

جيولوجية المياه تحت السطحية

Subsurface Water Geology

ينصد بالمياه تحت السطحية المياه الموجودة تحت سطح الارض كافة بصورها المختلفة . ونظراً لندرة المياه السطحية في بعض المناطق والمدن . لذا تتطلب تموينها بالمياه تحت السطحية سواءً لاغراض الزراعة او الصناعة او الاستهلاكات المدنية الاخرى . ومن ناحية اخرى تجابه المهندس المدني بسبب المياه الجوفية مشاكل عديدة وخصوصاً في عملية بناء المنشآت الكبيرة كالسدود والخزانات والانفاق او اثناء حفر اساسات المباني . وهذه الانساب تصبح من الضروري دراسة هذه المياه تحت السطحية جيولوجياً وهندسياً كما لها فوائد واضرار على كافة المستويات الحقلية والتطبيقية .

وقبل البدء بدراسة المياه تحت السطحية تفصيلاً لابد من مراجعة بعض المصطلحات المتعلقة بها وهي :

١ - الفراغات : (Voids)

وتعني الفتحات المتواجدة في الصخور او الترب والتي لاتشغل بالمواد الصلبة . وقد تكون هذه الفجوات ممتلئة بالهواء او الماء او اية موائع اخرى . وتختلف هذه الفجوات في شكلها وحجمها وطريقة ترتيبها . وطبقاً الى اصلها يمكن تقسيمها

الى فراغات اولية او فراغات ثانوية . فالفراغات الاولية هي تلك الفجوات التي نشأت اثناء تكوين الصخور . اما الفراغات الثانوية وتعني تلك الفتحات التي نشأت بعد تكوين الصخور . اما الفراغات الاولية فتقسم الى قسمين ايضاً تلك الفتحات ذات الاصل الثانوية الى عدة اصناف تشمل الشقوق والفواصل وفتحات ناشئة عن الازابة ، او فتحات ناشئة بفعل الاحياء او التعرية الميكانيكية او اعادة التبلور . ويمكن تقسيم الفراغات ايضاً تبعاً الى حجمها الى فتحات كبيرة او فتحات الخاصة الشعرية . وتقسم ايضاً تبعاً للعلاقة بعضها ببعض الاخر الى فراغات متصلة فيما بينها وفراغات معزولة .

٢- المسامية : (Porosity)

وهي نسبة حجم الفراغات في عينة من الصخر او التربة الى حجمها الكلي . واذا افترضنا بان الوزن النوعي للماء واحد . يمكن تمثيل هذه المسامية لعينة من الصخر او التربة على الوجه التالي :

$$\text{المسامية} = \frac{\text{وزن الماء اللازم لتشبع العينة وهي جافة}}{\text{الحجم الكلي للعينة}} \times 100$$

أو

المسامية = (الوزن النوعي للعينة وهي جافة - الوزن النوعي وهي مشبعة) $\times 100$
 اما المسامية المؤثرة فتعني نسبة حجم الماء الذي ينضح تحت ظروف هيدروليكية معينة الى الحجم الكلي للصخرة او التربة .

٣- النفاذية : (Permeability)

تقسم الصخور بالنسبة لنفاذيتها للماء الى صخور منفذة وصخور غير منفذة وتعرف الصخور بالمنفذة لانها تمتلك نسيجاً يسمح بحركة المياه خلالها تحت

تأثير الضغط الناشيء في هذه المياه تحت السطحية وعادة تحتوي هذه الصخور على فراغات ذات احجام واسعة ومتصلة فيما بينها . واما الصخور غير المنفذة فهي تلك الصخور التي تحتوي على نسيج لا يسمح بمرور المياه من خلاله .

٤- الطبقة الصخرية الحاملة للمياه : (Aquifer)

وهي عبارة عن تكوين صخري او مجموعة من التكوينات الصخرية ، او جزء من تكوين صخري معين حامل للمياه تحت السطحية ولها القابلية على تخزينه وانفاذه فيما بعد .

٥- المستوى المائي : Ground water table

وهي عبارة عن السطح العلوي لمنطقة التشبع ، الذي عنده يتساوى الضغط الجوي مع الضغط المائي ونادراً ما يكون هذا السطح مستوياً .

٦- خط كتور المستوى المائي : (Ground Water table Contour)

وهو عبارة عن خط وهمي للمستوى المائي الذي عنده جميع النقاط تمتلك نفس المنسوب . وان هذا المنسوب يعبر عنه عادة بالامتار فوق او تحت مستوى سطح البحر .

٧- انحدار المستوى المائي : (Water table Gradient)

يعرف انحدار المستوى المائي عند مكان معين وفي اتجاه معين بمعدل التغير في المنسوب لكل وحدة مساحة في المستوى المائي في ذلك المكان والاتجاه .

٨- قاسم المستوى المائي : (Ground water divide)

وهو ذلك الخط على المستوى المائي الذي يقسمه في كل جانب بحيث يميل نحر الاسفل وباتجاه من خارج هذا الخط الراسي الوهمي .

٩- منطقة التغذية بالمياه : (Catchment Area)

وتشمل جميع المناطق التي تغذي الطبقات الصخرية بالمياه عن طريق انفاذ هذه المياه من سطح الأرض والتي تتظافر فيما بينها لكب تنقل وتنفذ هذه المياه السطحية إلى الطبقات الصخرية لكي تتحول فيما بعد إلى مياه تحت سطحية.

١٠- الماء الممتص : (Absorbed Water)

يعني تلك المياه المشربة إلى الأرض والناشئة من انسياب مياه الأنهار ومياه الأمطار بالدرجة الأولى.

مسام المياه تحت السطحية

تقسم المياه تحت السطحية حسب بعدها أو قربها من سطح الأرض إلى

مائي :

١- منطقة التهوية : (Aeration Zone)

وهي تلك المنطقة التي تكون فيها الفجوات بين الصخور أو الترب المنفذة غير ممتلئة بالماء تحت الضغط الهيدروستاتيكي أو قد تكون ممتلئة بمياه الخاصية الشعرية والهواء.

٢- منطقة التشبع : (Saturation Zone)

وهي تلك المنطقة التي عندها تكون الصخور المنفذة مشبعة بالماء وواقعة تحت الضغط الهيدروستاتيكي . وجميع الفجوات ممتلئة بالماء . ويفصل بينها وبين مياه الخاصية الشعرية المستوى المائي .

٣- منطقة المياه العميقة : Deep Wate Zone

وهي تلك المياه الحارة الناشئة بفعل الصهير او المياه الاولى الناتجة من اتحاد الهيدروجين بالاكسجين اثناء العمليات الكيميائية المرافقة للانجره والغازات المتواجدة مع بقية المصهورات المعدنية في الصهير .

اصل ومصادر المياه تحت السطحية

تقسم المياه الجوفية حسب اصلها ومصدرها الى مايلي :

اولاً : المياه الموجودة في الفراغات بين الصخور او الترب والتي يكون مصدرها المياه الجوفية كالامطار والثلوج .

١- المياه المتشربة : Water of Infiltration

- (أ) مياه الرشع بواسطة الخاصية الشعرية
- (ب) انسياب مياه الانهار في قنوات داخلية
- (ج) مياه ممتصة بواسطة الخاصية الشعرية

٢- المياه المقرونة او مياه الترسيب (Connate Water)

- (أ) مياه محصورة في المسامات اشتقت من مياه المحيطات اثناء عملية الترسيب .
- (ب) مياه محصورة في المسامات اشتقت من مياه اليابسة اثناء عملية الترسيب .
- (ج) مياه التآين الناشئة بفعل التغيرات الكيميائية

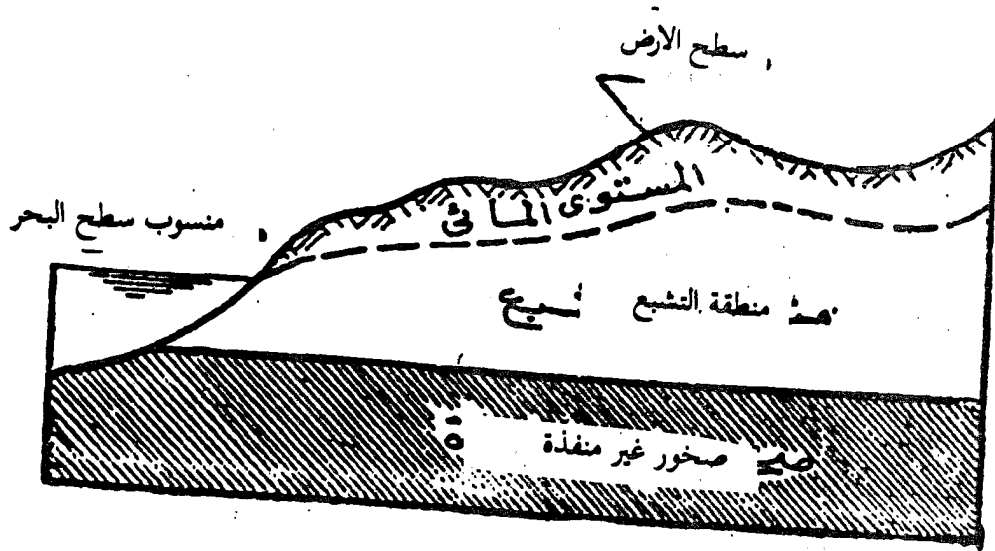
ثانياً : المياه الداخلية --- العميقة (Juvenile Water)

- (أ) مياه اولية ناتجة من اتحاد الهيدروجين بالاكسجين

(ب) المياه الناتجة عن التفاعلات الكيميائية
(ج) مياه الصهاري (magmatic Water)

التراكيب الجيولوجية التي تفرض على المستوى المائي أوضاعاً معينة

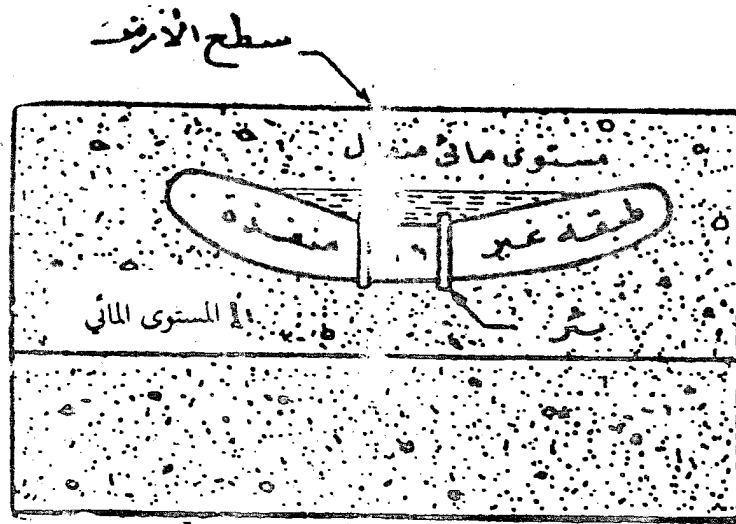
١- وجود طبقة منفذة فوق طبقة أفقية غير منفذة وهنا تحتجز المياه فوق الطبقة غير المنفذة ويتخذ المستوى المائي شكلاً يتبع الطبوغرافية. ويكون هذا المستوى المائي عرضه للارتفاع أو الانخفاض حسب المواسم المناخية. كما هو مبين في الشكل (1-6) أدناه



شكل (1-6)

يوضح وضع المستوى المائي في حالة وجود طبقة سفلى أفقية غير منفذة

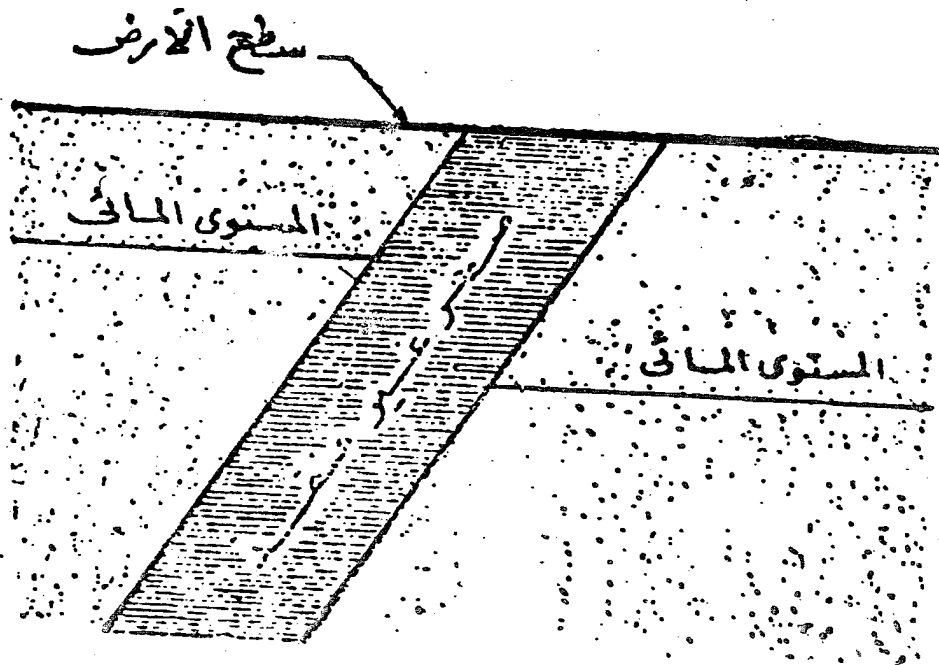
٢- وجود طبقة منفذة تتخللها طبقات غير منفذة حيث يكون لكل طبقة غير منفذة مستوى مائي معزول خاص بها وأعماقها مختلفة. كما هو مبين في الشكل (2-6). وهذه المياه المعزولة تؤثر على الزراعة أو الصحة العامة.



شكل (2-6)

يوضح المستويات المائية المعزولة

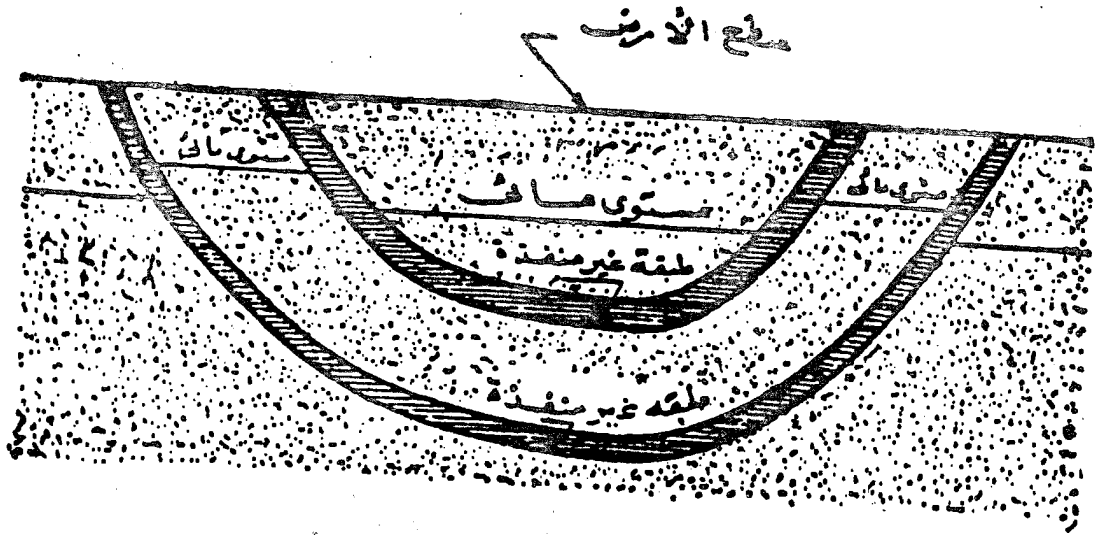
٣- وجود طبقة مائلة من صخور غير منفذة حيث تقوم الطبقة المائلة غير المنفذة على فصل الماء على جانبيها. لذا يكون المستوى المائي على منسولين مختلفين في كل جانب منها. كما هو مبين في الشكل (3-6)



شكل (3-6)

يوضح حالة المستوى المائي على منسولين مختلفين عند وجود طبقة مائلة غير منفذة

٤- وجود تركيب حوضي وفي هذه الحالة يتكون مستوى مائي على الجانبين بين الطبقات غير المنفذة. والمستويات المائية المعزولة غير مرتبطة بالمستوى المائي العام. وهي الاخرى تتأثر بالمواسم المناخية كما هو مبين في الشكل (4-6) ادناه



شكل (4-6)
يوضح حالة المستوى المائي للتركيب الحوضي

العوامل الطبيعية والصناعية التي تغير وضع المستوى المائي

١- تأثير الامطار على المستوى المائي

يرتفع المستوى المائي باتجاه سطح الارض في مواسم الامطار وينخفض عند الجفاف، وحسب قابلية الصخور للانفاذ.

٢- تأثير الفيضان

في حالة اتصال مياح الانهار بالمياح الجوفية نجد بان منسوب المستوى المائي يرتفع ويصبح النهر مصدراً للمياح الجوفية. وفي حالة انخفاض منسوب المياح في النهر

فإن المستوى المائي ينحدر باتجاه النهر . حيث تصب المياه الأرضية في النهر . ولكن ذلك لا يحدث إلا بعد مرور فترة معينة من حدوث الفيضان أو في مواسم الفيضانات . ويعتمد أيضاً على قابلية الصخور للانفاذ والميل الهيدروليكي للمياه الجوفية .

٣- ارتفاع الحرارة والضغط الجوي

ينحصر تأثير الحرارة على ارتفاع مياه الخاصية الشعرية . حيث عند زيادة درجة الحرارة يقل فعل قوة التوتر السطحي ، وينتج عن ذلك انخفاض مياه الخاصية الشعرية . وعندما تنخفض درجة الحرارة يحدث العكس . وأما فيما يخص الضغط الجوي فيتمثل في الفرق بينه وبين الضغط المائي . فبطراً اختلاف في التوازن بينهما مما قد يغير وضع المستوى المائي .

٤- إقامة السدود

ويتوقف تأثيره على الفرق بين منسوب الماء امام السد ومنسوب المستوى المائي في المنطقة . ففي حالة ارتفاع منسوب المياه امام السد عن المستوى المائي تتسرب المياه منه الى باطن الأرض . ويحدث العكس في حالة منسوب المياه في السد اقل من منسوب المستوى المائي في المنطقة . ويتوقف أيضاً على قابلية الانفاذ للصخور والميل الهيدروليكي .

٥- ضخ المياه من باطن الأرض

نتيجة لسحب المياه من باطن الأرض بواسطة الابار نجدها تتسبب في انخفاض المستوى المائي في المنطقة بجوار الابار . ولكنها تعتمد على كمية الامطار الساقطة وامكانية تغذية الابار بالمياه مرة اخرى .

٦- تأثير اعمال الحفر والحفريات

عند القيام باعمال الحفريات في منطقة ما الى اعماق معينة فانها تسبب

في خفض منسوب المستوى المائي في المناطق المجاورة للحفر وذلك بسبب تسرب المياه من هذه المواقع الى اماكن الحفر .

اتصال المياه العذبة والمياه المالحة في المناطق الساحلية

في المناطق الساحلية توجد علاقة بين المياه العذبة والمياه المالحة لها اهميتها من الناحية التطبيقية . لقد لوحظ بان الابار المحفورة في الرواسب القريبة من الخطوط الساحلية ينتج عنها مياه عذبة ولاعماق كبيرة تحت منسوب سطح البحر . ولايجاد العلاقة بين منسوب المستوى المائي والعمق التي يمكن ان تمتد اليه هذه المياه العذبة تحت سطح البحر . وبما ان المياه العذبة تطفو فوق المياه المالحة نتيجة للفروقات الحاصلة بين كثافة ماء البحر وكثافة المياه العذبة . وبما ان عمود الماء العذب يعادل بواسطة عمود الماء المالح . كما هو مبين في الشكل (5-6) ، نجد بان ارتفاع عمود الماء المالح ، ويعادل عمود المياه الجوفية العذبة (ع+هـ) . ولذا تصبح العلاقة كالاتي :

$$\text{هـ} = \text{مقدار خفض المستوى المائي ، و } \text{ث} = \text{كثافة ماء البحر}$$

$$\text{ث} \times \text{ع} = (\text{ع} + \text{هـ}) \times \text{كثافة الماء العذب}$$

$$\text{اي } \text{ث} \times \text{ع} = (\text{ع} + \text{هـ}) \times 1$$

$$\text{ث} \times \text{ع} - \text{ع} = \text{هـ}$$

$$\text{ع} (\text{ث} - 1) = \text{هـ}$$

$$\text{ع} = \frac{\text{هـ}}{(\text{ث} - 1)}$$

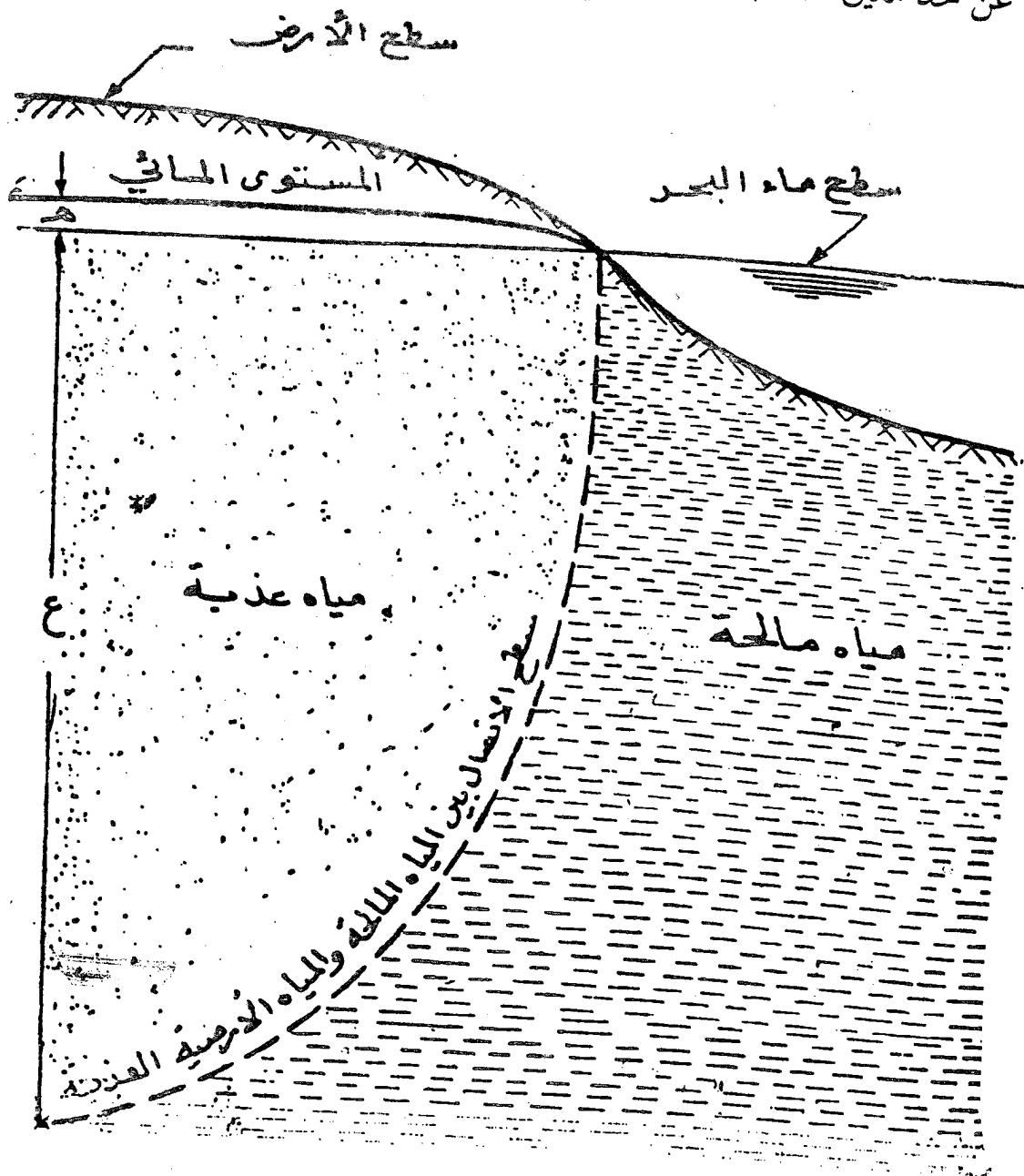
ولو افترضنا بان كثافة ماء البحر = 1.025

$$\text{فان } \text{ع} = \frac{\text{هـ}}{(1 - 1.025)}$$

$$\text{هـ} = 1.025$$

$$\text{ع} = 40 \text{ هـ}$$

وهذا يعني عند خفض المستوى المائي مثلاً بمقدار ١٠ سنتيمترات سيؤدي الى ارتفاع المياه المالحة الى ٤ امتار. ولذلك يجب الانتباه في حالة ضخ المياه او حفر الابار في المناطق الساحلية بحيث لايزيد معدل الضخ عن القدر الذي ينتج عنه انخفاض كبير في المستوى المائي. والا سوف تختلط المياه المالحة بالعدبة اذا زاد انخفاض المستوى المائي عن حد معين حسب العلاقة التي تم شرحها.



شكل (5-6)

يوضح كيفية اتصال المياه تحت السطحية العذبة والمياه المالحة في المناطق الساحلية
(للمؤلف: عبيد)

حركة المياه تحت السطحية

من المعروف، بأن جريان الموائع اما ان يكون هادئاً وطبقياً او ان يكون عاصفاً ومضطرباً. حيث في حالة الجريان الهاديء يكون مستقيماً ومنتظماً، اما في الجريان العاصف فيكون غير منتظم ومصحوب بالتيارات الصاعدة والتيارات الهابطة. ويحدث الجريان الطبقي عندما تكون حركة المياه واطئة جداً كما هي في حالة المياه تحت السطحية، وهنا يعرف جريان المياه بالرشح. وقد وجد بأن سرعة الرشح تناسب تناسباً طردياً مع الانحدار الهيدروليكي وعكسياً مع النفاذية. ولكي نتفهم هذه الحركة بصورة جيدة يستوجب منا التعرف على المصطلحات التالية:

١- الضغط الهيدروستاتيكي (السكوني) (Hydrostatic Pressure)

ويعني الضغط المسلط بوساطة الماء على نقطة معينة. وبالنسبة للمياه الحوفية عادة ينتج عن وزن الماء الواقع عند مستويات اعلى في نفس منطقة التشبع.

٢- علو الضغط المائي للطبقة الصخرية الحاملة للمياه (Pressure Head)

هو الضغط الهيدروستاتيكي المعبر عنه بارتفاع عمود من الماء الذي يمكن اسناده بواسطة الضغط في تلك النقطة، فعلى سبيل المثال الضغط اللازم لرفع الماء في بئر محكم الى مستوى معين فوق السطح.

٣- المستوى الهيدروستاتيكي للطبقة الحاملة للمياه (Hydrostatic Level)

هو المستوى الذي يمر خلال قمة عمود من الماء الذي يمكن اسناده بواسطة الضغط الهيدروستاتيكي للماء في نقطة معينة فعلى سبيل المثال عدة امتار فوق او تحت سطح الارض، او مستوى سطح البحر.