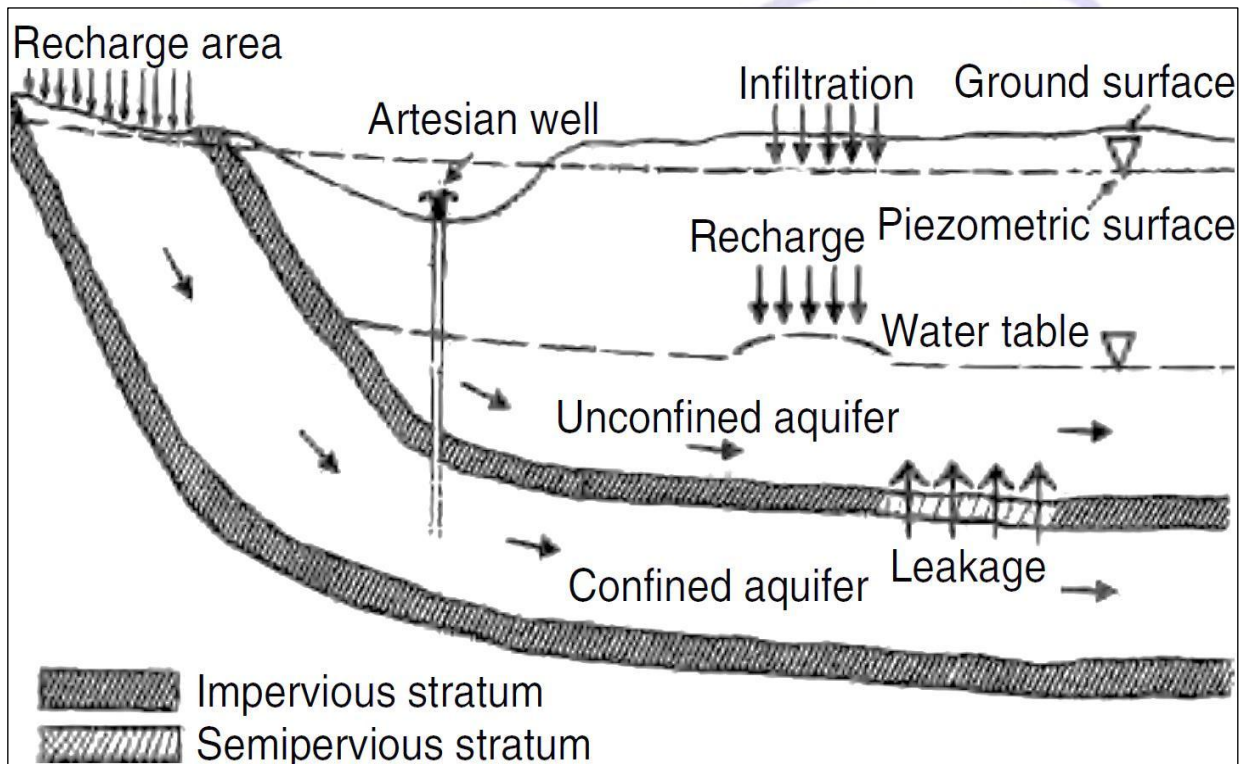
تتحصر هذه الخزانات من الاسفل بطبقة صخرية غير مسامية وغير منفذة للمياه ويحدها من الاعلى منسوب المياه الجوفية او ما يسمى (Water table) وهو حدود اعلى منطقة التشبع ويرتفع منسوب المياه في البئر (Well) الى مستوى المياه الجوفية وبعد سحب المياه ينخفض منسوب المياه الجوفية في الخزان وخصوصا قرب البئر مكونا ما يسمى بمخروط الانخفاض Cone of Deprission. من مميزات الخزانات غير المحصورة ان المياه الجوفية تكون تحت تأثير الضغط الجوي فقط لذلك تسمى الخزانات الحرة Phreatic Aquifers.

Phreatic Aquifer: underground water in the zone of saturation (beneath the water table).

2- الخزانات المحصورة او الارتوازية **Confined Aquifers (Artezian)**:

وهي الخزانات المحصورة بين طبقتين غير مساميتين وغير نفاذتين من الاعلى والاسفل بحيث لا تسمح بحركة المياه الجوفية للاعلى او للاسفل وتكون المياه محصورة تحت ضغط هيدروستاتيكي وتزود بالمياه من مناطق مغطاة بطبقة نفاذة تسمى بمنطقة التغذية

Recharge layer. يتم حفر ابار لاستخراج المياه من هذه الطبقات في مناطق اقل ارتفاعا من منطقة التغذية فان منسوب الماء يرتفع في البئر حتى يتعادل الضغط الهيدروستاتيكي للخران مع الضغط الجوي وتعرف منطقة تعادل الضغط بـ Piezometric Surface فاذا كان منسوب سطح الارض الواقعة ضمنها البئر تحت هذا المستوي (Piezometric Surface) فان المياه ستتنساب طبيعا وعندئذ يسمى بالبئر الارتوازي (Artesian Well). تمتاز الطبقات الصخرية الحاملة للخرانات المحصورة بوجود ميل كاف لاعطاء انحدار هيدروليكي مناسباً لحركة المياه.



Aquifer Types

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

11-1 Aquifer and Porosity المسامية والمائية الصخرية

لا بد ان تكون الصخور مسامية Porous ومنفذه Permeable لكي تسمح بجريان وحركة المياه خلالها، ويجب ان تكون المسامات او على الاقل بعضها بشكل شبكة متصلة لكي تسمح بحركة المياه او السوائل الاخرى كالبتروول وغيرها من المعادن الطبيعية. لذلك فان الصخور قد تحتوي على مسامات معزولة وهي المسامات غير المتصلة Retain Voids وسيكون حجم هذه المسامات (V_r) وهو الحجم الكلي للمسامات المعزولة وتسمى المياه فيها بالمياه المتبقية داخل الصخرة وتعرف مساميتها كالاتي:

$$n_r = \frac{V_r}{V}$$

اما المياه الموجودة داخل المسامات المتصلة مع بعضها البعض (وتكون كالأنابيب) فتسمى بالمياه الانتاجية Yield Water او المياه الفعالة Effective Water ويكون حجمها (V_y) وبالتالي فان المسامية الانتاجية او الفعالة ستكون:

$$n_y = \frac{V_y}{V}$$

وعليه فان المسامية الكلية للطبقات الصخرية الحاملة للمياه:

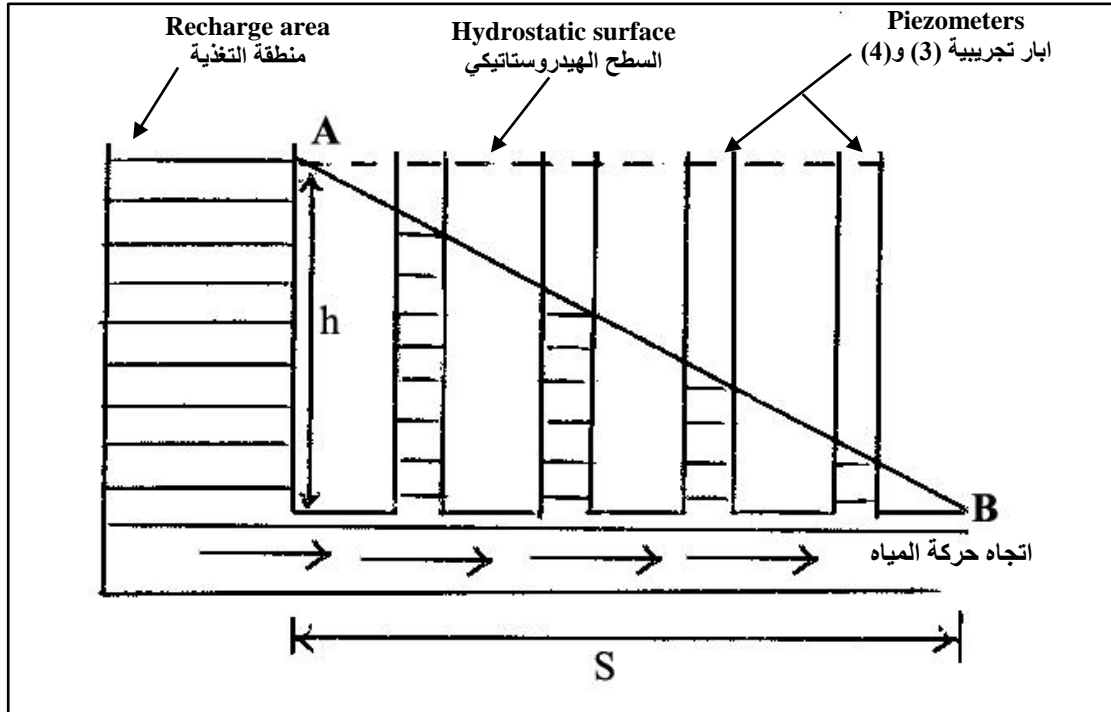
$$n = n_r + n_y$$

في دراسة الخزانات المائية الصخرية فان التركيز يتمحور حول المسامية الفعالة (n_y).

11-2 Darcy's Law قانون دارسي

يتم مراقبة منسوب المياه الجوفية عن طريق حفر مجموعة من الابار التجريبية (Piezometers) كما موضح في الشكل ادناه، ترتبط هذه الابار بمنطقة التجهيز Recharge area عن طريق قاع الخزان المائي المحصور Confined aquifer، فعند

سحب المياه عن طريق الابار التجريبية فان الضغط فيها سيختلف حسب قربها او بعدها من منطقة التغذية Recharge area.



أي ان منسوب المياه الجوفية داخل الابار سيختلف ايضا مكونا ما يعرف بالضغط الهيدروستاتيكي hydrostatic Pressure والذي يمثله الخط (AB) ويكون سطحه مائلا ويتمثل فرق الضغط او الانحدار الهيدروليكي Hydraulic Gradient بميل الخط (AB). نتيجة الانحدار في سطح المياه الجوفية داخل ابار المراقبة فان منسوب المياه الجوفية سينخفض بمسافة شاقوليته مقدارها (h) وعلى طول المسافة الافقية بين الابار والتي تمثلها الكمية (S) لذلك فان سرعة جريان المياه الجوفية يمكن حسابها عن طريق قانون دراسي Darcy's Law الذي يعتبر الاساس في هيدروليك وحركة المياه الجوفية.

$$V_D = K_s \times \left(\frac{h}{S}\right)$$

In which;

V_D is Darcy's velocity

K_s coefficient of permeability (الموصلية الهيدروليكية او معامل النفاذية)

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

وتقاس النفاذية بوحدات (m/sec, m/day) وتعتمد على طبيعة الطبقة الصخرية الحاملة للمياه وخواص المائع. لأجل حساب السرعة الحقيقية لحركة المياه ضمن أي خزان جوفي يجب تقسيم سرعة دارسي (V_D) على المسامية الفعالة للطبقة الصخرية (n_y):

$$V = \frac{V_D}{n_y}$$

In which;

V is the real velocity (سرعة الجريان الحقيقية).

اما مقدار تصريف الخزان الجوفي فيحسب كالآتي:

$$Q = A \times V_D$$

In which;

Q is aquifer discharge measured by [m^3/day]

(تصريف الخزان الجوفي مقاسا بوحدات م³/يوم).

$$Q = A \times K_S \left(\frac{h}{S} \right) = A \times K_S \times i$$

In which;

A is the cross-section area of aquifer (m^2)

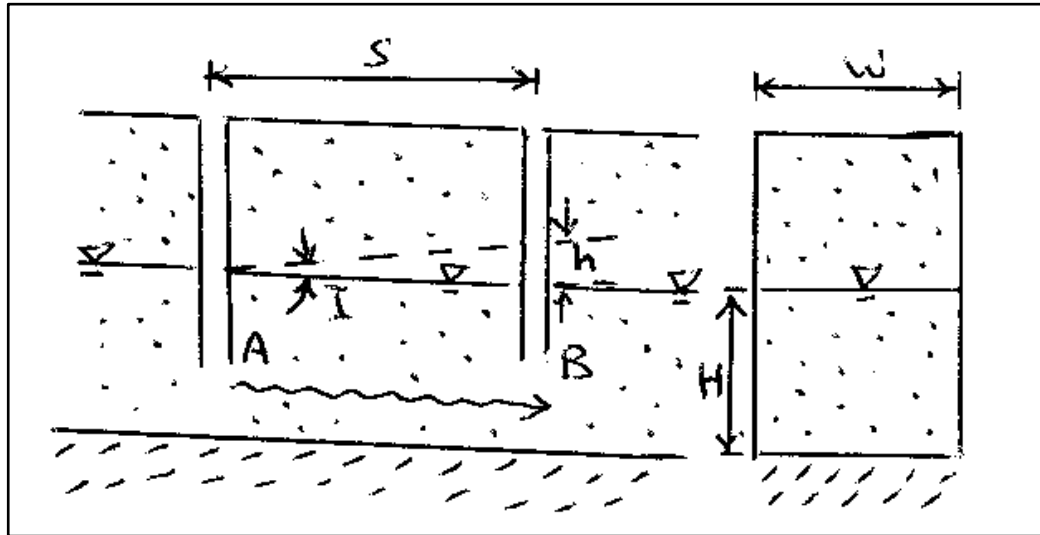
(مساحة مقطع الطبقة الحاملة للمياه بوحدات م²).

$$i = \frac{h}{S}$$

11-3 Groundwater Flow Through Unconfined Aquifer

دراسة حالة الجريان في الطبقات المائية غير المحصورة

الشكل التالي يوضح حركة المياه خلال الطبقات المائية غير المحصورة، حيث يلاحظ ان انحدار سطح الارض بمقدار (I) ويكون سطح المياه الجوفية تقريبا موازيا لسطح الارض أي ان سطح المياه الجوفية سينخفض بمقدار (h) على طول المسافة (S) كما مبين في الشكل، كما يلاحظ ان انحدار الطبقة الصخرية الغير نفاذة الحاملة للخزان المائي او ما تسمى Impervious Layer تكون ذات انحدار الى الاسفل بمقدار (I) ايضاً. لذلك فان سمك الخزان غير المحصور يكون بمقدار ثابت (H).



يمكن حساب الزمن اللازم لحركة المياه من البئر (A) الى البئر (B) عن طريق المعادلة التالية:

$$T = \frac{S}{V}$$

EXAMPLES:

[1] A confined aquifer with cross section per horizontal width of (265 m) and thickness of (42m) below groundwater table which located at (36m) below ground surface, if rate of discharge through this section is (3340 m³/day), and ($n_y = 27.1\%$). Determine:

- 1- Darcy's velocity.
- 2- real velocity of groundwater.

خزان جوفي محصور له مساحة مقطع عرض افقي مقداره (265 متر) وسمك عمودي مقداره (42 متر) تحت منسوب المياه الجوفية الذي يقع على عمق (36 متر) من سطح الارض، بلغ معدل التصريف من هذا المقطع (3340 م³/يوم) وان قيمة المسامية الفعالة (27.1%). المطلوب:

- 1- حساب سرعة دارسي.
- 2- السرعة الحقيقية للمياه في الخزان الجوفي.

SOLUTION:

1- مساحة مقطع الخزان الجوفي (A):

$$A = h \times W = 256 \times 42 = 1.113 \times 10^4 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times V_D$$

$$3340 = 1.113 \times 10^4 \times V_D$$

$$V_D = 3.47 \times 10^{-6} \text{ m/sec.}$$

2- Real velocity (V):

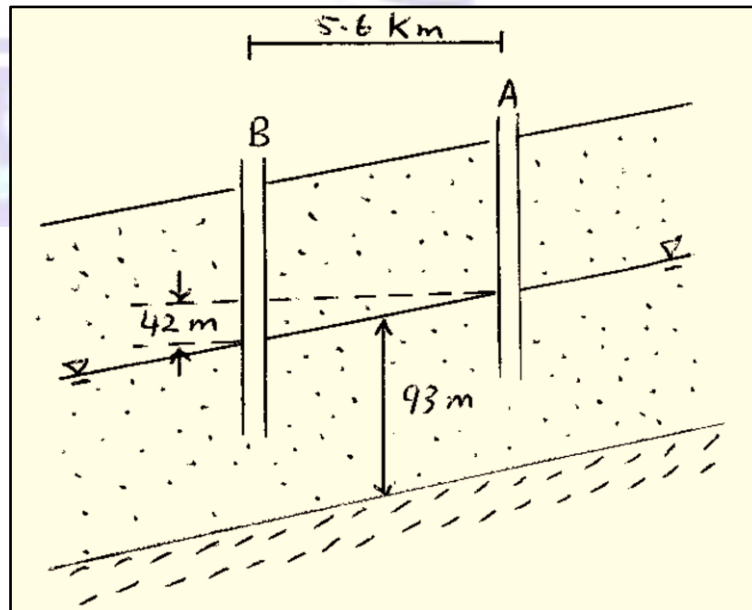
$$V = \frac{V_D}{n_y}$$

$$V = \frac{3.47 \times 10^{-6}}{0.271} = 1.28 \times 10^{-5} \text{ m/sec.}$$

[2] An aquifer with width of (7.1 KM) خزان جوفي بعرض مقداره as shown in figure below, if a dye صبغة was injected حقنت in well (A) في البئر and appeared in well (B) في البئر after 6.4 years وظهرت في البئر بعد فترة 6.4 years, ($n_y=0.35$). **Determine:**

1- Coefficient of Permeability.

2- Discharge of Aquifer.



SOLUTION:

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (10)	Civil Eng. Dept. Sunday, May 15, 2016
-----------------------------------	------------------	--

$$1 - T = \frac{S}{V}$$

$$V = \frac{S}{T} = \frac{5.6 \times 10^3}{6.4 \times 365} = \frac{5600}{2336} = 2.397 \text{ m/day}$$

$$V = \frac{V_D}{n_y}$$

$$2.397 = \frac{V_D}{0.35}$$

$$V_D = 2.397 \times 0.35 = 0.83895 \text{ m/day}$$

$$V_D = K_S \times \left(\frac{h}{S}\right)$$

$$0.83895 = K_S \times \left(\frac{42}{5600}\right)$$

$$K_S = 111.86 \text{ m/day.}$$

2-

$$Q = A \times V_D$$

$$Q = (W \cdot h) \times V_D$$

$$Q = (7100 \times 93) \times 0.83895 = 553958.685 \text{ m}^3/\text{day.}$$

