البزل Drainage

يقصـد بكلمة البزل أو الصـرف drainage عموماً التخلص من المياه الزائدة الموجودة في التربة بوسائل مختلفة لجعلها صالحة لاستعمالات عديدة سواء كانت زراعية أو غير زراعية. أما البزل الزراعي فهو الإزالة الطبيعية أو الاصـطناعية للماء الزائد سـواء كان فوق أو تحت سـطح التربة لتوفير الظروف الملائمة من تهوية ورطوبة لنمو جذور النباتات بالإضافة للأحياء الدقيقة.

ولغرض البدء بتصـميم أي مشـروع بزل لابد من اجراء بعض التحريات الحقلية لجمع المعلومات والبيانات اللازمة لتنفيذ المشروع، ويمكن تقسيم هذه التحريات الى مرحلتين:

- التحريات الاستكشافية Reconnaissance investigation.
- التحريات التصميمية (التفصيلية) Design investigation.

❖ التحريات الاستكشافية Reconnaissance investigation

هي الخطوة الأولى من التحريات للمشروع المراد تنفيذه ويعد الهدف الرئيسي من هذه المرحلة هو تخمين إمكانية تنفيذ المشـروع من الناحية الاقتصـادية والعملية، وفي حالة توفر المعلومات عن المنطقة المراد تنفيذ المشـروع فيها فإن العمل الحقلي (جمع العينات) يكون قليلا جدا. وتشـتمل هذه المرحلة على العديد من المعلومات وهي:

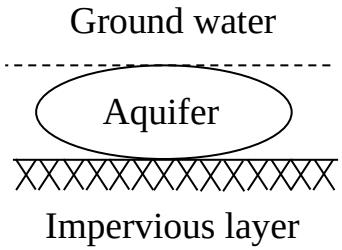
1. التضاريس الأرضية (الطوبوغرافية) Topography.

يمكن التعرف على طوبوغرافية المنطقة من خلال دراسـة الخرائط الكنتورية المتوفرة عن المنطقة المراد دراستها والتي تكون ذات مقياس رسم يتراوح بين 1 : 100.000 إلى 1 : 250.000 بالإضافة إلى اسـتخدام الصـور الجوية في حال توفرها، ويمكن اسـتخدام الصـور الجوية المأخوذة للمنطقة على فترات زمنية مختلفة ومقارنتها مع بعضـها لملاحظة مدى تدهور الغطاء النباتي وتأثير مشـكلة البزل عليه. كما يجب تحديد منفذ التصـريف Outlet الخاص بالمياه الزائدة ونوعه فيما إذا كان طبيعياً (يعتمد على الجاذبية الارضية) أو صناعياً (باستخدام المضخات).

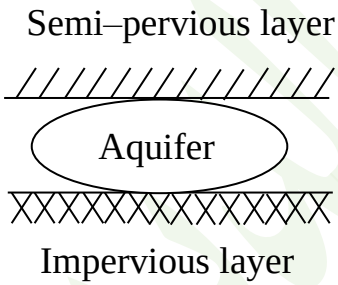
2. جيولوجية المنطقة Geology of the region.

يتم في هذه المرحلة التعرف على جيولوجية المنطقة وتحديد عمق الطبقة الصماء وانحدارها بالإضافة إلى هيدرولوجية الطبقات الحاملة للماء. ويقصد بالطبقة الحاملة للماء Aquifer هي الطبقة الأرضية المشبعة بالماء، وهناك ثلاث أنواع للطبقات الحاملة للماء:

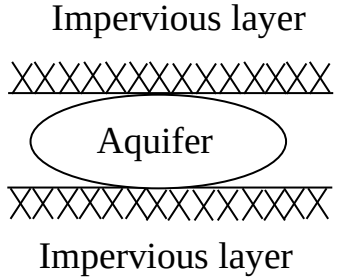
أ. الطبقة الحاملة للماء غير المحصورة Unconfined aquifer: وهي طبقة مشبعة بالماء وذات ايصالية مائية عالية تقع تحتها طبقة غير منفذة للماء Impervious layer (ذات ايصالية مائية منخفضة) ويحدها من الأعلى الماء الجوفي.



ب. الطبقة الحاملة للماء شبه المحصورة Semi–confined aquifer: ويطلق عليها أحياناً بالطبقة الناضحة Leaky aquifer، وهي طبقة مشبعة بالماء وذات ايصالية مائية عالية تحدها من الأعلى طبقة شبه نفاذة Semi–pervious layer ومن الأسفل طبقة غير منفذة للماء.



جـ. الطبقة الحاملة للماء المحصورة Confined aquifer: وهي طبقة مشبعة بالماء وذات ايصالية مائية عالية تقع بين طبقتين غير منفذتين للماء (ايصاليتهما المائية منخفضة) وتقع هذه الطبقة تحت ضغط عالي وتسمى الآبار التي تخترق هذه الطبقة بالآبار الارتوازية.



3. التربة وطبيعة استغلال الأرض Soil and land use.

يتم جمع المعلومات الخاصـــة بنوع التربة (النســـجة، معدل الغيض، قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء ... الخ) ولحد عمق 1.2 م مع التركيز على العمق (0–30) ســـم بالإضـــافة إلى دراســـة طبيعة استغلال الأرض وأنواع المحاصيل المراد زراعتها وتحديد بدائل هذه المحاصيل.

4. حالة البزل السطحي Surface drainage.

لغرض التخلص من المياه الســـطحية الزائدة يجب معرفة مصـــادر هذه المياه والتي إما أن تكون مياه أمطار وفيضـــانات أو ناتجة عن الجريان الســـطحي من المناطق المجاورة أو قد تكون نتيجة الافراط في اســـتخدام مياه الري. ويتم في هذه المرحلة تحديد طريقة التخلص من المياه الزائدة إما طبيعياً أو باستخدام المضخات.

5. حالة البزل تحت السطحي Sub-Surface drainage.

تعتبر المياه الجوفية العامل المحدد لحالة البزل تحت الســـطحي حيث يجب التحري عن مناســـيب هذه المياه وتغيراتها خلال الســـنة ومصـــادر تغذية هذه المياه والاتجاه العام لحركتها بالإضـــافة إلى درجة ملوحتها. ويمكن إجراء المسوحات السابقة الذكر باستخدام:

أ. الآبار الضحلة والعميقة المحفورة في المنطقة.

ب. آبار الرصد Observation wells.

ج. المضاغيط Piezometers.

إن التحريات الاستكشافية يجب أن تعطي صورة واضحة عن ما يأتي:

① سعة المنطقة المشمولة بالمشروع.

② وجود أو عدم وجود مشكلة الملوحة.

③ مدى حاجة المنطقة للبزل ونوعه.

④ تحديد جيولوجية المنطقة ونوع الطبقات الحاملة للمياه بالإضافة إلى طوبوغرافية هذه المنطقة.

⑤ تحديد منسوب الماء الجوفي ومدى تذبذب حركة المياه واتجاهها.

⑥ تحديد القابلية الإنتاجية للمنطقة بعد بزلها.

⑦ تحديد طريقة الري المستخدمة.

⑧ طبيعة استغلال المنطقة من الناحية الزراعية بالإضافة إلى تحديد البدائل.

⑨ تخمين الجدوى الاقتصادية للمشروع.

❖ **التحريات التصميمية Design investigation**

في هذه المرحلة يتم جمع المعلومات بدرجة أكثر تفصيلا وغالباً ما يطلق عليها بالمسح التفصيلي Detailed survey وتشمل هذه المرحلة الدراسات التالية:

1. **التضاريس الأرضية (الطوبوغرافية) Topography.**

يتم في هذه المرحلة رسم الخرائط الكنتورية بمقاييس رسم متعددة، وتعتمد الفترة الكنتورية (المسافة بين خط كنتوري وآخر) على درجة استواء الارض بالإضافة لنوع المبزل (رئيسي أو مجمع أو حقلي).

2. **التصريف Discharge.**

يتم تحديد كميات المياه الزائدة والواجب التخلص منها خلال وحدة الزمن، وهناك العديد من العوامل المؤثرة على هذه العملية منها نسجة التربة بالإضافة إلى متطلبات الزراعة، فمثلاً الترب الطينية تكون ذات معدل غيض ورشح عميق أقل من الترب الرملية. كذلك يعتمد العمق الحرج أو المسموح به للماء الجوفي على نوع النبات والوقت من السنة بالإضافة إلى ملوحة الماء الجوفي.

3. **تحريات البزل الحقلي Field drainage investigation.**

وتشمل هذه المرحلة:

أ. مسح التربة: تتضمن هذه العملية وصف مقدات التربة وسطح الارض واجراء الفحوصات التالية:

① التحاليل الفيزيائية للتربة (النسجة، التركيب، منحنى الشد الرطوبي، الايصالية المائية، الكثافة الظاهرية، المسامية ... الخ).

② التحاليل الكيميائية (درجة تفاعل التربة، الملوحة، نسبة الكاربونات، نسبة الجبس ... الخ).

ب. المسوحات الهيدرولوجية: والتي تشمل دراسة معدل الغيض والغيض التجميعي وقياس الايصالية المائية لآفاق التربة بالإضافة إلى اجراء فحص الغسل Leaching test.

إن نتائج التحريات التصميمية يجب أن تعطي صورة واضحة عما يأتي:

1) تحديد مساحة المشروع تحديداً دقيقاً وتحديد خارطة للمنطقة.

2) نسجة التربة وملوحتها لحد عمق 4–5 م.

3) وجود وعمق الطبقة الصماء، والمقصود بالطبقة الصماء هي الطبقة التي تكون ايصاليتها المائية 10% أو أقل من الطبقات المجاورة لها.

4) وجود وعمق وسمك الطبقات الصلبة لعمق 4–5 م.

5) وجود وعمق وسمك الطبقات ذات الايصالية المائية العالية مثل الطبقات الرملية والحصوية.

6) الايصالية المائية لمقد التربة.

7) عمق الماء الجوفي وتذبذبه واتجاه حركة المياه.

8) التركيب الكيمائي للماء الجوفي.

9) بيان مدى وجود مشكلة الملوحة.

10) تحديد العمق والبعد بين المبازل الحقلية.

11) تحديد طبيعة المواد المستخدمة في المبازل الحقلية ونوع مواد الترشيح.

12) تحديد الحاجة أو عدمها لاستخدام المضخات للتخلص من المياه الزائدة.

تحريات الماء الجوفي Ground water investigation.

يعتبر الماء الجوفي أحد أهم محددات مشكلة البزل في أي منطقة، ويجب دراسة العوامل المؤثرة عليه سواءً كانت سلبية (العوامل المساعدة على رفع منسوبه) أم إيجابية (العوامل المساعدة على خفض منسوبه). وتتخلص الأهداف الرئيسية لإجراء تحريات الماء الجوفي بما يلي:

1. تحديد حجم مشكلة البزل ودرجتها وطبيعتها.
2. تحليل معادلة موازنة الماء الجوفي وتحديد العوامل التي تؤثر على هذه الموازنة:

التغير في الخزين = الجريان الداخل – الجريان الخارج

3. تحديد التركيز الكيميائي للماء الجوفي.

وتشمل تحريات الماء الجوفي ما يأتي:

1. الدراسات التحضيرية.

يمكن إجمال الدراسات التحضيرية بما يلي:

① الحصول على خارطة طوبوغرافية للمنطقة تبين فيها الخطوط الكنتورية كما يفضل جمع الصور الجوية للمنطقة.

② الحصول على خارطة جيولوجية للمنطقة لتحديد الطبقات الأرضية الحاملة للماء.

③ جمع المعلومات عن مصادر وكميات المياه السطحية للمنطقة.

④ جمع المعلومات عن التركيب الكيميائي للمياه السطحية والجوفية.

⑤ التحري عن جميع الآبار العميقة والضحلة الموجودة في المنطقة.

2. مسح منسوب الماء الجوفي.

سطح الماء الأرضي water table هو الحد العلوي أو السطحي للتربة الغدقة water logged soil التي تكون في حالة تشبع كلي بالماء الأرضي. إن السطح العلوي للماء الأرضي قد يكون في بعض الأحيان مرتفع حتى سطح الأرض كما في حالة الأراضي المجاورة لقنوات الري الكبرى والمتضررة بالرشح. إن قياس أو رصد مناسيب الماء الأرضي يتم عن طريق الوسائل التالية:

1) الآبار الضحلة والعميقة المحفورة في المنطقة.

2) آبار الرصد Observation wells.

وهي حفر اسطوانية الشكل يتم حفرها بواسطة الأوكر، وتكون بقطر عشرة سنتيميترات تقريباً، وللحفاظ على ديمومة هذه الأنابيب يتم تثبيت أنبوب ذو جدران مثقبة يعمل على تبطين الحفرة الداخلية ثم ملئ المسافة بين جدران الحفرة والأنبوب بكمية من الحصى لمنع دخول دقائق التربة من الدخول إلى داخل الأنبوب.

3) المضغاط Piezometer.

عبارة عن أنبوب مفتوح الطرفين بقطر (2–5) سم يثبت داخل الأرض لغرض قياس ضغط الماء أو الضغط الهيدروليكي (ارتفاع الماء في هذا الأنبوب)، وتثبت البيزوميترات عادة إما بشكل مجموعة الواحد بجانب الآخر وبأعماق مختلفة للتحري عن وجود حركة عمودية في المياه الجوفية بين الطبقات الأرضية. أو تثبت بشكل منفرد وبمسافة معينة بين الواحد والآخر على أن يكونا بنفس العمق وذلك للتحري عن اتجاه جريان أو رشح المياه الجوفية، ويفضل أن تحاط العشر سنتميترات السفلى من الأنبوب بقطعة من قماش خاص وتحاط بطبقة من الحصى الناعم لضمان عدم انسدادها بالطين. يفضل أن ينتهي

القسم العلوي من البيزوميتر ببناء من الكونكريت الاعتيادي ولغاية سطح الأرض لضمان عدم تسرب المياه المباشرة من سطح الأرض والحفاظ عليه.

وهناك العديد من الأجهزة المصممة لقياس ارتفاع الماء في المضغاط منها الذي يعتمد على الصوت ومنها على الإشارة الكهربائية وأبسطها الذي يعتمد على الطوافة والمؤشر.

4) المياه السطحية.

إن مسح المياه الجوفية يبقى ناقصاً إذا لم يتم قياس مناسيب المياه السطحية الموجودة في المنطقة والمؤثرة على الماء الأرضي. ومياه الجداول والأنهار إما أن تتصل بالماء الأرضي بشكل تكون متغذية منه ويكون تأثيرها بهذه الحالة كتأثير المبزل. وإما أن تكون مياه الجداول أو الأنهار تغذي الماء الأرضي بطريقة الرشح وبهذه الحالة يكون تأثيرها كقناة مغذية. وفي حالة اتصال مياه النهر بشكل مباشر مع الماء الأرضي فإن منسوب المياه في الأنهار يكون مساوياً لمنسوب الماء الأرضي في تلك المنطقة.

(مصدر لفقد المياه الجوفية) (مصدر لتغذية المياه الجوفية)

3. نوعية المياه.

يعتبر تحديد نوعية مياه البزل من الأمور المهمة التي يجب معرفتها من مسوحات الماء الجوفي وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. حيث يتم قياس كمية الأملاح الذائبة في الماء والتي يمكن أن يعبر عنها بالتوصيل الكهربائي EC ، إضافة إلى تقدير نسبة الصوديوم الممتز SAR وبالاعتماد على هاتين الصفتين يمكن تصنيف مدى خطورة مياه البزل.

مقياس الرسم

هو النسبة بين المسافة التي تفصل بين نقطتين على الخريطة إلى المسافة بين هاتين النقطتين على الأرض.

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{البعد على الخارطة}}{\text{البعد على الأرض}}$$

يكون مقياس الرسم أكبر كلما كانت المساحة المطلوب رسمها على الخارطة صغيرة وحسب أهمية الخارطة وحجم التفاصيل المطلوب إبرازها والعكس صحيح. ويكبر مقياس الرسم عندما يقل مقدار ما تمثله وحدة القياس الواحدة على الخارطة من المسافة على الأرض. فالمقياس $\frac{1}{100}$ أكبر من المقياس $\frac{1}{1000}$ وهذا أكبر من $\frac{1}{5000}$ وهكذا. ويحدد مقدار مقياس الرسم عادةً قبل البدء برسم الخارطة، وتنقسم مقاييس الرسم إلى الأنواع التالية:

1. المقاييس العددية: وتنقسم إلى:

أ. مقياس الكسر الممثل أو الكسر البياني:

وهو أكثر مقاييس الرسم شيوعاً، وهو عبارة عن نسبة طول وحدة واحدة على الخارطة إلى طول نفس الوحدة على الأرض مثل $\frac{1}{1000}$.

مثال (1): رسمت خريطة بمقياس رسم 1 : 200000 ، وكانت المسافة بين نقطتين على هذه الخريطة 3.6 سم ، جد المسافة الحقيقية بين النقطتين بالكيلومترات؟

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{المسافة على الخارطة}}{\text{المسافة على الأرض}}$$

$$\frac{1}{200000} = \frac{3.6}{\text{المسافة على الأرض}} \Longleftarrow \text{المسافة على الأرض} = 720000 \text{ سم}$$

$$\frac{720000 \text{ سم}}{100 \times 1000} \Longleftarrow \text{المسافة الحقيقية} = 7.2 \text{ كم}$$

مثال (2): المسـافة بين بلدين 35 كم ، فإذا كانت المسـافة بين البلدين على الخريطة 5 سـم. جد مقياس الرسم الذي رسمت به هذه الخريطة؟

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{المسافة على الخارطة}}{\text{المسافة على الأرض}}$$

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{5 \text{ سم}}{35 \text{ كم} \times 1000 \times 100} = \frac{1}{700000}$$

مقياس الرسم = 1 : 700000

ب. المقياس الكتابي (مقياس الكلمات):

يرتبط اسـتعمال هذا المقياس بواحد من نظامي القياس ولا يرتبط بالنظامين في آن واحد إلا بعد إجراء عملية تحويل القياسات من النظام الانكليزي إلى المتري أو العكس ويعبر عنه مثلاً 1سم : 10م أو 1إنج : 1ميل.

2. المقاييس التخطيطية:

تثبت هذه المقاييس بالاعتماد أسـاسـاً على المقاييس العددية من أجل معرفة البعد الحقيقي لأي مسافة على الخارطة مباشرة. وتنقسم هذه المقاييس إلى أربعة أنواع:

أ. **المقياس الخطي:** عبارة عن خط يُرسم على الخارطة بشكل مسطرة مقسمة لغرض بيان الأطوال.

الشكل رقم (1) نماذج من المقاييس الخطية

أ)

المقياس 1 : 1000 000

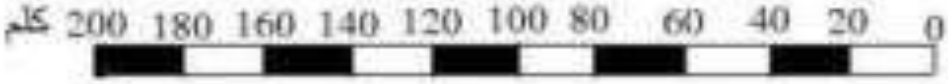
ب)

المقياس 1 : 500 000

ج)

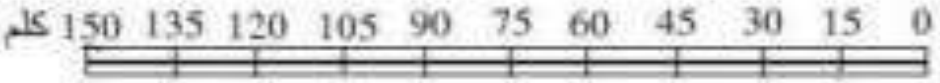
المقياس 1 : 100 000

د)



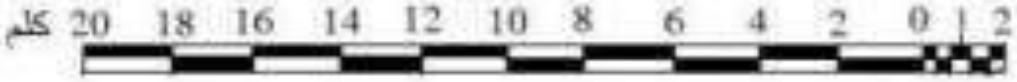
المقياس 1 : 2000 000

ه)



المقياس 1 : 1500 000

و)

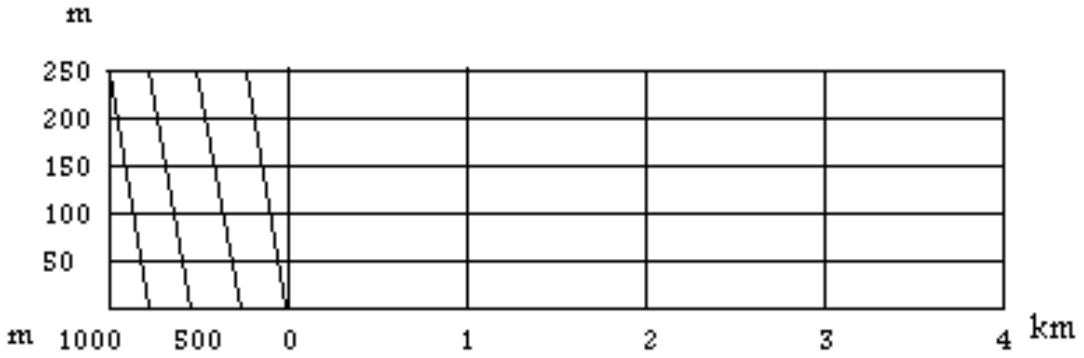


المقياس 1 : 200 000

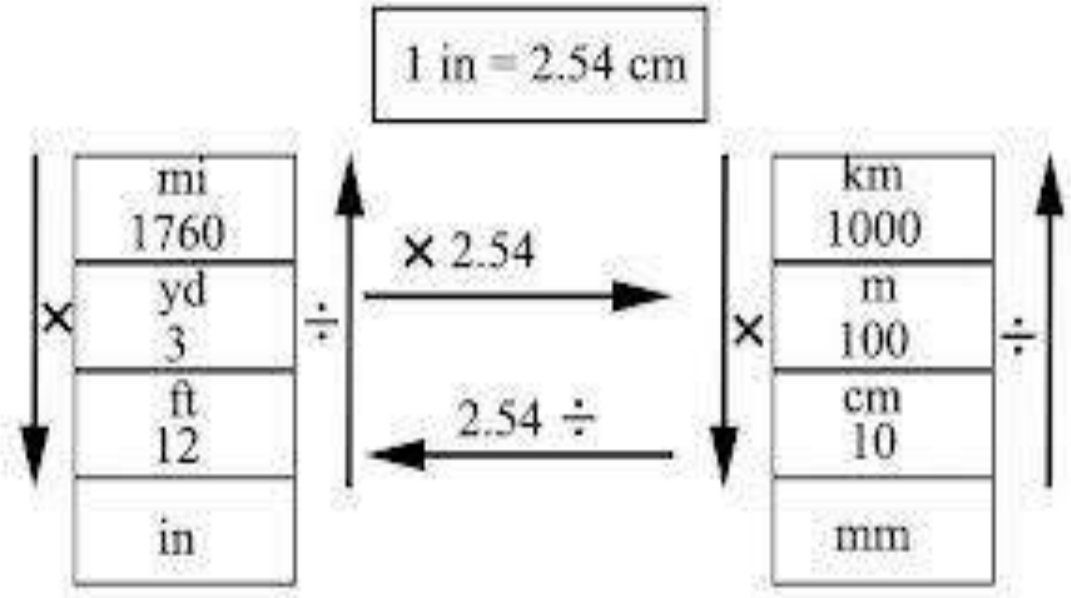
ن)

المقياس 1 : 20 000 000

ب. المقياس الشبكي: يعتمد على نظرية تناسب المثلثات ويستخدم في إعداد واستعمال الخرائط الطوبوغرافية والتفصيلية.



ج. المقياس المقارن: تكون تقسيماته من الأعلى بالنظام المتري ومن الأسفل بالنظام الانكليزي لغرض السهولة.



د. المقياس الزمني: وهو مقياس مقارن يستعمل في المجالات العسكرية ويهدف إلى معرفة الزمن اللازم لقطع مسافة ثابتة بين نقطتين بسرعة معينة.

بعض التعاريف المهمة عن التسوية:

القراءة الخلفية: هي أول قراءة تؤخذ من على مسطرة التسوية الموضوعة بشكل عمودي على نقطة معلومة المنسوب بعد نصب الجهاز وتنظيم أفقيته.

القراءة الأمامية: هي آخر قراءة تؤخذ من على مسطرة التسوية الموضوعة بشكل عمودي على نقطة مجهولة المنسوب قبل نقل الجهاز من موقعه إلى موقع جديد وتؤخذ عادةً على راقم منطقة معلومة الارتفاع. عند نهاية عملية التسوية بكاملها أو عند نقطة نهاية المسافة المنظورة من موقع الجهاز أو نقطة نهاية العمل اليومي.

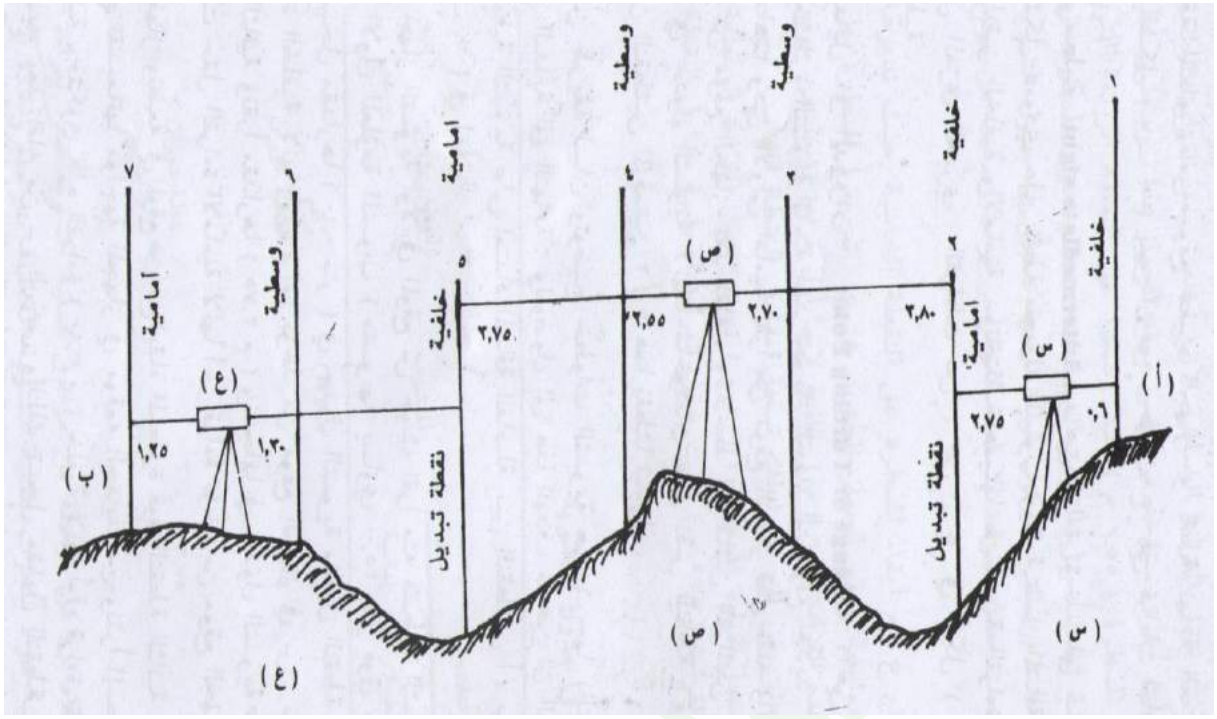
القراءة الوسطية: هي قراءة تؤخذ من على مسطرة التسوية الموضوعة بشكل عمودي على نقطة مجهولة المنسوب، وواقعة ضمن المسافة الفاصلة بين موقعي القراءة الأمامية والخلفية.

نقطة التبديل أو الدوران: هي النقطة التي تبقى فيها مسطرة التسوية ثابتة عند تحويل الجهاز إلى موقع جديد وتؤخذ عليها قراءتين إحداهما (وهي الأولى) أمامية تؤخذ من موقع الجهاز قبل نقله. والأخرى (الثانية) خلفية وتؤخذ من موقع الجهاز بعد نقله وتسجل هاتان القراءتان في نفس الخط في جدول التسوية لأنهما مأخوذتين لنفس النقطة.

الخط الأفقي: هو الخط المستقيم المار بأي نقطة، ويكون واقعاً في سطح أفقي ومماس للمنحنى المار بهذه النقطة وله نفس اتجاهه وبذلك فهو عمودي على اتجاه الجاذبية الأرضية من نقطة التماس فقط.

المنسوب: هو البعد العمودي بين أي نقطة على سطح الأرض وبين مستوى المقارنة، ويكون موجباً إذا كان فوق مستوى المقارنة وسالباً إذا كان تحت مستوى المقارنة. ويعتبر منسوب النقطة الواقعة على امتداد مستوى المقارنة صفراً.

الراقم: نقطة ثابتة معروفة الموقع وسبق أن تم تثبيت منسوبها بالنسبة لمستوى المقارنة.



نموذج تسوية متسلسلة يوضح أنواع القراءات ونقاط التبديل

ارتفاع خط النظر = القراءة الخلفية + منسوب النقطة الخلفية

منسوب النقطة الوسطية = ارتفاع خط النظر – قراءة النقطة الوسطية

منسوب النقطة الأمامية = ارتفاع خط النظر – قراءة النقطة الأمامية

مثال (3): احسب مناسيب النقاط المذكورة في الشكل أعلاه؟

النقطة	القراءات			ارتفاع خط النظر	المنسوب	الملاحظات
	خلفية	وسطية	أمامية			
1	0.60			25.60	25.00	راقم
2	3.80		2.75	26.65	22.85	نقطة دوران
3		2.70			23.95	
4		2.55			24.10	
5	2.60		3.75	25.50	22.90	نقطة دوران
6		1.30			24.20	
7			1.25		24.25	

المقاطع الطولية والعرضية:

يعتبر إعداد المقاطع الطولية والعرضية من أهم الأغراض التي تهدف إليها عملية التسوية، إذ يتم الحصول على شكل أو أشكال تبين تعرجات وتموجات سطح الأرض على امتداد الخط المطلوب الذي قد يكون مستقيماً أو منحنياً، ويعبر عنه بمقياس رسم معين، وللحصول على هذا الشكل يتطلب معرفة مناسيب عدد من النقاط الواقعة على الخط المراد انحداره إضافة إلى الأبعاد الأفقية لهذه النقاط.

الخط الكنتوري: وهو خط وهمي يربط بين النقاط التي لها نفس المنسوب.

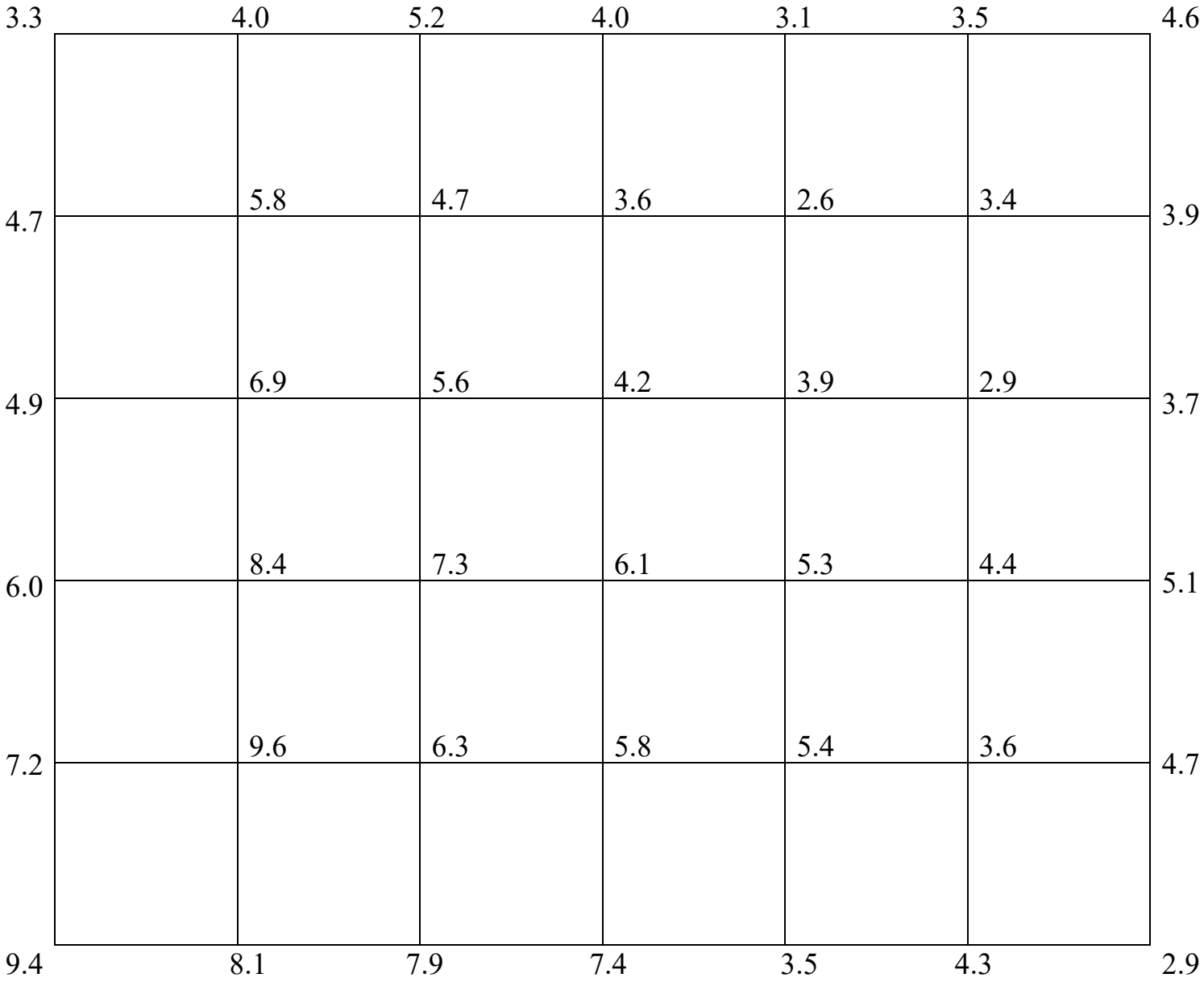
الفترة الكنتورية: الفرق العمودي الثابت بين مناسيب الخطوط الكنتورية المتجاورة.

صفات الخطوط الكنتورية:

1. تكون نقاط الخط الكنتوري الواحد بنفس المنسوب، وبذلك يكون الفرق العمودي ثابتاً بين أي نقطتين واقعتين على الخارطة.
2. لاينتهي الخط الكنتوري، ولايكون سائباً وإنما يقفل داخل حدود الخارطة أو خارجها.
3. قد يكون للكنتور أكثر من خط بنفس المنسوب.
4. الخط الكنتوري الواحد لايتفرع ولايتشعب، كما أن الخطوط الكنتورية لاتندمج ولاتتقاطع.

إعداد الخرائط الكنتورية:

1. إيجاد المناسيب.
2. نقل النقاط الأرضية بمواقعها النسبية الصحيحة من الأرض إلى الورقة.
3. ربط بعض النقاط المتساوية المنسوب مع بعضها للحصول على الخطوط الكنتورية مع مراعاة مواصفات الخطوط الكنتورية المذكورة سابقاً بكل دقة.


3.3
4.0
5.2
4.0
3.1
3.5
4.6
5.8
4.7
3.6
2.6
3.4
4.7
3.9
6.9
5.6
4.2
3.9
2.9
4.9
3.7
8.4
7.3
6.1
5.3
4.4
6.0
5.1
9.6
6.3
5.8
5.4
3.6
7.2
4.7
9.4
8.1
7.9
7.4
3.5
4.3
2.9

طرق قياس الإيصالية المائية المشبعة
Method of saturated hydraulic conductivity measurements

هناك نوعان من الطرق لتقدير الإيصالية المائية المشبعة للتربة:

1. طرق مختبرية Laboratory methods

2. طرق حقلية Field methods

*** الطرق المختبرية:**

1. عمود الماء الثابت Constant head .

يتم تحضير عينة التربة في اسطوانة وتغطى إحدى النهايتين بقطعة قماش (شاش)، ويتم وضع عمود الماء (الذي يكون مستوى الماء فيه ثابتاً) فوق عمود التربة، ثم يتم وضع إناء تحت عمود التربة لتجميع الماء المار خلاله ولوحدة الزمن، بعدها يتم تطبيق قانون دارسي:

$$q = \frac{V}{At} = -K\frac{\Delta H}{L}$$

حيث أن:

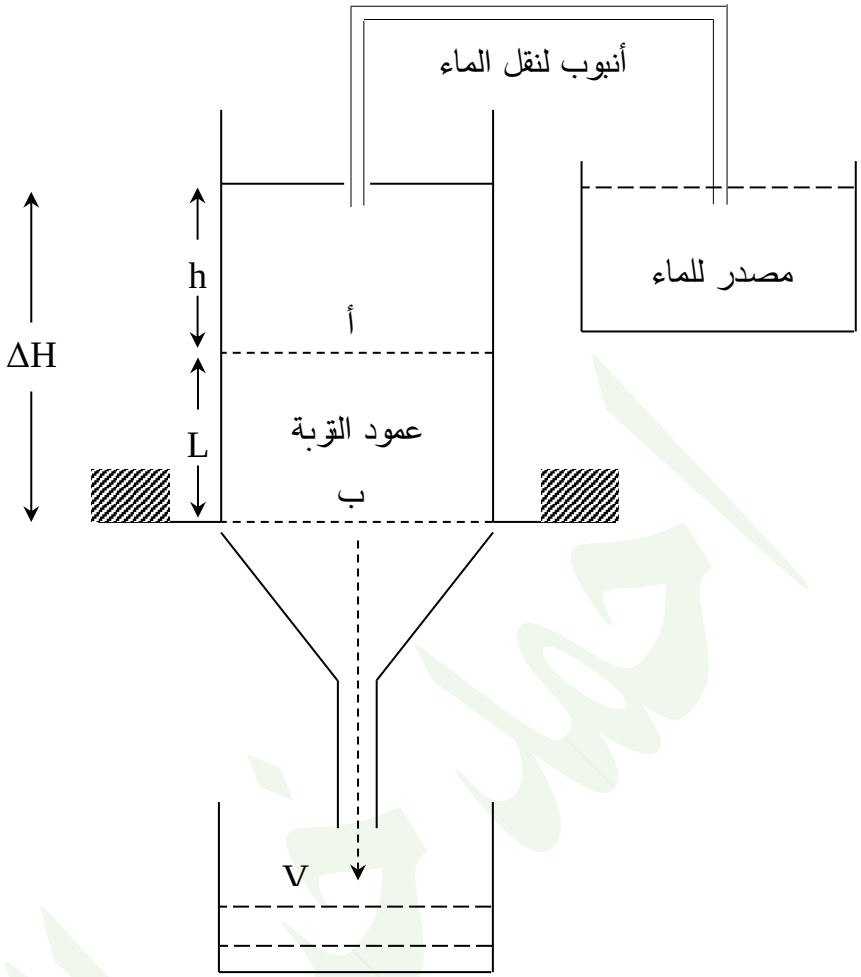
q = التدفق الكتلي ، V = حجم الماء المار خلال التربة ، A = مساحة المقطع العرضي للاسطوانة ، t = الزمن ، K_s = الإيصالية المائية ، ΔH = فرق الجهد بين النقطتين (أ) و (ب) ، L = طول عمود التربة

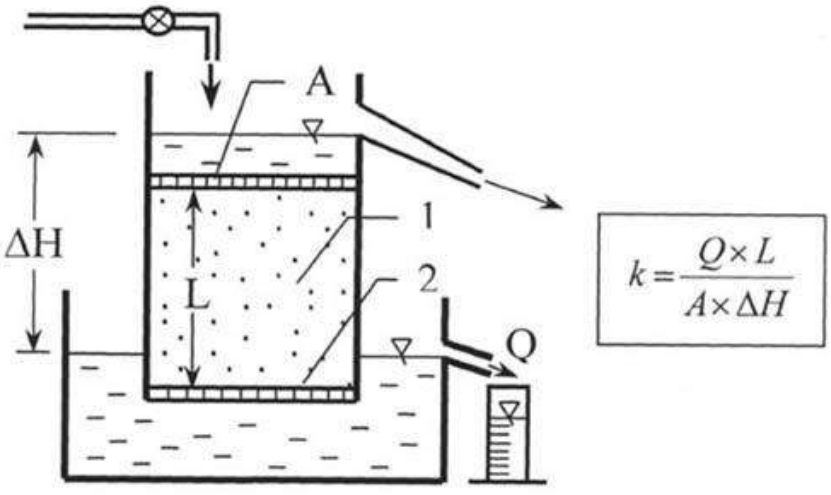
$$K_s = \frac{V * L}{A * t * \Delta H}$$

$$\Delta H = (h + L)$$

$$K_s = \frac{V * L}{A * t\,(h + L)}$$

حيث أن: h = ارتفاع الماء فوق عمود التربة





مثال1: عمود تربة طوله 15 سم وقطره 6 سم وضع عليه عمود من الماء ارتفاعه 10 سم، جد الإيصالية المائية المشبعة للتربة إذا علمت أن حجم الماء المتجمع من عمود التربة 6 سم^3 خلال 5 دقائق.

الحل:

$$A = r^2 * \pi$$

$$A = \left(\frac{6}{2}\right)^2 * 3.14 \quad \Longrightarrow \quad A = 28.26\ cm^2$$

$$\Delta H = h + L$$
$$\Delta H = 10 + 15 \quad \Longrightarrow \quad \Delta H = 25$$

$$K_s = \frac{V\ *\ L}{A * t *\ \Delta H}$$

$$K_s = \frac{6\ *\ 15}{28.26 * 5 *\ 25} \quad \Longrightarrow \quad K_s = 0.025\ cm.min^{-1}$$

$$K_s = \frac{0.025\ cm}{\frac{60\ min}{hr}} \quad \Longrightarrow \quad K_s = 1.5\ cm.hr^{-1}$$

2. عمود الماء الساقط (المتغير) Falling head .

تؤخذ عينة التربة داخل اسطوانة مفتوحة الطرفين، ويكون مصدر الماء في هذه الطريقة من أسفل الاسطوانة فيتحرك الماء إلى الأعلى بالخاصية الشعرية ليخرج من أعلى الاسطوانة، ويرتبط مصدر الماء باسطوانة مدرجة (سحاحة) لقياس ارتفاع الماء.

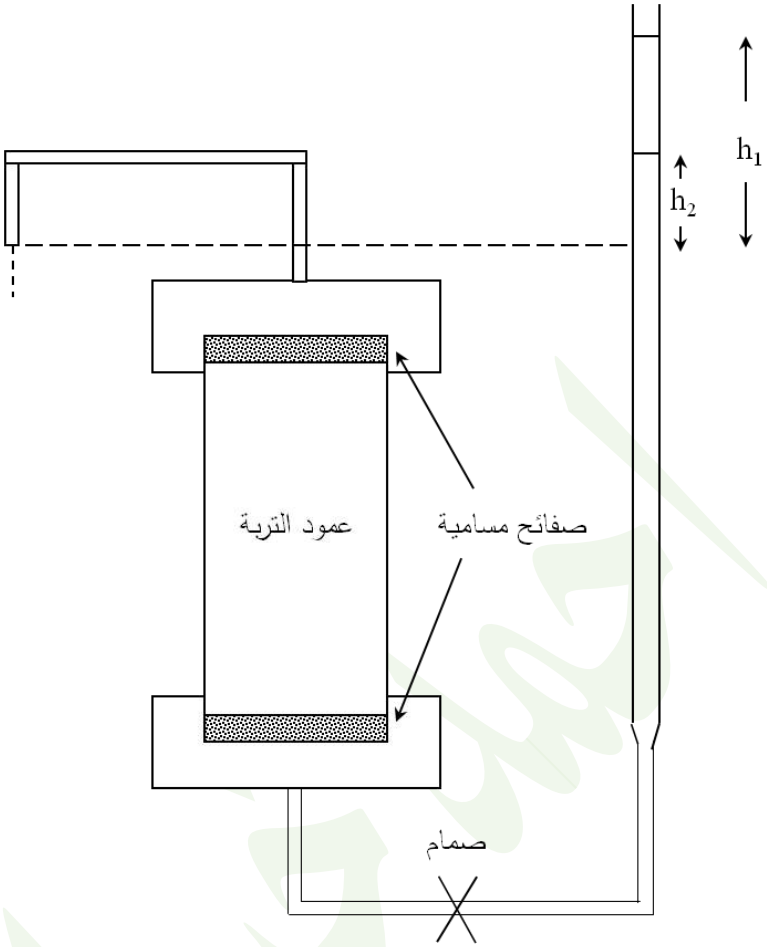
$$K_s = \frac{a * L}{A * t} * ln\frac{h_1}{h_2}$$

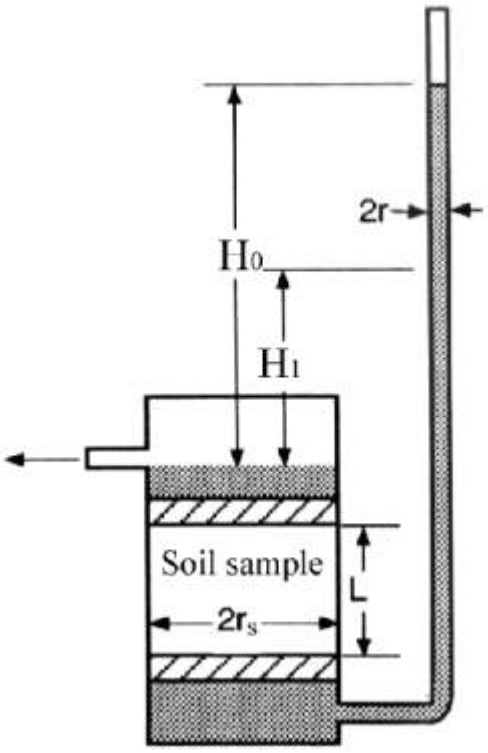
حيث أن:

a = مساحة المقطع العرضي للسحاحة

h_1 = ارتفاع الماء في السحاحة قبل القياس

h_2 = ارتفاع الماء في السحاحة عند الانتهاء من القياس


h1
h2
عمود التربة
صفائح مسامية
صمام


2r
H0
H1
Soil sample
L
2rs

مثال2: في إحدى التجارب العملية لقياس الإيصـــالية المائية المشـــبعة للتربة، إذا علمت أن ارتفاع الماء قبل القياس 10 سـم وبعد مرور 10 دقائق أصـبح 8 سـم وأن طول عمود التربة 20 سـم وقطره 10 سم وقطر السحاحة 1 سم، جد قيمة K_s.

الحل:

$$A = r^2 * \pi$$

$$A = \left(\frac{10}{2}\right)^2 * 3.14 \quad \Longrightarrow \quad A = 78.5\ cm^2$$

$$a = r^2 * \pi$$

$$a = \left(\frac{1}{2}\right)^2 * 3.14 \quad \Longrightarrow \quad a = 0.785\ cm^2$$

$$K_s = \frac{a * L}{A * t} * ln\frac{h_1}{h_2}$$

$$K_s = \frac{0.785 * 20}{78.5 * 10} * ln\frac{10}{8} \quad \Longrightarrow \quad K_s = 0.0045\ cm.min^{-1}$$

$$K_s = \frac{0.0045\ cm}{\frac{min}{\frac{60\ min}{hr}}} \quad \Longrightarrow \quad K_s = 0.268\ cm.hr^{-1}$$

**** الطرق (القياسات) الحقلية:**

أن القياســات الحقلية للإيصــالية المائية هي المفضــلة كونها تأخذ بنظر الاعتبار جميع العوامل المؤثرة على قيمة الإيصالية المائية موقعياً، أما عيوب الطرق المختبرية فهي وجود بقايا الجذور والفراغات وكذلك احتمالية نمو الفطريات داخل الاسطوانة.

وتقسم الطرق الحقلية إلى قسمين:

1. **قياس الإيصالية المائية فوق مستوى الماء الجوفي Above water table .**
2. **قياس الإيصالية المائية تحت مستوى الماء الجوفي Below water table .**

1. فوق مستوى الماء الجوفي:

وتنقسم إلى عدة طرق:

أ. الضخ إلى الآبار الضحلة Shallow well pump–in .

ب. طريقة الاسطوانة المزدوجة Double ring .

ج. طريقة حفرة البريمة المعكوسة Inverse auger–hole .

2. تحت مستوى الماء الجوفي:

أ. طريقة حفرة البريمة Auger–hole method .

ب. طريقة المضغاط Piezometer method .

ج. طريقة ضخ الماء من الحفرة Pumped borehole method .

*** الطرق الحقلية:**

1. فوق مستوى الماء الجوفي:

أ. طريقة الضخ إلى البئر الآبار الضحلة Shallow well pump-in :

تحتاج هذه الطريقة إلى فترة زمنية طويلة وذلك لأن المنطقة المحيطة بالحفرة يجب أن تصل إلى حالة التشبع، وهذا يتطلب وقتاً قد يصل إلى خمسة أيام، ويتطلب كمية كبيرة من المياه خاصة عندما تكون الايصالية المائية عالية.

فكرة القياس:

تعتمد هذه الطريقة على مقدار حجم الماء الذي يدخل التربة من السطح الداخلي للحفرة بعد تثبيت ارتفاع الماء فيها.

طريقة العمل:

يتم عمل حفرة بقطر 10 سم بواسطة البريمة إلى العمق المطلوب ثم يخدش السطح الداخلي للحفرة لإزالة تأثير عملية الحفر على حالة التربة وبعدها يتم إضافة الماء إلى الحفرة عن طريق خزان مائي مع الحفاظ على مستوى ثابت للماء في الحفرة باستعمال طوافة صغيرة. وبعد الوصول إلى حالة التوازن يسجل انخفاض الماء في الخزان خلال فترات زمنية محددة.

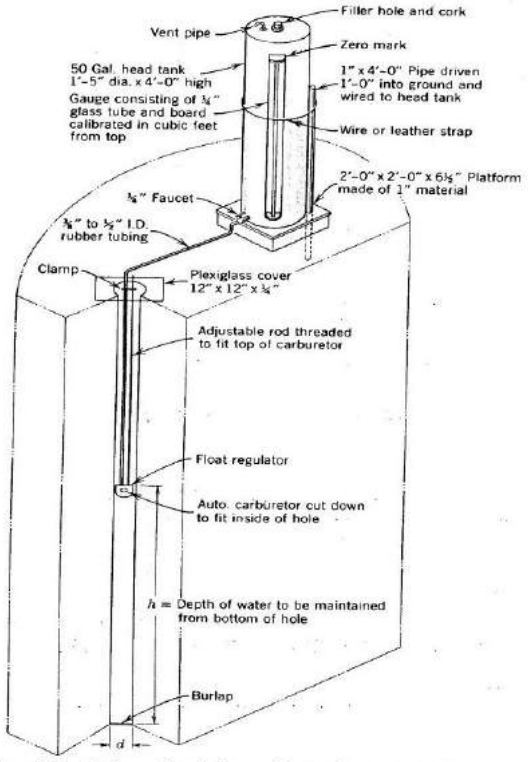


Figure 9-16 Equipment for shallow-well pump-in test. After Winger 1960.

تستخدم المعادلتان الآتيتان لحساب قيمة الايصالية المائية :

1. عندما يكون منسـوب الماء في الحفرة يبعد عن الطبقة الصـماء أو عن منسـوب الماء الجوفي (s) بمسافة تساوي ثلاثة أضعاف ارتفاع الماء في الحفرة (h) أو أكثر:

$$K_s = 1440 \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}\right) - 1}{2\pi h^2} \right] Q$$

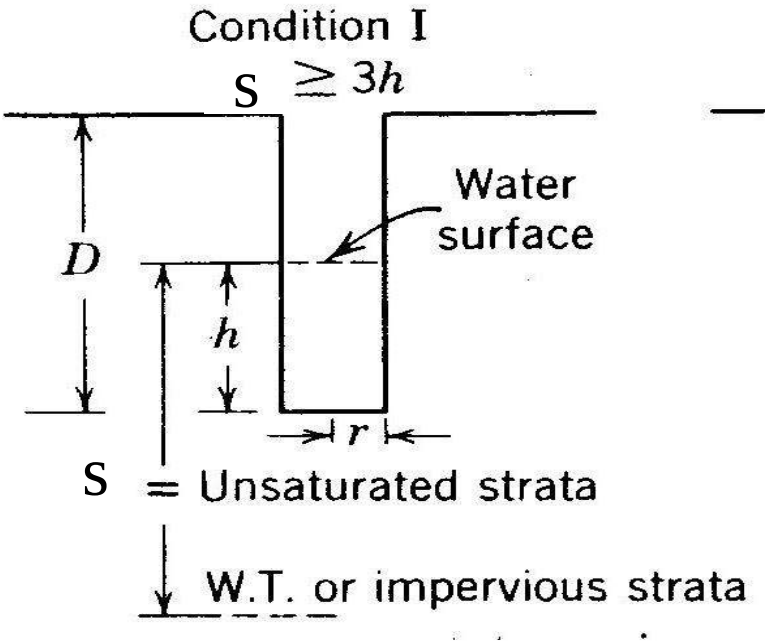
حيث أن:

K = الايصالية المائية (م/يوم)

h = ارتفاع الماء في الحفرة (م)

r = نصف قطر الحفرة (م)

Q = معدل ضخ الماء إلى الحفرة للمحافظة على منسوب ثابت للماء فيها ($م^3$/دقيقة)



2. عندما يكون منسوب الماء في الحفرة يبعد عن الطبقة الصماء أو عن منسوب الماء الجوفي بمسافة تتراوح بين عمق الماء في الحفرة أو أكثر (أي تكون نهاية الحفرة على الطبقة الصـــماء) إلى ثلاثة أضعاف عمق الماء في الحفرة:

$$K_s = 1440 \left[\frac{3 \ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\pi h\,(h + 2s)}\right] Q$$

حيث أن:

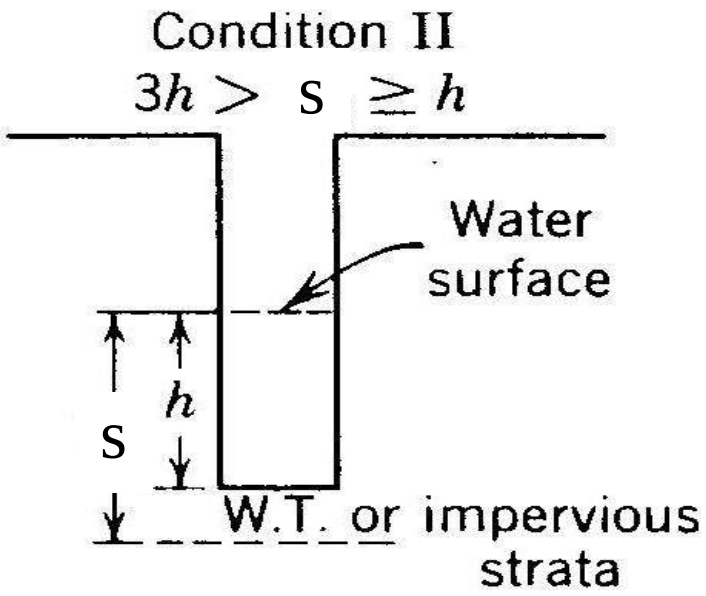
K = الايصالية المائية (م/يوم)

h = ارتفاع الماء في الحفرة (م)

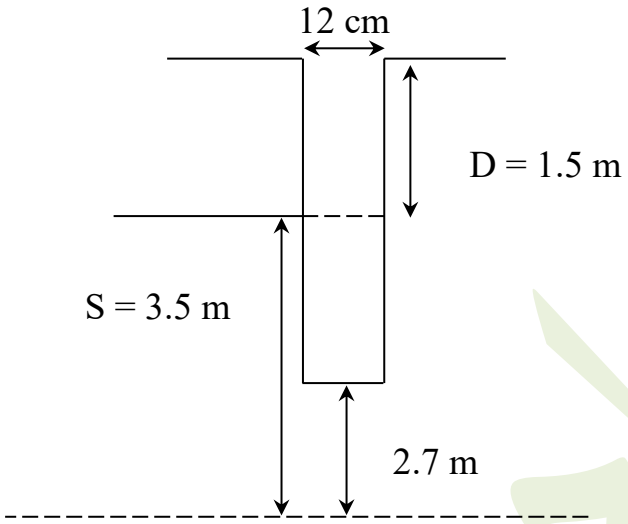
r = نصف قطر الحفرة (م)

s = المسافة بين منسوب الماء في الحفرة وبين الطبقة الصماء أو منسوب الجوفي (م)

Q = معدل ضخ الماء إلى الحفرة للمحافظة على منسوب ثابت للماء فيها ($م^3$/دقيقة)



مثال: احسب قيمة الايصالية المائية المشبعة للتربة والتي تم قياسها حقلياً من المعلومات التالية: عمق الحفرة 1.5 م وقطرها 12 سم، المسافة بين مستوى الماء في الحفرة إلى منسوب الماء الجوفي 3.5 م وبُعد منسوب الماء الجوفي عن قاع الحفرة 2.7 م، حجم الماء المستخدم 155 لتر خلال ساعة واحدة.



h = 3.5 – 2.7 = 0.8 m

بما أن قيمة h أقل من ثلاث أضعاف S، إذاً نستخدم المعادلة الأولى:

$$K_s = 1440 \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}\right) - 1}{2\pi h^2} \right] Q$$

$$Q = \frac{0.155\ m^3}{60\ min.} = 0.0026\ m^3/min.$$

$$K_s = 1440 \left[\frac{\ln\left(\frac{0.8}{0.06} + \sqrt{\left(\frac{0.8}{0.06}\right)^2 + 1}\right) - 1}{2 * 3.14 * 0.8^2} \right] * 0.0026$$

$$K_s = 1440 \left[\frac{\ln\left(13.33 + \sqrt{177.69 + 1}\right) - 1}{4.02} \right] * 0.0026$$

$$K_s = 1440 \left[\frac{\ln 26.7 - 1}{4.02} \right] * 0.0026$$

$$K_s = 1440 \left[\frac{2.28}{4.02} \right] * 0.0026 \quad \Rightarrow \quad K_s = 2.1\ m/day$$

*** الطرق الحقلية:**

1. تحت مستوى الماء الجوفي:

أ. طريقة الحفرة بواسطة المثقاب Auger-hole method :

تعتبر من الطرق السريعة والسهلة لقياس الايصالية المائية المشبعة تحت مستوى الماء الجوفي.

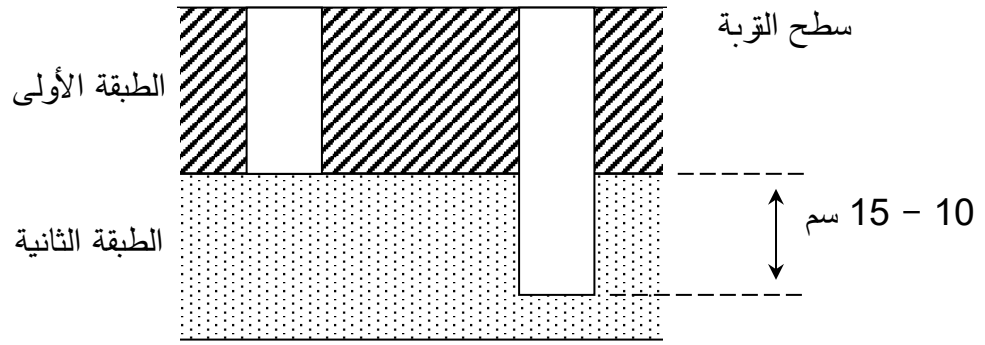
فكرة القياس:

يتم عمل حفرة اسطوانية الشكل بواسطة المثقاب داخل التربة إلى مستوى تحت مستوى الماء الجوفي وإلى العمق المطلوب، يترك الماء ليتجمع داخل الحفرة وصولاً إلى حالة التوازن. ثم يسحب الماء من داخل الحفرة مرتين أو ثلاث مرات، بعدها يقاس معدل ارتفاع الماء في الحفرة خلال الزمن.

 # مراحل قياس الايصالية المائية:

✦ المرحلة الأولى: عمل الحفرة:

يتم عمل الحفرة بواسطة مثقاب التربة، ويعتمد عمق الحفرة على مستوى الماء الأرضي ونوع التربة، فإذا كانت التربة متجانسة فيكون عمق الحفرة 60–70 سم تحت مستوى الماء الجوفي. أما إذا كانت التربة غير متجانسة (طبقية) يتم عمل عدة حفر مختلفة الأعماق بحيث يكون قاع الحفرة الأولى يبعد بمقدار 10–15 سم عن بداية الطبقة الثانية. ولأجل قياس الايصالية المائية المشبعة للحقل يتم حفر عدة حفر وتقاس قيمة K_s في كل حفرة، وتكفي حفرة واحدة لكل 2 ايكر في حالة تصميم شبكات البزل (1 ايكر = 43560 قدم مربع < 4046 م^2 >).



يتم عمل الحفرة بواسطة مثقاب التربة من نوع الحافة المفتوحة وهذا يصلح في حالة الترب الطينية المبتلة، ويستخدم نوع الحافة المغلقة في الترب الطينية الجافة. ويفضل استخدام اسطوانة مثقبة Perforated tube في الترب الخفيفة النسجة.

✦ **المرحلة الثانية: سحب الماء من الحفرة:**

يتم سحب الماء من الحفرة بعد حصول عملية توازن الماء داخل الحفرة مع مستوى الماء الأرضي (في الترب الخفيفة النسجة تستغرق حالة التوازن 10–30 دقيقة، أما في الثقيلة فتصل إلى عدة ساعات) حيث يتم إزالة الماء من داخل الحفرة بواسطة مضخة يدوية.

كم يتم تخفيض مستوى الماء داخل الحفرة ؟

في الترب الثقيلة، يفضل خفض مستوى الماء داخل الحفرة 40 سم تحت مستوى الماء الأرضي. أما في الخفيفة فيكون 20 سم تحت مستوى الماء الجوفي (لأن الترب الطينية تحتاج إلى ضغط).

✦ **المرحلة الثالثة: قياس ارتفاع الماء في الحفرة:**

بعد سحب الماء من الحفرة يجب أخذ ارتفاع الماء داخل الحفرة مباشرة، وعادة تؤخذ خمس قراءات لارتفاع الماء داخل الحفرة خلال خمس فترات زمنية، ويجب أن تتم هذه القراءات قبل ملئ 25% من حجم الماء المسحوب من الحفرة، أي أن $\Delta y < \frac{1}{4} y_0$

أي يجب أن تكون $\Delta y \leq \frac{1}{4} y_0$ أو $y_n \leq \frac{3}{4} y_0$

فإذا كانت $y = 40$ cm فإن $\Delta y = 10$ cm

وتؤخذ القراءات عادة إما بتثبيت الزمن أو تثبيت ارتفاع الماء، ففي الترب القليلة النفاذية مثل الطينية يثبت ارتفاع الماء داخل الحفرة، أي تؤخذ الفترة الزمنية لارتفاع الماء كل خمسة ملليمترات. أما في الترب العالية النفاذية مثل المزيجية والرملية فيفضل تثبيت الزمن كل 10 أو 15 ثانية مع تغير الارتفاع.

ملاحظة:

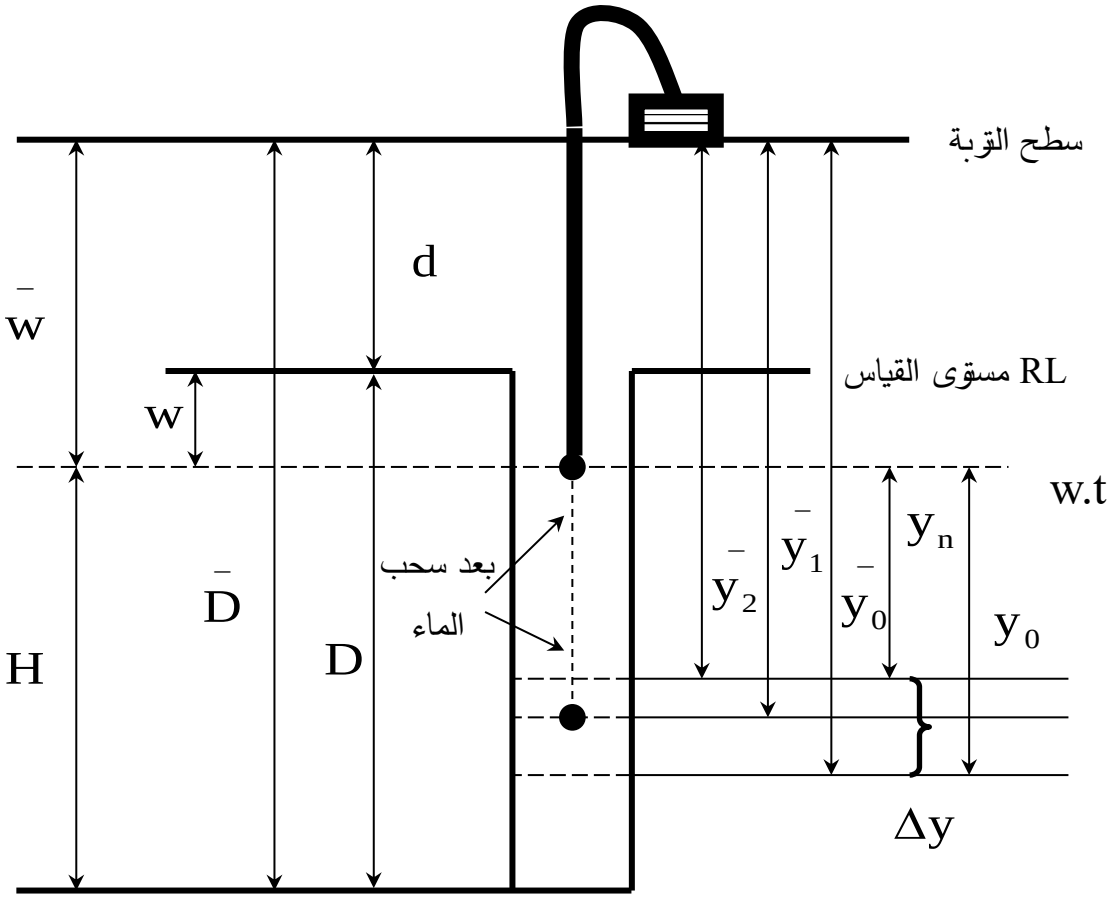
للحصول على دقة عالية وأقل خطأ، يجب إتباع الملاحظات التالية:

r > 3 cm , < 7cm (r = نصف قطر الحفرة)

H > 20 cm , < 200 cm

y = 0.2 H

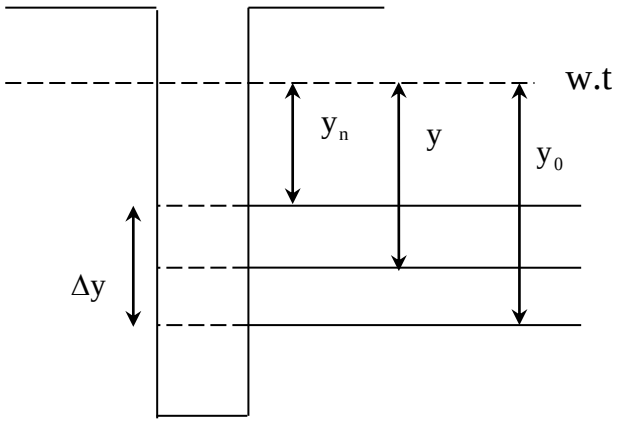
$$\Delta y \leq \frac{1}{4} y_0$$



$$\Delta y = y_0 - y_n$$

$$= \bar{y_0} - y_n$$

$$y = y_0 - \frac{1}{2}\Delta y$$



1) $s > \frac{1}{2}H$

(ارتفاع الماء داخل الحفرة = H المسافة من قاع الحفرة إلى الطبقة غير المنفذة للماء = s)

نستخدم المعادلة التالية:

$$k = \frac{4000\,r^2}{(H + 20\,r)(2 - \frac{y}{H})} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

2) $s = zero$ أي عند القاع

نستخدم المعادلة التالية:

$$k = \frac{3600\,r^2}{(H + 20\,r)(2 - \frac{y}{H})} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

حيث أن:

k = الايصالية المائية المشبعة (م/يوم) (m/day) (سم/دقيقة)

H = ارتفاع الماء في الحفرة بعد حدوث التوازن (سم) (cm)

r = نصف قطر الحفرة (سم) (cm)

y = المسافة من مستوى الماء الجوفي إلى منتصف ارتفاع الماء بين بداية ونهاية القياس (سم) (cm)

s = المسافة من قاع الحفرة إلى الطبقة غير المنفذة للماء (سم) (cm)

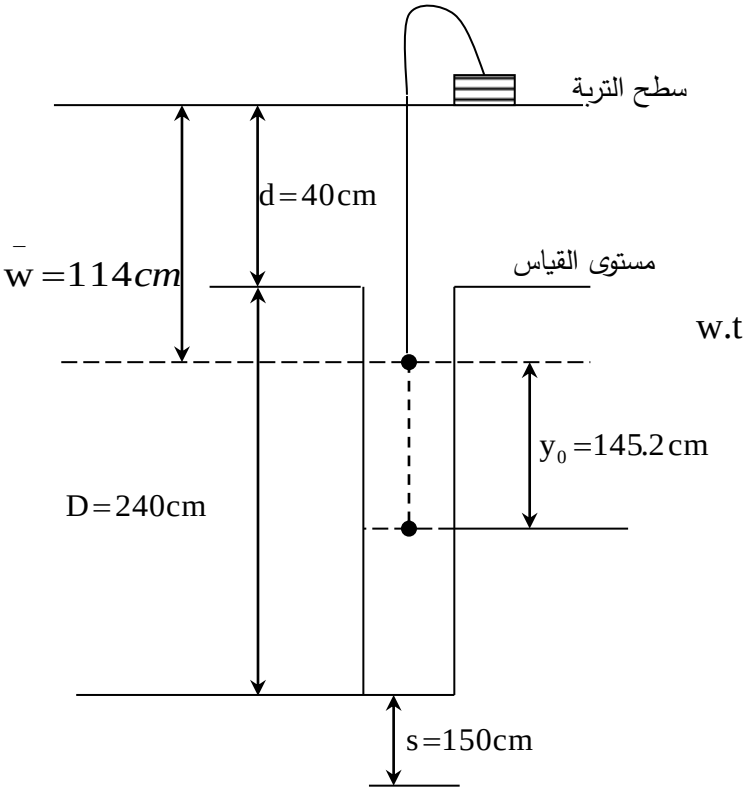
Δy = التغير في المسافة بين بداية ونهاية القياس (سم) (cm)

Δt = التغير في الزمن من بداية القياس إلى نهايته (ثانية) (sec.)

مثال: تم حفر حفرة بواسطة مثقاب التربة نصف قطرها 5 سم وكانت المسافة من مستوى القياس إلى سطح الأرض هي 40 سم وإلى قاع الحفرة 240 سم ومن سطح التربة إلى مستوى الماء داخل الحفرة بعد حدوث عملية التوازن 114 سم ، تم بعدها سحب الماء من الحفرة والحصول على القراءات أدناه لارتفاع الماء داخل الحفرة مع وحدة الزمن اعتباراً من مستوى الماء الجوفي ، وإن بعد الطبقة غير المنفذة للماء عن قاع الحفرة 150 سم.

	t (min)		y		
0	**0**	0	**145.2**	⟵	y_0
10	**10**	1.2	**144.0**		
10	**20**	1.2	**142.8**		
10	**30**	1.1	**141.7**		
10	**40**	1.1	**140.6**		
10	**50**	1	**139.6**	⟵	y_n

$y_0 = 145.2cm$



$y_n = 139.6cm$

$\Delta y = y_0 - y_n$
$\Delta y = 145.2 - 139.6 = 5.6$

$$y = y_0 - \frac{1}{2}\Delta y$$

$$y = 145.2 - \frac{1}{2}(5.6) = 142.4$$

OR $y = y_n + \frac{1}{2}\Delta y$

$$y = 139.6 + \frac{1}{2}(5.6) = 142.4$$

$\Delta t = 50min.$ $\Delta y = 5.6$ (ومن ثم نطبق القانون الأول)

$$k = \frac{4000r^2}{(H+20r)(2-\frac{y}{H})}.\frac{\Delta y}{\Delta t}$$

$H = \underline{D} - w$

$w = \bar{w} - d$

$w = 114 - 40 = 74cm$

$H = 240 - 74 = 166cm$

$k = \frac{4000*5^2}{(166+20*5)(2-\frac{142.4}{166})} . \frac{5.6}{50} \Rightarrow k = \frac{4000*25}{(266)(2-0.858)} . 0.112$

$k = 36.87cm/min.$

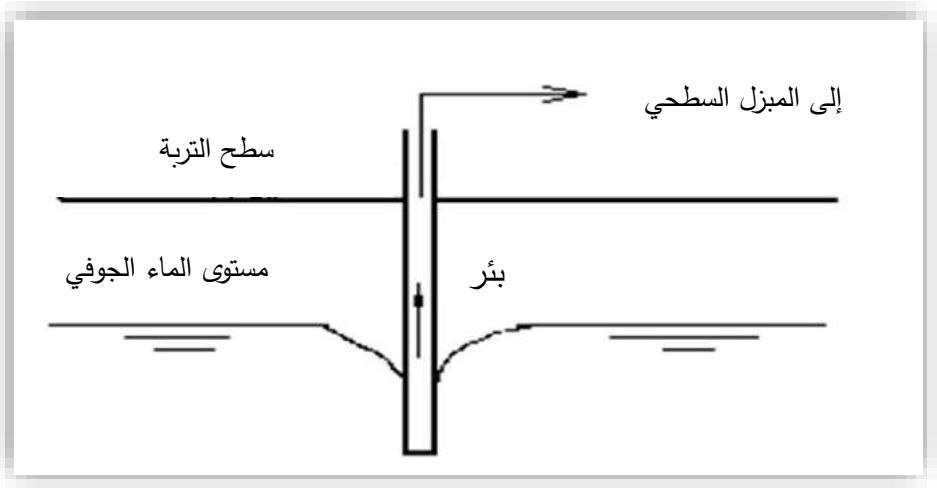
أنواع المبازل

يمكن تقسيم شبكات البزل إلى نوعين رئيسيين:

1. شبكات البزل العمودية Vertical drainage systems .
2. شبكات البزل الأفقية Horizontal drainage systems .

1. شبكات البزل العمودية:

ان الطريقة الاعتيادية للتخلص من المياه الزائدة في مقد التربة هي بواســـطة بزلها بفعل تأثير الجاذبية الأرضـــية (الجريان الحر) وذلك عن طريق المبازل المفتوحة أو المغطاة وهذا مايســـمى بالبزل الافقي، وهناك طريقة أخرى للتخلص من المياه الزائدة تســـمى بالبزل العمودي وقد يطلق عليه بالبزل بواسطة الابار Well drainage حيث تتم السيطرة على منسوب الماء الجوفي عن طريق حفر الآبار في المنطقة المراد بزلها واستخدام المضخات للتخلص من المياه المتجمعة في هذه الآبار.



شكل يوضح طريقة البزل العمودي

مميزات البزل العمودي:

1. يمكن تخفيض منسوب الماء الجوفي إلى عمق أكثر مما في حالة البزل الأفقي.
2. يمكن استخدام المياه الزائدة للري في حالة كونها ذات نوعية جيدة (عذبة) وبذلك تكون مياه البزل ذات قيمة اقتصادية تساهم في خفض تكاليف المشروع.
3. تكاليف الصيانة أقل بكثير مما في البزل الأفقي.

سلبيات البزل العمودي:

1. البزل العمودي أكثر تعقيداً من الناحية الهندسية.
2. يكون غير اقتصادي للمساحات الصغيرة.
3. إن تعرض المنطقة إلى أمطار كثيرة في موسم النمو قد يسبب ارتفاعاً كبيراً لمنسوب الماء الأرضي.

2. شبكات البزل الأفقي:

هناك نوعين من المبازل الأفقية:

1) المبازل المفتوحة (السطحية) Open drains (Surface drains): يكون مقطعها العرضي عادةً بشكل شبه منحرف ويكون انحدار الجوانب مابين 1:1 إلى 2:1 وذلك تبعاً لخواص التربة الفيزيائية.

مميزات المبازل المفتوحة:

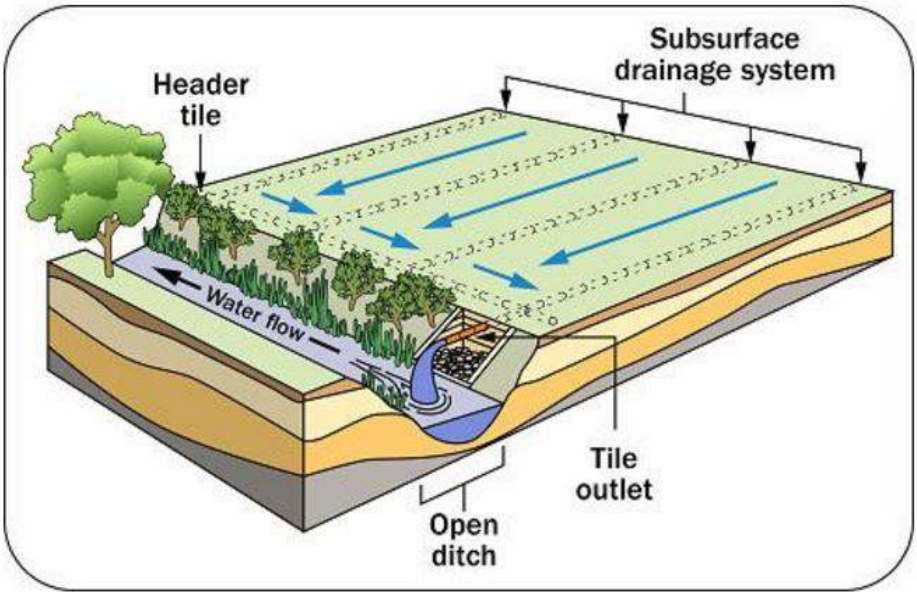
1. تمتلك مقطعاً عرضياً كبيراً وبذلك تستطيع نقل كميات كبيرة من المياه.
2. يمكن استعمالها للتخلص من المياه السطحية الزائدة.
3. سهولة التعرف على الانسدادات وبالتالي تكون عمليات الصيانة أسهل.
4. التكاليف الابتدائية للمشروع منخفضة نسبياً.

سلبيات المبازل المفتوحة:

1. تؤدي إلى خسارة قد تصل إلى 15% من مساحة الأرض الزراعية.
2. عرقلة وإعاقة سير المعدات الزراعية.
3. تحتاج إلى صيانة مستمرة بسبب نمو الحشائش والأدغال.

2) المبازل المغطاة (تحت السطحية) Covered drains (Sub–surface drains): وهي المبازل التي تدفن تحت سطح التربة.

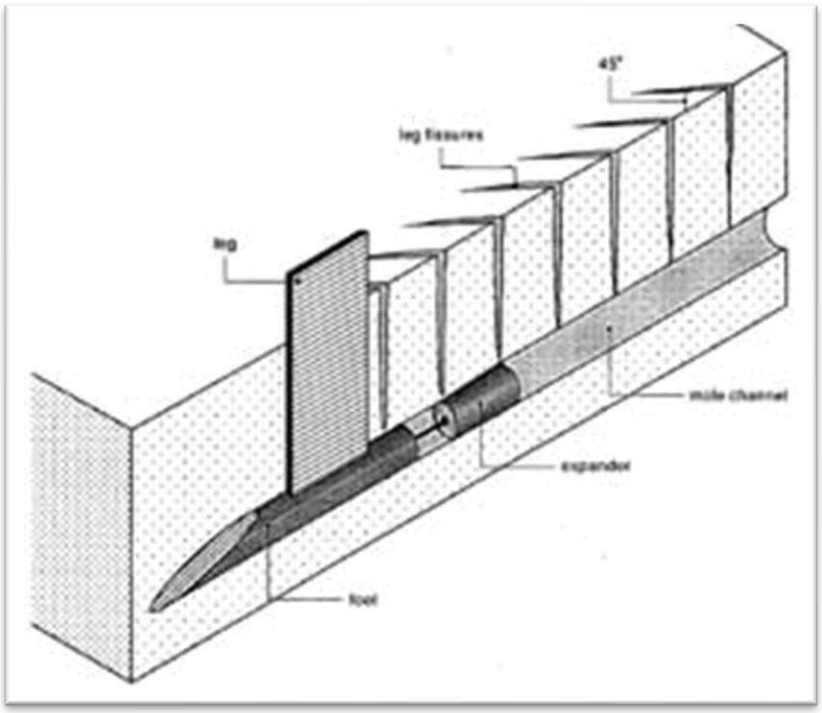
أ) المبازل الأنبوبية: عبارة عن أنابيب توضع داخل الأرض في خندق يحفر لهذا الغرض ثم يردم بعد إحاطتها بمواد مرشحة تمنع دخول الرواسب.



أنواع المبازل الأنبوبية:

1. أنابيب فخارية: وهي أنابيب من الطين المحروق طولها 30 سم وقطرها 12.5 سم.
2. أنابيب اسمنتية: أنابيب يبلغ طولها حوالي 60 سم وقطرها 15 سم.
3. أنابيب مثقبة: وهي أنابيب مصنوعة من اللدائن أو الألياف ويصل طولها إلى 10 م.

ب) مبازل المسارب (الأنفاق): عبارة عن مجاري أو أنفاق اسطوانية يتم حفرها تحت سطح التربة بدون حفر خندق من سطح الأرض.



شكل يوضح مبازل الأنفاق

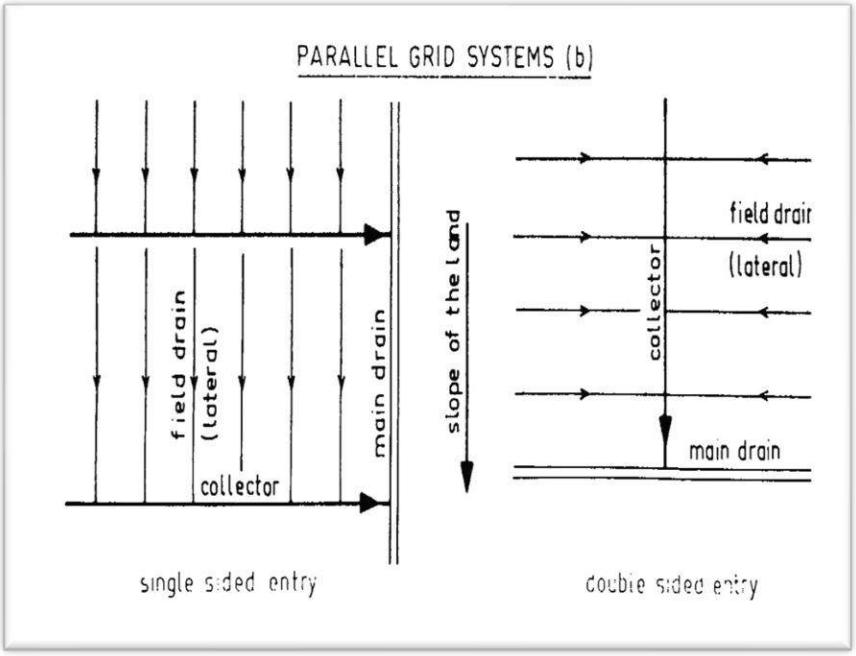
ويمكن تقسيم المبازل (سواءً كانت مفتوحة أم مغطاة) تبعاً لطبيعة عملها إلى ثلاث أنواع:

1. المبازل الحقلية (الفرعية) Field (lateral) drains: إن الغرض الرئيسي من هذه المبازل هو خفض منسوب الماء الجوفي إلى العمق المناسب وغير المؤثر على نمو النبات.

2. المبازل المجمعة Collector drains: تقوم هذه المبازل بتجميع المياه الزائدة والمبزولة من المبازل الحقلية ونقلها إلى المبزل الرئيسي.

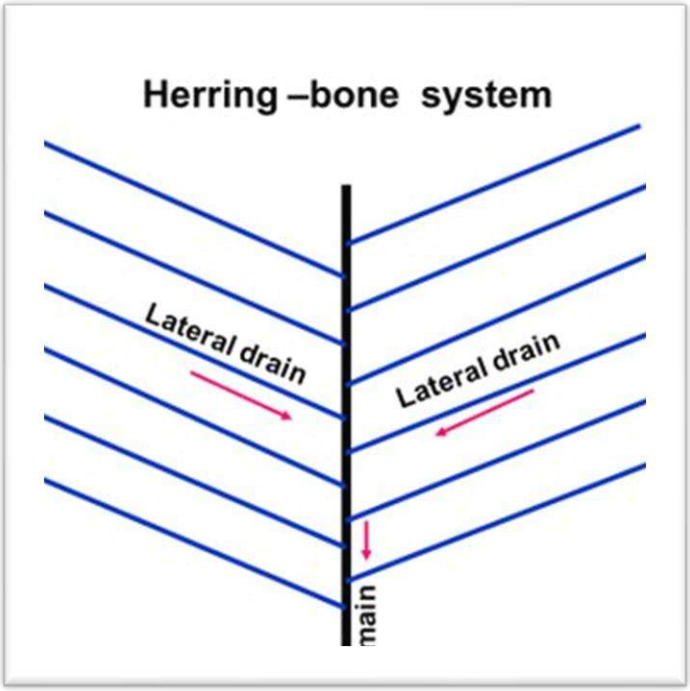
3. المبازل الرئيسية Main drains: وظيفتها نقل المياه المبزولة والمنقولة بواسطة المبازل المجمعة إلى خارج المنطقة والتي تصب في قناة أو نهر أو منخفض كبير أو مصب عام.

وهناك عدة أنواع من شبكات البزل تبعاً لطريقة ربط المبازل مع بعضها البعض، مبين في الأشكال أدناه:

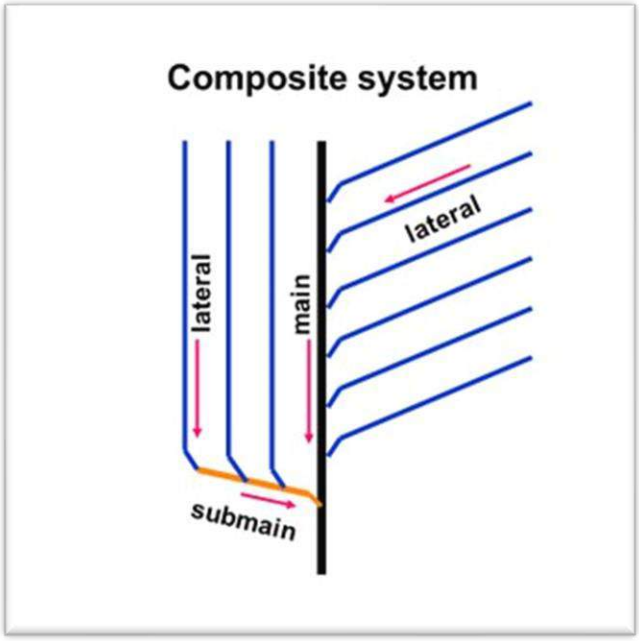


(دخول الماء من جانبي المبزل) (دخول الماء من جانب واحد للمبزل)

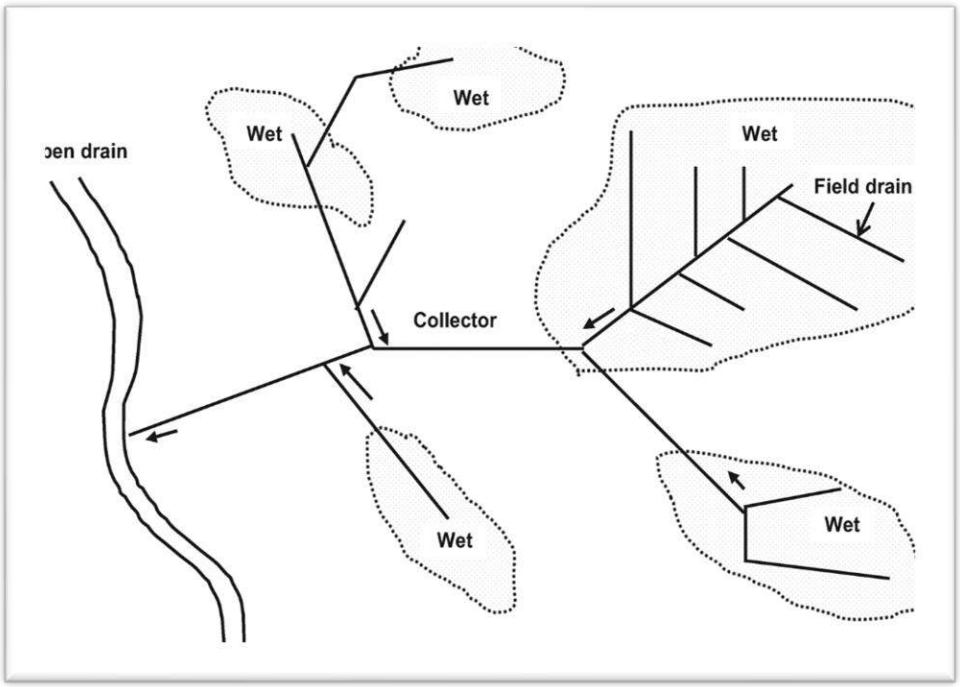
(النظام المتوازي)



(نظام هيكل أو عظم السمكة)



(النظام المركب)



(النظام الطبيعي)