## البزل (الصرف الزراعي)

يعرف الصرف الزراعي بأنه عملية التخلص من المياه الفائضة عن حاجة النبات التي قد تتواجد فوق سطح الأرض وتحتها حيث تمتد جذور النباتات، فإذا تواجدت مثل هذه المياه في الأراضي الزراعية لفترة طويلة قد تؤدي إلى أضرار جسيمة بالأرض وبالأنتاج النباتي بشكل عام.

## أهداف الصرف الزراعي

صرف الأراضي الزراعية عامل رئيسي وهام جداً لتحقيق الأمور التالية:

١. تحسين خواص التربة
٢. تحسين نوعية المحاصيل الزراعية
٣. زيادة الإنتاج

## أنواع الصرف الزراعي

ويمكن تقسيم عملية الصرف على أساس مكان تواجد المياه الزائدة عن الحاجة إلى قسمين، وهما:

١- **الصرف السطحي:** عملية التخلص من المياه المتراكمة على سطح الأرض والزائدة عن حاجة النباتات.

٢- **الصرف الباطني:** عملية تخفيض منسوب المياه الأرضية إلى الحد الملائم لجذور النباتات.

### فوائد الصرف الزراعي

تختلف فوائد صرف الأراضي الزراعية باختلاف الظروف ألمناخيه السائدة في المنطقة، لذا يمكن تلخيص الفوائد بالنسبة للمناطق المناخية كما يلي:

### فوائد الصرف في المناطق الرطبة وشبه الرطبة

١. التخلص من المياه الزائدة نتيجة الجريان السطحي بفعل الأمطار الغزيرة أو مياه الري.
٢. السيطرة على ارتفاع الماء الأرضي
٣. تسهيل العمليات الزراعية.
٤. يساعد على انتشار جذور النباتات إلى الأسفل مما يؤدي إلى امتصاص مواد غذائية أكثر
٥. يحسن من ظروف تكاثر بكتريا التربة المفيدة.
٦. يحسن من خواص التربة من ناحية التهوية.

**فوائد الصرف في المناطق الجافة وشبه الجافة**

١. خفض منسوب المياه الأرضية.
٢. غسل الأملاح الزائدة من التربة في منطقة الجذور والمحافظة على مستوى ملحي معين فيها.
٣. تحسين خواص التربة الطبيعية والكيميائية (بناء التربة، والمسامية، والتهوية)

**مصادر الماء الزائدة**

١- الإفراط في استخدام مياه الري
٢- الأمطار
٣-التسرب من القنوات والخزانات
٤- مياه الفيضانات.
٥- الماء الأرضي

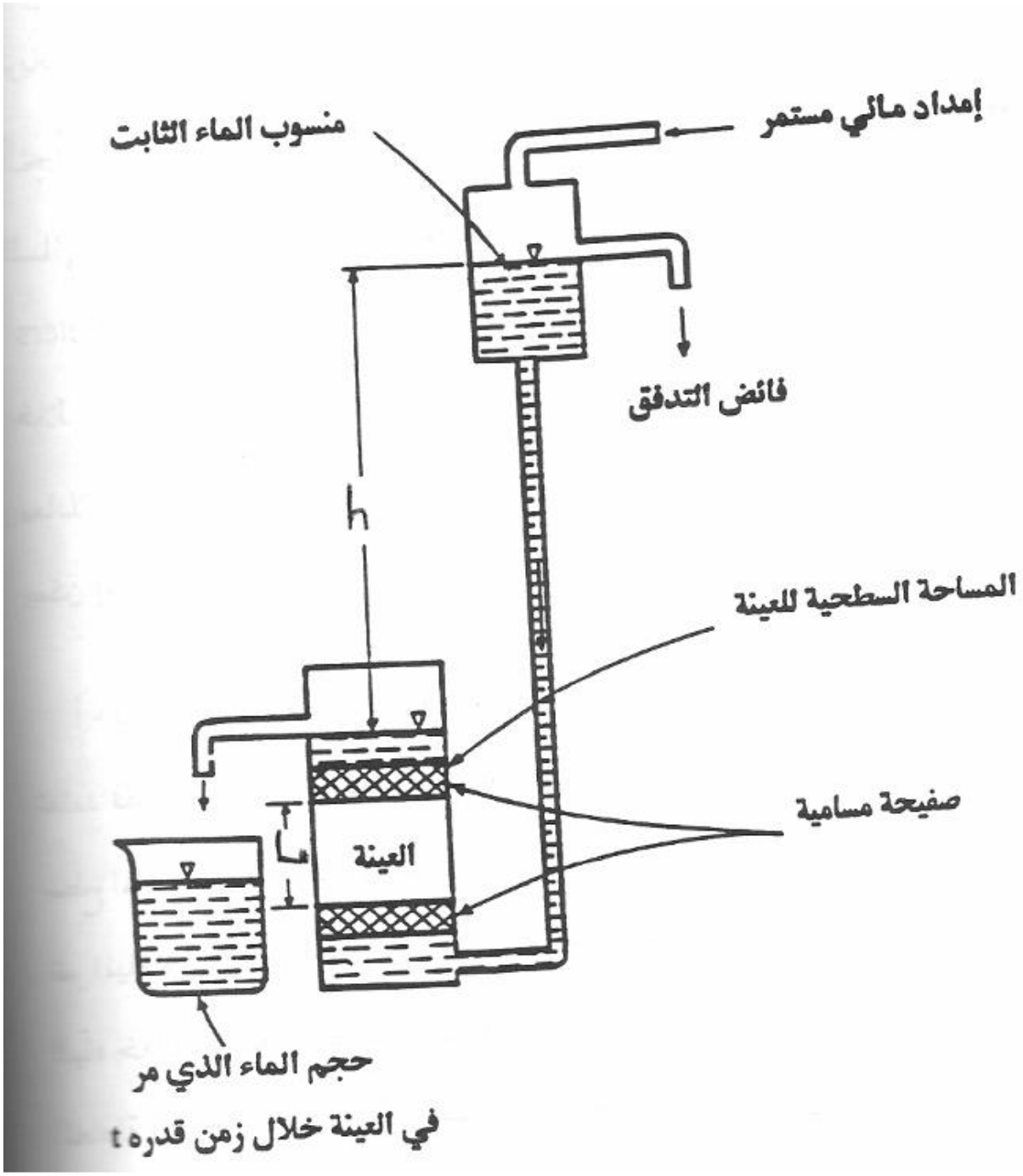
**السيطرة على مصادر مياه الصرف**

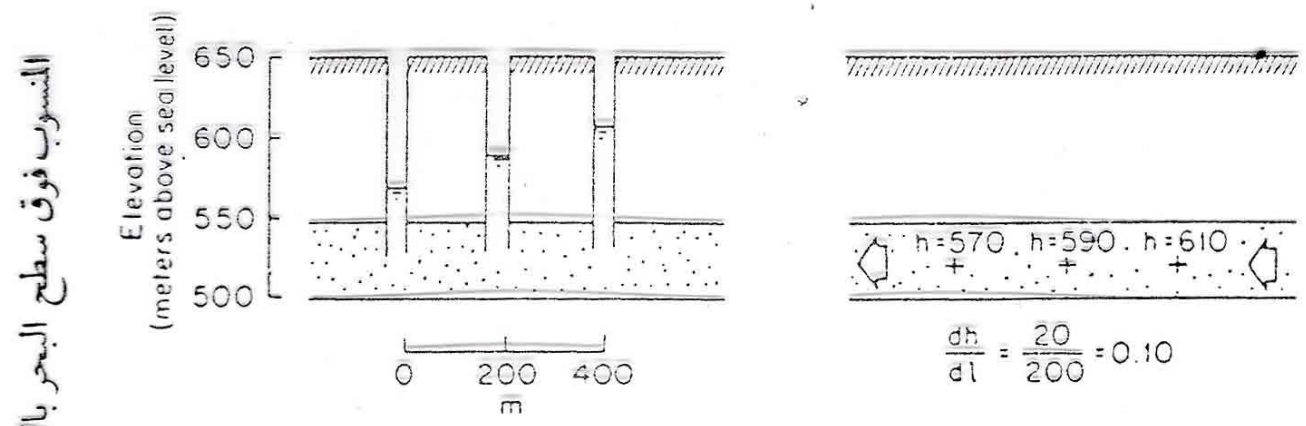
- تخفيض الماء الأرضي في بعض المناطق وحل مشاكل الصرف بالسيطرة على مصادر المياه الزائدة.
- السيطرة على مصدر الماء الناتج عن الري الزائد من خلال:

❖ زيادة كفاءة الري السطحي أو الري بالخطوط من خلال تسوية الأرض، وإضافة الماء بالكميات ألمقرره، أو استخدام الطرق الحديثة للري مثل الرش أو التنقيط.
❖ تبطين قنوات الري للتقليل أو منع الفواقد المائية بالتسرب والحد من مشاكل الصرف.
❖ زراعة نوع خاص من الاشجار على ضفاف قنوات الري يصى بها في بعض الاحيان لغرض التخلص من مياه التسرب ( الرشح ) عن طريق الاستهلاك النباتي للمياه ،وتسمى هذه الطريقة بالبزل الاحيائي ( Biological Drainage)
❖ عمل مبزل قاطع مواز لقناة الري يعمل على قطع المياه الراشحة من القناة ويمنع ذهابها الى الحقل

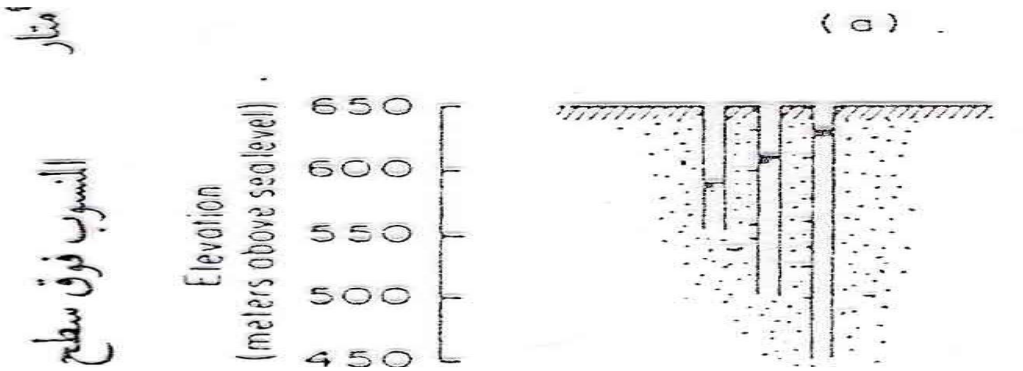
## دلائل مشاكل الصرف

١. تراكم المياه فوق سطح الأرض خاصة في الأماكن المنخفضة.
٢. ظهور تجمعات ملحيه على سطح الأرض.
٣. انتشار وتكاثر البعوض مما يدل على تراكم المياه فوق سطح الأرض.
٤. انضغاط سطح التربة نتيجة استخدام المعدات الزراعية الثقيلة عليها.
٥. صعوبة العمليات الزراعية نتيجة لتشبع التربة بالماء.
٦. ضعف نمو النباتات واصفرار أوراقها.


إمداد مائي مستمر
منسوب الماء الثابت
فائض التدفق
h
المساحة السطحية للعينة
صفيحة مسامية
العينة
حجم الماء الذي مر
في العينة خلال زمن قدره t




النظام الشبكي للبيزومترات لقياس التغير الأفقي في الميل الهيدروليكي




النظام النسقي للبيزومترات لقياس التغير الرأسي في الميل الهيدروليكي

## ٢- الدراسات اللازمة لمشاريع الصرف

يجب أن تحدد الغاية من الدراسات قبل البدء في تنفيذ أي مشروع صرف، وبشكل عام تتم الدراسات عبر مرحلتين، وتشمل ما يلي:

أ- الدراسات الاستكشافية

ب- الدراسات التصميمية

ويجب أن تتضمن هذه الدراسات العوامل الخاصة بتضاريس المنطقة، والأملاح في التربة، والماء الأرضي، وكميات المياه الزائدة. وتشمل هذه الدراسة على العناصر التالية:

١- دراسة المياه والأملاح الزائدة التي قد تشكل مشكلة في الوقت الحاضر أو في المستقبل.

٢-تحديد المنافذ الطبيعية للمياه والأملاح الزائدة

٣-تحديد مصدر المياه الزائدة

٤- تحديد الاحتياجات الصرفية، أي تحديد كمية المياه والأملاح اللازم التخلص منها

لغرض تحقيق هذه الدراسة لا بد من جمع وفحص وتحليل جميع البيانات المتعلقة بمشروع الصرف. وتشمل هذه المعلومات على معرفة تضاريس وجيولوجية المنطقة ونوع التربة فيها، ومستوى الماء الأرضي وتذبذبه، ومعدل الأمطار والملوحة وحالة الصرف السطحي.

تتطلب الدراسات الاستكشافية للمنطقة المراد إنشاء مصارف فيها دراسة حالة الصرف السطحي وتحت السطحي، ففي حالة الصرف السطحي لابد من التحري عن مصدر المياه الزائدة على سطح الأرض، مثل: مياه الفيضانات، والجريان السطحي من المناطق المجاورة، والمياه الزائدة نتيجة أعمال الري.

ومياه الفيضانات يجب أن تُدرس من حيث درجة تأثر هذه المناطق بمياه الفيضانات، وسعتها، وعمقها (عمق مياه الفيضانات)، ومدى توفر الوسائل الوقائية للحد من تأثيرها. أما إذا كان المصدر هو الجريان السطحي من المناطق المجاورة فإنه في هذه الحالة يجب دراسة خصائص المنطقة من حيث سعتها ونوع الغطاء النباتي.

أما في حالة الصرف تحت السطحي يجب أن تتركز الدراسات على الأمور الرئيسية التالية:

١- دراسة حالة المياه الجوفية ، مثل: تحديد مناسيب ارتفاع الماء الجوفي وتذبذباته السنوية، وتحديد مصادر التغذية والاتجاه العام لحركته ودرجة ملوحته. ويمكن تحقيق ذلك من خلال مراقبة الآبار الضحلة والعميقة المحفورة في المنطقة أو بحفر واستخدام أبار الرصد (أبار المراقبة) أو البيزومترات .

٢- تحديد قابلية الصرف للمشروع ، وذلك من خلال دراسة حالة منافذ المياه الزائدة وقابلية التربة للتخلص من المياه الزائدة والذي يمكن تقديره بقياس:

أ- النفاذية المشبعة للتربة

ب- عمق الطبقة الصماء

٣-تقدير كلفة مشروع الصرف، أي تقدير تكلفة إنشاء وتنفيذ المصارف بعد تخمين كلفة وحدة الطول للمصارف.

إن دراسة حالة الماء الجوفي يعد جزءاً رئيسياً من الدراسات الخاصة بتنفيذ شبكة الصرف (أي قياس منسوب الماء الجوفي ومعرفة العوامل التي تساعد على رفع وخفض منسوب الماء الجوفي ). تتأثر حالة المياه الأرضية بشكل عام بالعوامل التي تؤثر على تغذيته والعوامل التي تؤدي إلى استنزافه أو التسرب منه، فيمكن تحديد نوع المسبب و نتيجته (مثال: يمكن أن يكون التغير الحاصل في منسوب الماء الجوفي بتأثير عملية الري أو سقوط الأمطار). وعند جمع المعلومات الكافية عن الماء الأرضي يمكن تحديد عمق منسوب الماء اللازم الحفاظ عليه كي لا يؤثر على نمو المحاصيل. لذا لا بد من رصد منسوب الماء الأرضي قبل الشروع في تنفيذ مشروع الصرف وكذلك الاستمرار في الرصد حتى بعد تنفيذه.

**وسائل رصد الماء الأرضي**

لكي يتم رصد حركة المياه الأرضية للمنطقة المراد تنفيذ شبكة صرف فيها لا بد من وضع شبكة رصد تتوزع على مساحة المنطقة، وشبكة الرصد تتألف من مجموعة آبار مراقبة وبيزومترات تثبت في المنطقة لغرض جمع المعلومات عن مناسيب سطح الماء الأرضي والاختلافات في الضغوط الهيدروليكية للماء الأرضي في مواقع مختلفة، ومنها يمكن الاستدلال على اتجاه حركة الماء الأرضي وعلى تحديد المواقع التي يتغذى منها أو المناطق التي يتسرب منها الماء الأرضي. وتوضع نقاط الرصد عادة بأتجاهين، موازياً للاتجاه المتوقع لحركة الماء وكذلك بالاتجاه الرأسي عليه. كما أنها توضع في المواقع التي يتوقع أن يحدث فيها تغير في منسوب الماء الأرضي، وعلى ضفاف الأنهار والجداول والقنوات. وبشكل عام يمكن استخدام الوسائل التالية في رصد الماء الأرضي:

١- **آبار الضخ المتوفرة في المنطقة:** يمكن الاستفادة من آبار الشرب المتوفرة في المنطقة لمعرفة منسوب الماء الأرضي، يتم الرصد يومياً قبل السحب من البئر، وتكون هذه الآبار عادة ذات أقطار كبيرة نسبياً، وتتراوح أعماقها ما بين ٣ و ٥ متر عن سطح الأرض.

٢-**آبار الرصد (آبار المراقبة):** يتم حفر هذا النوع من الآبار بواسطة البريمة، يوضع في كل بئر أنبوب معدني مثقب من الجوانب كي يسمح بمرور الماء بداخله، يملأ الفراغ بين جدران الأنبوب والحفرة بمرشح يتكون من

الحصى والرمل المدرج، يساعد هذا المرشح على تسهيل عملية حركة الماء نحو البئر كما يمنع دخول حبيبات التربة الناعمة إلى داخل البئر. فهذه الآبار تستخدم فقط لتحديد مناسيب المياه الأرضية، ويكون منسوب الماء داخل بئر المراقبة يمثل منسوب الماء الأرضي في الموقع الذي حفر فيه البئر. كما أنها تفيد كثيراً لأخذ عينات من الماء الأرضي لتحليلها مختبريا لغرض معرفة نسبة الأملاح الموجودة فيها والتي تعكس حالة مشكلة التملح التي قد تحدث في الموقع، عادة تتراوح المسافة بين آبار المراقبة ما بين ٢٥٠ و ٥٠٠ متر، أي أن البئر الواحدة تخدم مساحة تقدر بحوالي ٢٠ – ١٠٠ دونم.

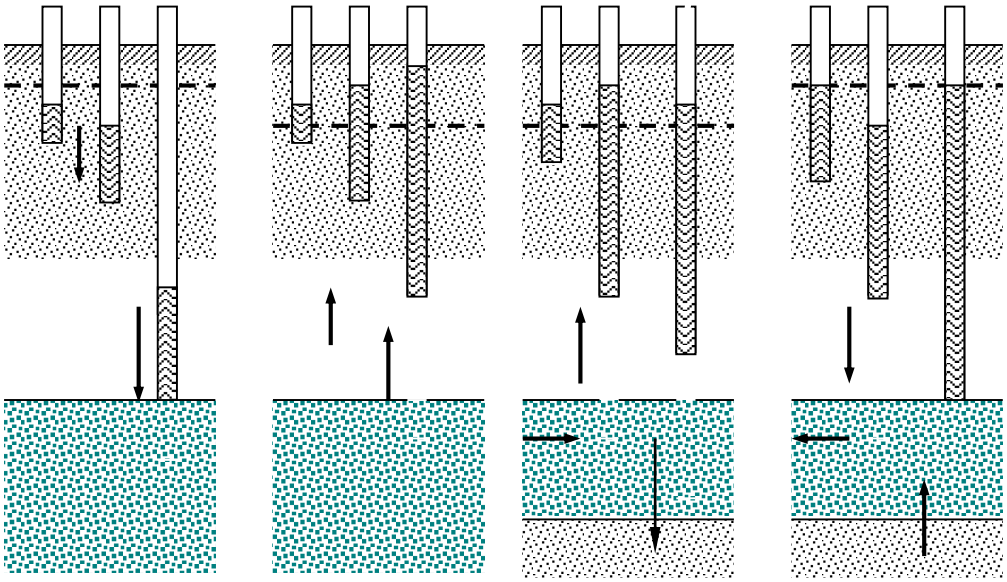
٣–**البيزومترات:** فهي عبارة عن أنابيب معدنية تثبت داخل التربة إلى العمق المراد قياس ضغط الماء فيه، وهي غير مخرمة من الجوانب، وأقطارها صغيرة مقارنة بآبار المراقبة، فالماء يدخل من الطرف السفلي للأنبوب فقط، وارتفاع الماء في الأنبوب يمثل قيمة الضاغط عند تلك النقطة ، وإذا وضعت عدة بيزومترات واحدة بالقرب من الأخرى وعلى العمق نفسه فإنها في هذه الحالة توضح اتجاه حركة الماء الأرضي ، أما إذا وضعت البيزومترات بأعماق مختلفة فيمكن بواسطتها التعرف على حركة الماء الأرضي بالاتجاه للأعلى (أي الضغط الارتوازي).

**طرق قياس الماء الأرضي**

تثبت شبكة الرصد في الموقع، وتحدد ارتفاعاتها مقارنة بمستوى مقارنة معلوم الارتفاع، كمستوى سطح البحر مثلا، بحيث تصبح شبكة الرصد ضمن نظام منسوبي واحد، وتؤخذ القراءات عادة إما كعمق الماء الأرضي بالنسبة لقمة بئر المراقبة والبيزومتر أو كمنسوب الماء عن سطح البحر. ويتم قياس مناسيب الماء الأرضي بأحدى الطرق التالية:

١– **جهاز القياس السمعي:** يتكون من أنبوب معدني قطره ٢ سم وطوله ٥ سم، يتصل بشريط قياس (شكل ٥–٢)، ينزل إلى داخل أنبوب الرصد أو البيزومتر، وعندما يرتطم بسطح الماء الموجود في بئر الرصد فإنه يصدر صوتاً، فعندها مباشرة تؤخذ القراءة بواسطة شريط القياس، وبذلك تحدد منسوب الماء الأرضي في ذلك الموقع.

٢– **المؤشر الكهربائي:** يتكون هذا الجهاز من سلكين كهربائيين متصلة بأقطاب في الأطراف، أحد الأقطاب العلوية متصل ببطارية والأخر متصل بمقياس أمبير دقيق، فعندما تلامس الأقطاب السفلي سطح الماء تبدأ الدورة الكهربائية بالانغلاق وعندها يبدأ المؤشر يشير إلى مقدار عمق أو منسوب الماء الأرضي (شكل ٦–٢).




*شكل ٤-٢: حالات مختلفة لرصد ضغوط الماء بواسطة البيزومترات*

٣- **جهاز تسجيل منسوب الماء:** يتكون الجهاز من طوافة (عوامة) صغيرة وثقل يوازنها، متصلان بمؤشر يعمل على تسجيل ارتفاع منسوب الماء الأرضي على ورق بياني بواسطة مجموعة عتلات ربط، ويسجل هذا الجهاز باستمرار مناسيب الماء الأرضي مع الزمن.

### خرائط مناسيب الماء الأرضي

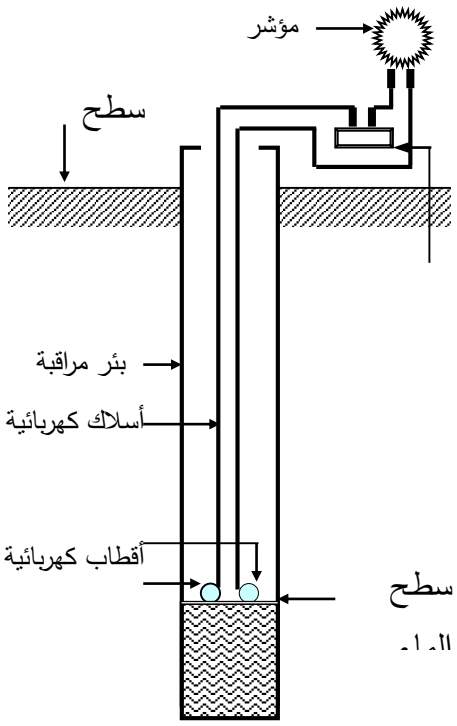
بعد جمع البيانات الخاصة بمنسوب الماء الأرضي من آبار الرصد، توضع هذه المعلومات على شكل خرائط توضح حالة الماء الأرضي في تلك المنطقة. وتقسم هذه الخرائط إلى الأنواع التالية:

١- **خرائط كنتورية لمناسيب سطح الماء الأرضي:** هذا النوع من الخرائط يبين اختلاف مناسيب الماء الأرضي في المنطقة، وغالبا ما تكون المناسيب مأخوذة على أساس معدل عدة قراءات في فترة زمنية معينة، كأن تكون معدل المناسيب لشهر واحد مثلا. وهذه الخرائط تبين اتجاه وشدة حركة الماء الأرضي.

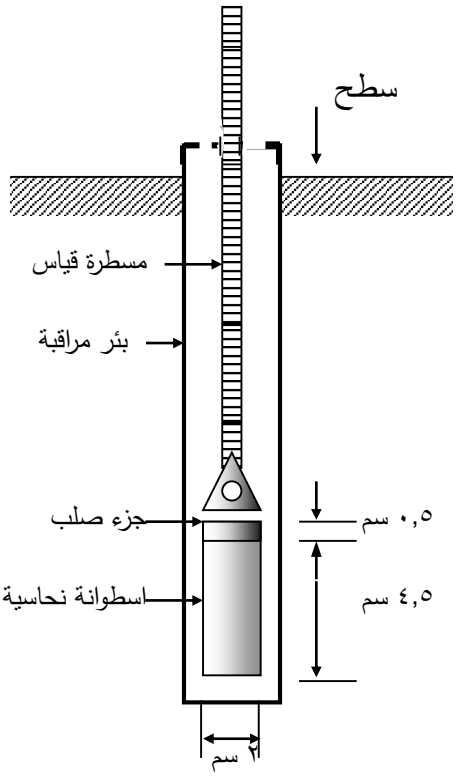
٢- **خرائط أعماق الماء الأرضي عن سطح الأرض:** يمكن استنباط هذا النوع من الخرائط من الفرق بين مناسيب سطح الأرض الكنتورية وبين خطوط مناسيب سطح الماء الأرضي الكنتورية. يفيد هذا النوع من الخرائط للاستدلال

على الأماكن التي تشكو من ضحالة في مستوى الماء الأرضي والفترة الزمنية التي تكون فيها هذه المياه مرتفعة، وذلك لتجنب زراعة المحاصيل التي قد تتأثر من هذه الحالة.

**٣- خرائط اختلاف الضغط الهيدروليكي للطبقات الحاملة:** هذه الخرائط تبين أماكن ضغوط الماء الأرضي المختلفة، فهذا النوع من الخرائط مهم جدا لمعرفة الضغوط الهيدروستاتيكية وتوزيعها وتحديد الأماكن التي قد تشكو من ارتفاع في مناسيب الماء الأرضي المتسببة في التغذية من الطبقات السفلى.




**شكل ٦-٢ : مقطع لجهاز المؤشر الكهربائي**




*شكل ٥-٢ : أجزاء الجهاز السمعي لقياس منسوب الماء الأرضي*

**٤- خرائط نوعية المياه:** يتم عمل هذا النوع من الخرائط بأخذ عينات من الماء الأرضي من آبار الرصد وفحص ملوحتها وتثبيت ذلك على الخارطة حسب مواقع أخذها من آبار الرصد، بعد ذلك ترسم خطوط كنتورية تربط بين النقاط ذات الملوحة المتساوي

## طاقة المياه المتحركة

يتميز كل نظام ميكانيكي بنوعين من الطاقة

أ- الطاقة الحركية Kinetic energy

ب- الطاقة الكامنة Potential energy

بما ان حركة المياه في التربة تسير بسرعة قليلة جدا ،فان مقدار طاقتها الحركية تعتبر قليلة جد لذا تهمل في حساباتنا .

اما الطاقة الكامنة فهي تعني المقدرة الكامنة لانجاز عمل معين . وكل كتلة تحمل طاقة كامنة بالنسبة الى موضعها وارتفاعها عن مستوى معين . والطاقة الكامنة هي بالحقيقة تساوي الشغل اللازم لرفع تلك الكتلة من المستوى المعين الى موقعها الحالي .

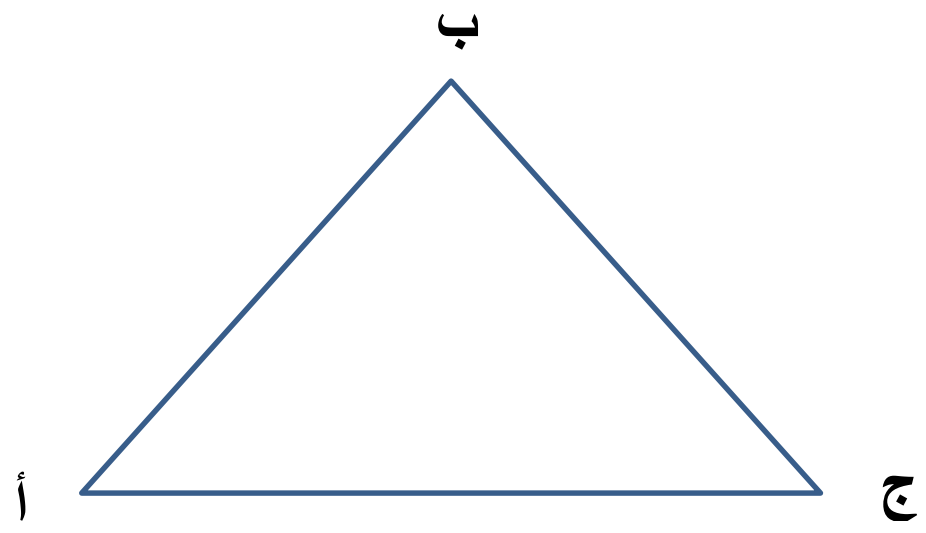
اذن الطاقة الكامنة لكل وحدة وزن من سائل معين تساوي ارتفاعه عن المستوى المعين

وفي حركة الماء الارضي يطلق على هذه الطاقة ( الضاغط الهيدروليكي) ويقاس بالبيزومتر .

حيث يمثل عمود الماء في البيزومتر مقدار الضاغط الهيدروليكي للماء الارضي في النقطة الواقعة في نهاية البيزومتر .

## تحديد اتجاه حركة المياه الجوفية الحرة

يستعان في تحديد اتجاه حركة المياه الجوفية الحرة برصد مناسيب سطح المياه الجوفية من داخل ثلاثة ابار تشكل رؤوس مثلث أ ، ب ، ج كما موضح بالشكل ولنفرض ان مناسيب المياه هي ٣٤ ، ٣٨ ، ٣٠ داخل الابار أ ، ب ، ج على التوالي .



## المسوحات الهيدروبيدولوجية

هو جمع المعلومات الخاصة بصفات التربة الفيزيائية والهيدرولوجية اللازمة لتصاميم البزل واهمها :

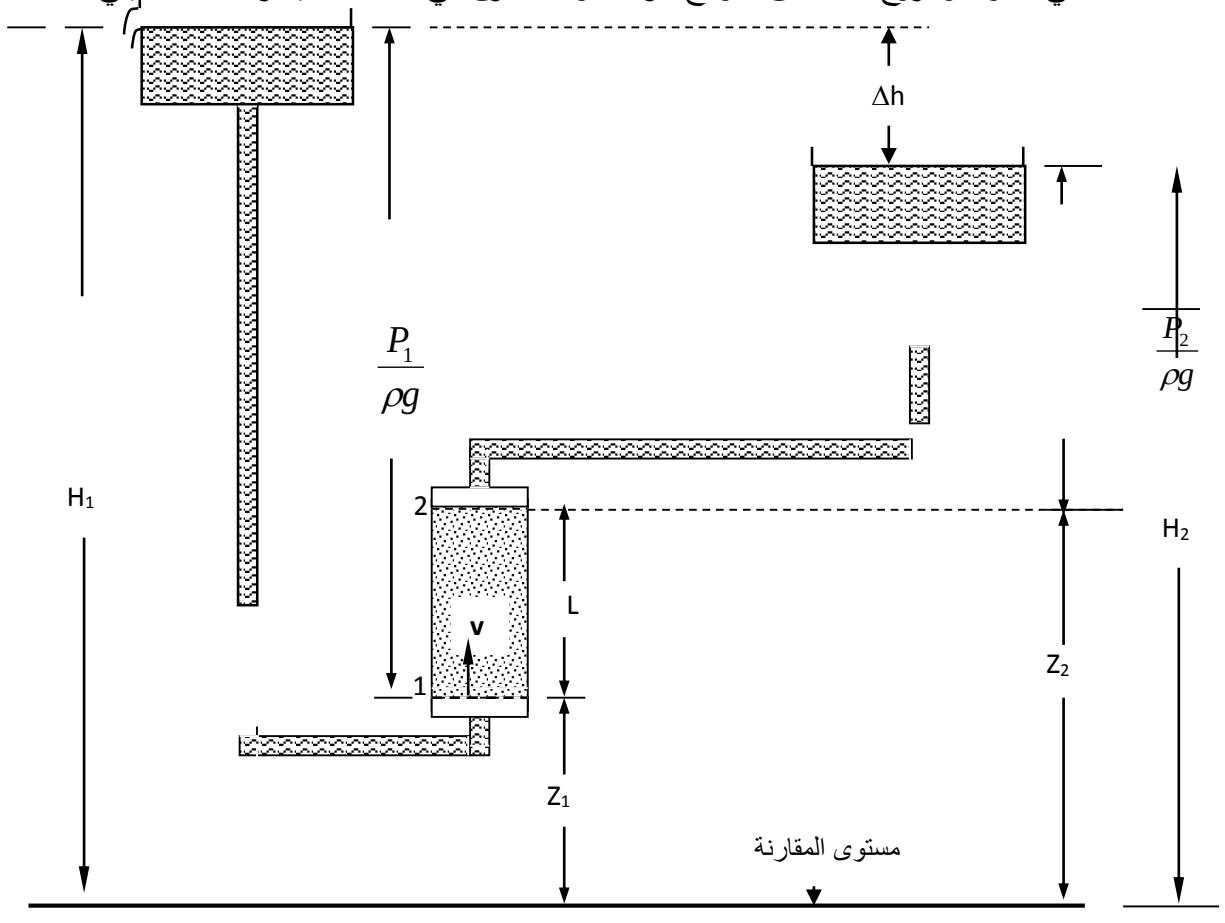
١. النفاذية Hydraulic conductivity
٢. معدل الرشح Infiltration Rate
٣. الملوحة والقاعدية Salinity and Alkalinity

## نفاذية التربة

تعد النفاذية صفة مهمة للتربة خاصة في حالة وضع التصاميم للمصارف، فهي تدل على قابلية التربة لإمرار الماء خلالها، أي أنها تعبر عن معدل أو سرعة مرور الماء خلال التربة، ووحداتها هي (L/T). وتقاس نفاذية التربة في المختبر (المعمل) أو في الحقل.

### قانون دارسي

هذا القانون يوضح حركة الماء الأرضي داخل التربة، توصل العالم دارسي لهذا القانون نتيجة لتجارب أجراها على نموذج رملي، فالشكل (٢-٤) يبين مخطط للتجربة التي أجراها سنة ١٨٥٦م، لاحظ دارسي بأن كمية المياه المتدفقة من خلال نموذج الرمل بوحدة الزمن (التصرف) تتناسب طردياً مع الفرق في الضاغط الهيدروليكي للماء عند منطقتي دخول وخروج الماء من نموذج الرمل، وهذا الفرق في الضاغط يعبر عنه كما يلي:



*شكل ٢-٤: توزيع الضغط والفاقد في الطاقة نتيجة تدفق الماء خلال عمود من التربة*

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad \text{.....(٤-٧)}$$

ووجد أيضاً بأن التصرف يتناسب عكسياً مع طول نموذج الرمل الذي يعبر عن طول مسار التدفق، ويمكن التعبير عن هذه العلاقة بالصيغة التالي

$$Q = K \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot A \quad \text{.....(٤-٨)}$$

حيث أن:

Q= معدل التدفق خلال نموذج الرمل ($L^3T^{-1}$)

$\Delta h$= الفاقد في مقدار الضاغط (L)

L= طول مسار التدفق (L)

A= مساحة مقطع الأنبوب ($L^2$)

K= ثابت التناسب، ويعتمد على طبيعة الرمل والسائل ($LT^{-1}$)، ويدعى معامل النفاذية أو التوصيل الهيدروليكي

ولكن معدل التدفق أو التصرف لوحدة مساحة المقطع (v) وتسمى أيضا السرعة الظاهرية، يمكن التعبير عنها كالآتي:

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{.....(٤-٩)}$$

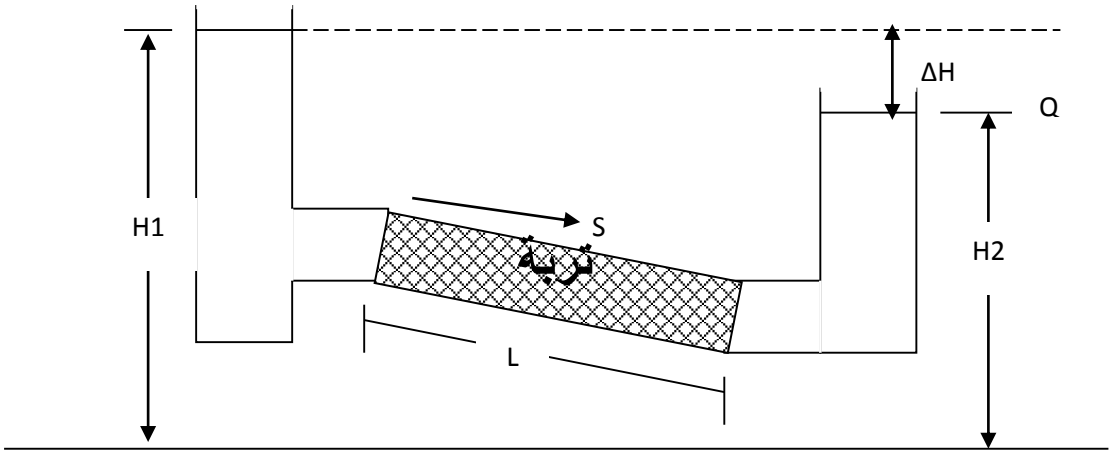
وبالتعويض عن مقدار فاقد الضاغط الهيدروليكي لوحدة طول مسار التدفق ($\frac{\Delta h}{L}$)، والذي يدعى الميل الهيدروليكي (i) في المعادلة (٤-٨) نحصل على قانون دارسي بصيغته البسيطة كما يلي:

$$v = - k\, i \quad \text{.....(٤-١٠)}$$

وعليه ينص قانون دارسي بأن السرعة الظاهرية تتناسب طردياً مع الضاغط الهيدروليكي باتجاه التدفق، والإشارة السالبة تبين بأن التدفق يكون باتجاه الضاغط الهيدروليكي الأقل. يصح استخدام قانون دارسي في حالة الترب التي يتدفق الماء خلالها بسرعة قليلة، وتكون طبيعة تدفق الماء طباقي.

$$K=\frac{Q*L}{\Delta h*A}$$

وهذه هي الصيغة النهائية لقانون دارسي .




**شكل١,٤. المكونات الرئيسية لتجربة دارسي**

**<u>اسطوانة كوبيكي :</u>**عبارة عن اسطوانة حديدية بطول ٥١ ملم وقطر ٥٠ ملم وحافتها حادة لغرض تسهيل عملية غرسها في الارض .

**قياس النفاذية في المختبر**

توجد عدة طرق لقياس النفاذية معملياً، كل طريقة تناسب ظروف معينة ونوعيات ترب معينة، ومن هذه الطرق ما يلي:

**١-مقياس النفاذية ذو الضاغط الثابت:** يستخدم هذا الجهاز في قياس للترب المتماسكة وتحت ضغوط منخفضة، يستخدم في قياس النفاذية لغاية ١٠$^{-٢}$ سم/ثا. ، فهي تطبيق مباشر لقانون دارسي،

**٢-مقياس النفاذية ذو الضاغط المتغير**

**قياس النفاذية في الحقل**

تعد قياسات نفاذية التربة في الحقل مهمة للغاية لأغراض وضع التصاميم لشبكات الصرف، بهذه الطريقة تقاس نفاذية التربة في الموقع دون التأثير على طبيعة التربة، أما بالنسبة للتجارب المختبرية فإنها لا تمثل القياسات الفعلية بسبب صغر حجم العينة التي تجرى عليها تجارب قياس النفاذية، ولأنها أيضاً لا تمثل التربة في وضعها الطبيعي، وهناك طرق عديدة لقياس النفاذية الحقلية، منها الطرق التي تقيس النفاذية في الحقل للطبقات الواقعة أسفل سطح الماء الأرضي، وطرق أخرى تقيس النفاذية في حالة عدم وجود ماء أرضي. ومن أهم هذه الطرق ما يلي:

**أ- طرق قياس النفاذية الحقلية بوجود ماء أرضي**

**١- طريقة حفرة البريمة**

) يحفر ثقب داخل الأرض قطره حوالي ٦ سم، يمتد إلى مسافة ٠,٥ متر تحت منسوب الماء في التربة، وبعد أن يستقر منسوب الماء الأرضي داخل الحفرة يسجل ارتفاعه، ثم يضخ حوالي ٧٥% من عمق الماء خارج الحفرة، وبعد ذلك تبدأ عملية رصد صعود منسوب الماء في الحفرة لمسافة مقدارها $\Delta Y$ ، ثم تكرر العملية لعدة مرات لغرض حساب النفاذية (معامل التوصيل الهيدروليكي)

K = نفاذية التربة (سم/ساعة)

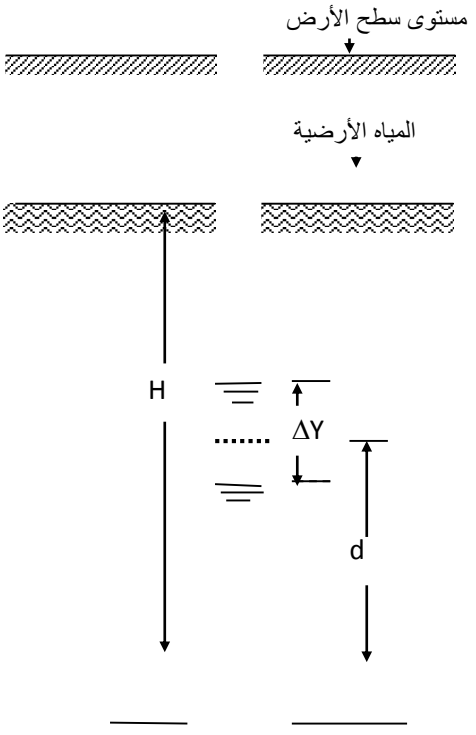
r = نصف قطر الثقب (سم)

H = عمق المياه داخل الثقب وتساوي D-B على الرسم (سم)

$\Delta Y$ = مقدار ارتفاع الماء داخل الثقب (سم) خلال فترة زمنية ($\Delta t$) بالثواني

d = متوسط عمق المياه داخل الثقب أثناء التجربة (سم)

S = دالة تتوقف على قيم $\frac{r}{H}$ و $\frac{d}{H}$ ، ويمكن تحديد قيمتها من الشكل




**شكل ٩-٤: قياس النفاذية بطريقة حفرة البريمة**

ويفضل أن تبعد الطبقة الصماء عن نهاية الثقب بمقدار H

ويمكن استخدام منحنيات ارنست (الشكل ١١-٤) ومعادلته التي قدمها بالصيغة العامة التالية:

$$K = C\frac{\Delta Y}{\Delta t} \quad \text{(٤-٣٦)}$$

حيث أن:

K = نفاذية التربة (م/يوم)

$\frac{\Delta h}{\Delta t}$ = معدل ارتفاع الماء في حفرة البريمة (سم/ثانية)

C = معامل الشكل الذي هو دالة لكل من العوامل التالية:

١- معدل عمق الماء في الحفرة عن منسوب الماء الجوفي خلال زمن القياس $(\bar{h})$.

٢- عمق نهاية الحفرة عن منسوب الماء الجوفي (H).

٣- نصف قطر الحفرة (r).

٤- عمق الطبقة الصماء عن نهاية الحفرة (D).

ويمكن إيجاد قيمة C من منحنيات ارنست

**ب- قياس النفاذية في حالة عدم وجود ماء أرضي**

١-**<u>الطريقة المعكوسة لحفرة البريمة:</u>** تشبه هذه الطريقة عملية قياس النفاذية بواسطة البريمة تماماً، حيث يحفر إلى العمق المطلوب، ثم يملأ بالماء لمنسوب معين، ويتم بعد ذلك رصد معدل هبوط مستوى الماء بداخله (شكل ١٥-٤)، وهذه الطريقة تختلف عن طريقة البريمة في حالة قياس النفاذية تحت سطح الماء الأرضي كون أن الماء يهبط من أعلى إلى أسفل عكس اتجاه حركتها، وتستخدم المعادلة التالية لحساب قيمة النفاذية:

$$K = \frac{1.15\, r\left[\log_{10}\left(h_1 + \frac{r}{2}\right) - \log_{10}\left(h_2 + \frac{r}{2}\right)\right]}{(t_2 - t_1)} \quad \ldots\ldots(٤-٣٨)$$

أو يمكن استخدام العلاقة التالية لإيجاد قيمة النفاذية:

$$K = 1.15\, r \cdot \tan\alpha \quad \ldots\ldots(٤-٣٩)$$

ويمكن الحصول على قيمة ($\tan\alpha$) من العلاقة الخطية التي تربط بين [$\log_{10}(h+r/2)$] و الزمن (t)، وهذه العلاقة تنشأ عادة عند رسم مجموعة القياسات المأخوذة أثناء التجربة لاستبعاد

جدول ١-٤: قيم المعامل c المستخدمة بطريقة ارنست لتقدير النفاذية.

| $H/r$ | $\bar{h}/H$ | $D/H$ للطبقة الصماء | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | صفر | ٠,٠٥ | ٠,١ | ٠,٢ | ٠,٥ | ١,٠ | ٢,٠ | ٥,٠ | ٦,٠ |
| ١ | ١,٠ | ٤٤٧ | ٤٢٣ | ٤٠٤ | ٣٧٥ | ٣٢٣ | ٢٨٦ | ٢٦٤ | ٢٥٥ | ٢٥٤ |
| | ٠,٧٥ | ٤٦٩ | ٤٥٠ | ٤٣٤ | ٤٠٨ | ٣٦٠ | ٣٢٤ | ٣٠٣ | ٢٩٢ | ٢٩١ |
| | ٠,٥٠ | ٥٥٥ | ٥٣٧ | ٥٢٢ | ٤٩٧ | ٤٤٩ | ٤١١ | ٣٨٦ | ٣٨٠ | ٣٧٩ |
| ٢ | ١,٠ | ١٨٦ | ١٧٦ | ١٦٧ | ١٥٤ | ١٣٤ | ١٢٣ | ١١٨ | ١١٦ | ١١٥ |
| | ٠,٧٥ | ١٩٦ | ١٨٧ | ١٨٠ | ١٦٨ | ١٤٩ | ١٣٨ | ١٣٣ | ١٣١ | ١٣١ |
| | ٠,٥٠ | ٢٣٤ | ٢٢٥ | ٢١٨ | ٢٠٧ | ١٨٨ | ١٧٥ | ١٦٩ | ١٦٧ | ١٦٧ |
| ٥ | ١,٠ | ٥١,٩ | ٤٨,٦ | ٤٦,٢ | ٤٢,٨ | ٣٨,٧ | ٣٦,٩ | ٣٦,١ | | ٣٥,٨ |
| | ٠,٧٥ | ٥٤,٨ | ٥٢,٠ | ٤٩,٩ | ٤٦,٨ | ٤٢,٨ | ٤١,٠ | ٤٠,٢ | | ٤٠,٠ |
| | ٠,٥٠ | ٦٦,١ | ٦٣,٤ | ٦١,٣ | ٥٨,١ | ٥٣,٩ | ٥١,٩ | ٥١,٠ | | ٥٠,٧ |
| ١٠ | ١,٠ | ١٨,١ | ١٦,٩ | ١٦,١ | ١٥,١ | ١٤,١ | ١٣,٦ | ١٣,٤ | | ١٣,٤ |
| | ٠,٧٥ | ١٩,١ | ١٨,١ | ١٧,١ | ١٦,٥ | ١٥,٥ | ١٥,٠ | ١٥,٠ | | ١٤,٨ |
| | ٠,٥٠ | ٢٣,٣ | ٢٢,٣ | ٢١,٠ | ٢٠,٦ | ١٩,٥ | ١٩,٠ | ١٨,٨ | | ١٨,٧ |
| ٢٠ | ١,٠ | ٥,٩١ | ٥,٥٣ | ٥,٣٠ | ٥,٠٦ | ٤,٨١ | ٤,٧٠ | ٤,٦٦ | | ٤,٦٤ |
| | ٠,٧٥ | ٦,٢٧ | ٥,٩٤ | ٥,٧٣ | ٥,٥٠ | ٥,٢٥ | ٥,١٥ | ٥,١٠ | | ٥,٠٨ |
| | ٠,٥٠ | ٧,٦٧ | ٧,٣٤ | ٧,١٢ | ٦,٨٨ | ٦,٦٠ | ٦,٤٨ | ٦,٤٣ | | ٦,٤١ |
| ٥٠ | ١,٠ | ١,٢٥ | ١,١٨ | ١,١٤ | ١,١١ | ١,٠٧ | ١,٠٥ | | | ١,٠٤ |
| | ٠,٧٥ | ١,٣٣ | ١,٢٧ | ١,٢٣ | ١,٢٠ | ١,١٦ | ١,١٤ | | | ١,١٣ |
| | ٠,٥٠ | ١,٦٤ | ١,٥٧ | ١,٥٤ | ١,٥٠ | ١,٤٦ | ١,٤٤ | | | ١,٤٣ |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١٠٠ | ١,٠ | ٠,٣٧ | ٠,٣٥ | ٠,٣٤ | ٠,٣٤ | ٠,٣٣ | ٠,٣٢ | ٠,٣٢ |
| | ٠,٧٥ | ٠,٤٠ | ٠,٣٨ | ٠,٣٧ | ٠,٣٦ | ٠,٣٥ | ٠,٣٥ | ٠,٣٥ |
| | ٠,٥٠ | ٠,٤٩ | ٠,٤٧ | ٠,٤٦ | ٠,٤٥ | ٠,٤٤ | ٠,٤٤ | ٠,٤٤ |

## نظم الصرف الزراعي

### تصنيف المصارف

تصنف المصارف حسب سعتها ووظيفتها، وبشكل عام تتكون شبكة الصرف من مجموعة مصارف، لكل نوع منها وظيفة معينة، والشكل (١-٦) يبين أنواع المصارف في أي نظام صرف متكامل:

١- **المصارف الحقلية:** تنفذ هذه المصارف في الحقول المراد استصلاحها لغرض جمع المياه السطحية الفائضة عن الحاجة ونقلها إلى المصارف المجمعة، وتعمل أيضاً على تخفيض منسوب الماء الأرضي.

٢-**المصارف المجمعة الفرعية:** تكون سعتها اكبر من المصارف الحقلية، وظيفتها جمع المياه من المصارف الحقلية ونقلها إلى المصارف المجمعة الرئيسية.

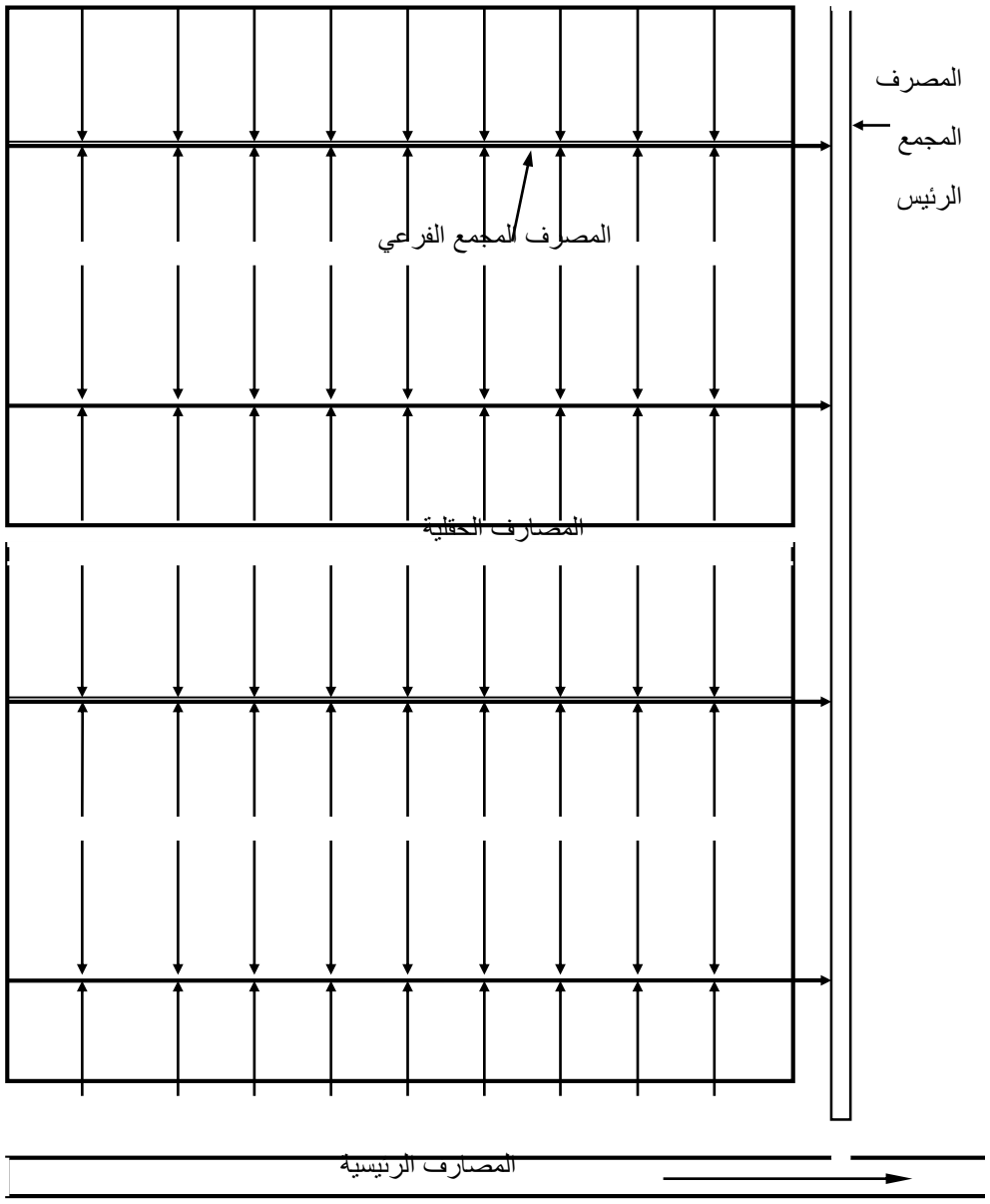
٣-**المصارف المجمعة الرئيسية:** سعة هذه المصارف تكون عادة كبيرة، فهي تجمع المياه من المصارف المجمعة الفرعية ونقلها إلى المصارف الرئيسية.

٤-**المصارف الرئيسية:** تكون سعة هذه المصارف كبيرة جداً مقارنة بالأنواع الأخرى، فهي تجمع المياه من المصارف المجمعة الرئيسية ثم تلقي بها في المصب الذي يقع خارج المنطقة الزراعية.

### أنواع المصارف

أ- **المصارف المفتوحة:** هي المصارف المنفذة في الحقل على هيئة قنوات مفتوحة، وهي تشبه إلى حد كبير قنوات الري، غير أنها تكون أعمق وتقع في المناطق المنخفضة من الحقل.

ب-**المصارف المغطاة:** فهي مصارف أنبوبية تنفذ وتدفن تحت سطح الأرض، وهي عبارة عن أنابيب مخرمة في جدرانها الخارجية، ويدخل ماء الصرف في هذه الأنابيب من خلال هذه الفتحات.




**شكل ١-٦ : رسم تخطيطي يبين أنواع المصارف ضمن شبكة الصرف الزراعي**

## مزايا المصارف المفتوحة

١. تستطيع صرف ونقل كميات كبيرة من الماء لأن مقطعها العرضي كبير.
٢. يمكن استعمالها أيضا لصرف المياه الزائدة اليومية نتيجة الأمطار أو الفيضانات.
٣. لا تحتاج إلى انحدار كبير وهذا مهم في الأراضي المستوية.
٤. التعرف بسهولة على مناطق العطل والانسداد فيها.
٥. يمكن تنظيف وصيانة المصرف في أي وقت يتطلبه الأمر.
٦. التكاليف الابتدائية للمشروع منخفضة نسبيا.

## عيوب المصارف المفتوحة

١. تشغل المصارف المفتوحة مساحات واسعة من الأراضي الزراعية قد تصل نسبتها إلى حوالي ١٥% من مساحة المنطقة.
٢. تعيق سير وحركة المكائن والآلات الزراعية.
٣. تحتاج إلى صيانة وتنظيف مستمرين مما يزيد من تكاليف الصيانة.
٤. تحتاج إلى إنشاء جسور فوق المصارف لعبور الأشخاص والمواشي والمعدات والمكائن الزراعية.
٥. تشكل مكانا ملائما لنمو الأعشاب وانتشار الحشرات الضارة بالصحة العامة والاقتصاد.

## ثانيا: المصارف المغطاة

هي المصارف المدفونة تحت سطح الأرض ومخفيه عن النظر، يشمل هذا النظام على المصارف الحقلية والمجمعة والرئيسية، وتكون جميعها تحت سطح الأرض.

## مزايا الصرف المغطى

١. توفر ١٠-١٥% من الأراضي الزراعية مقارنة بالمصارف المفتوحة.
٢. لا تحتاج إلى كثير من المنشآت كالجسور والقناطر.
٣. لا تسمح بنمو الأعشاب أو تكاثر الحشرات.
٤. تحتاج إلى صيانة أقل مما تحتاجه المصارف المفتوحة.
٥. يمكن إجراء جميع العمليات الزراعية الآلية بسهولة وبدون عوائق.

## عيوب الصرف المغطى

١. تكون تكاليفه الابتدائية عالية
٢. عدم إمكانية التخلص من المياه السطحية الزائدة بسرعة أو بسهولة إلا بعد عمل منافذ أو فتحات سطحية خاصة لهذا الغرض.
٣. صعوبة التعرف على مكان الانسداد أو الضرر في المصارف المغطاة.
٤. يحتاج تخطيطها وتنفيذها إلى خبرات ومهارات فنية.
٥. احتمال انسداد المصارف الصغيرة بسرعة نتيجة لتراكم الترسبات أو الأملاح فيها أو نتيجة لتغلغل جذور النباتات داخل المصارف.

**أنواع شبكات الصرف**

تنقسم نظم الصرف إلى نوعين، هما:

١-الصرف الرأسي (الصرف بواسطة الآبار)

٢-الصرف الأفقي

**شبكات الصرف الرأسي (الآبار)**

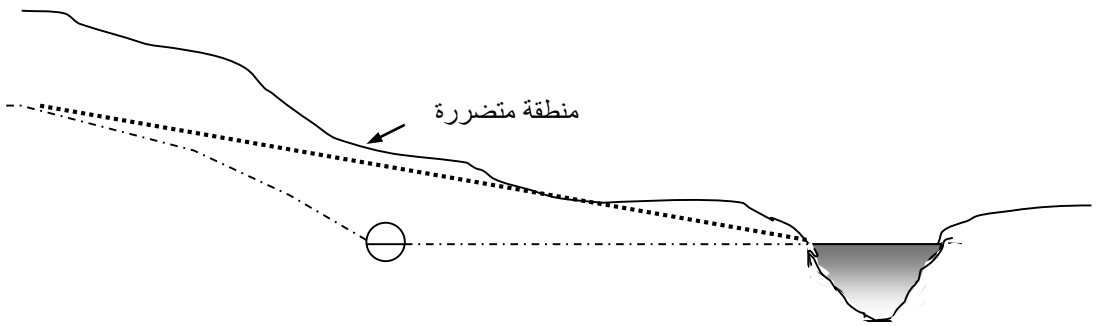
تستخدم للسيطرة على منسوب الماء الأرضي بحفر عدة آبار في المنطقة المراد تخليصها من المياه الفائضة عن حاجة النباتات، إلا أن استخدام هذه الطريقة محدود جداً، وهو يستخدم في المناطق التي يكون فيها منسوب الماء الأرضي مرتفع وتكون نوعية المياه بشكل عام صالحة للزراعة، ففي هذه الحالة يعمل هذا النظام على تجهيز الحقول بمياه الري وبنفس الوقت يقوم بأداء عملية الصرف معاً. تكاليف هذا النظام مقارنة مع نظام الصرف الأفقي تكون قليلة، كذلك كلفة صيانته قليلة جداً، كما أنه يمكن بهذا النظام تخفيض منسوب الماء الأرضي إلى عمق أكثر مما هو عليه الحال في النظام الصرف الأفقي، غير أنه غير اقتصادي للمشاريع الصغيرة، علاوة على أنه من الصعب التخلص من المياه السطحية المتجمعة نتيجة للعواصف المطرية بهذا النظام. يفضل استخدام هذا النوع في الاراضي ذات الزراعة الكثيفة مثل البساتين لانها لاتحتاج الى مساحات واسعة .

**شبكات الصرف الأفقية**

تعد هذه الشبكة الأكثر استخداماً لأغراض الصرف الزراعي، وتنقسم إلى نوعين، هما: ١-المصارف القاطعة و ٢-المصارف المخففة

**المصارف القاطعة**

يستخدم هذا النوع من المصارف لغرض قطع المياه المتحركة من جهة معلومة وايقاف حركتها الجانبية والتخلص من المياه. ويتم إنشاء مثل هذه المصارف بشكل عمودي على اتجاه حركة المياه. وتكون أكثر فاعلية في حالة وجود طبقة صماء على عمق يتراوح ما بين ٤ و ٥ متر من سطح الأرض. وفي هذه الحالة يوضع المصرف عند هذه الطبقة أو بالقرب منها (الشكل ٣-٦).




**شكل ٣-٦: مقطع يبين موضع المصرف القاطع**

**المصارف المخففة**

ينشأ هذا النوع من المصارف على أعماق مختلفة تحت سطح التربة بهدف التخلص من المياه الفائضة عن حاجة النباتات وتخفيض منسوب الماء بعيداً عن منطقة الجذور، ويتحرك الماء الأرضي عادة نحو المصارف نتيجة للقوة المحركة الناتجة عن الفرق في انحدار الجهد الكلي للماء بين ما هو موجود في التربة وما هو موجود في المصرف. وعادة تستخدم هذه الأنواع في الحقول لتخفيض منسوب الماء الأرضي في الحقل.

**أنماط شبكات صرف التخفيف**

يعتمد شكل شبكة الصرف على طبيعة تضاريس الأرض المراد تنفيذ المصارف فيها. بشكل عام تكون الشبكة فعالة في حالة إنشاؤها في المناطق المنخفضة التي تتجمع عادة فيها المياه الزائدة، والشكل (٤-٦) يبين الأنماط المختلفة لشبكات الصرف المخففة:

أ- **المنظومة المتوازية:** تشتمل على مصارف حقلية رأسية على المصرف الرئيس، المسافة بينها عادة تكون غير محددة، بل معتمدة على ظروف الموقع، وتستخدم في المناطق المنبسطة والمنتظمة الشكل ذات نفاذية متجانسة.

ب- **منظومة هيكل عظام السمكة:** تتبع هذه الطريقة في التخطيط عندما تكون الأرض منحدرة بانتظام من الجانبين إلى الوسط، وعليه يوضع المصرف المجمع في المنطقة المنخفضة، وتوضع المصارف الحقلية على جانبي المجمع بحيث تلتقي معه من الجانبين بزاوية حادة.

ج- **منظومة الخطين المجمعين:** يشتمل هذا النوع على مصارف حقلية متوازية تلتقي بمجمعين متوازيين يقعان على جانبي المنخفض، يستخدم عادة هذا النظام في المناطق ذات الانخفاض الطبيعي ويخترقها مجرى مائي.

د- **النظام العشوائي أو الطبيعي:** يستخدم هذا النظام عادة في الحقول التي لا تحتاج إلى صرف تام بواسطة مصارف حقلية ذات مسافات متساوية، وعليه يمكن استخدام هذا النظام في المناطق التي تحتاج إلى صرف جزئي بهدف صرف المساحات المتضررة الصغيرة أو بعض المساحات المعزولة، ويمتاز هذا النظام بالمرونة في اختيار مواقع المصارف الحقلية، علاوة على أنه اقتصادي لأن الأنابيب المجمعة توضع عادة في المناطق المنخفضة، كما توضع المصارف الحقلية في المنخفضات الفرعية المتضررة.

## ٦-٦ تخطيط مواقع المصارف

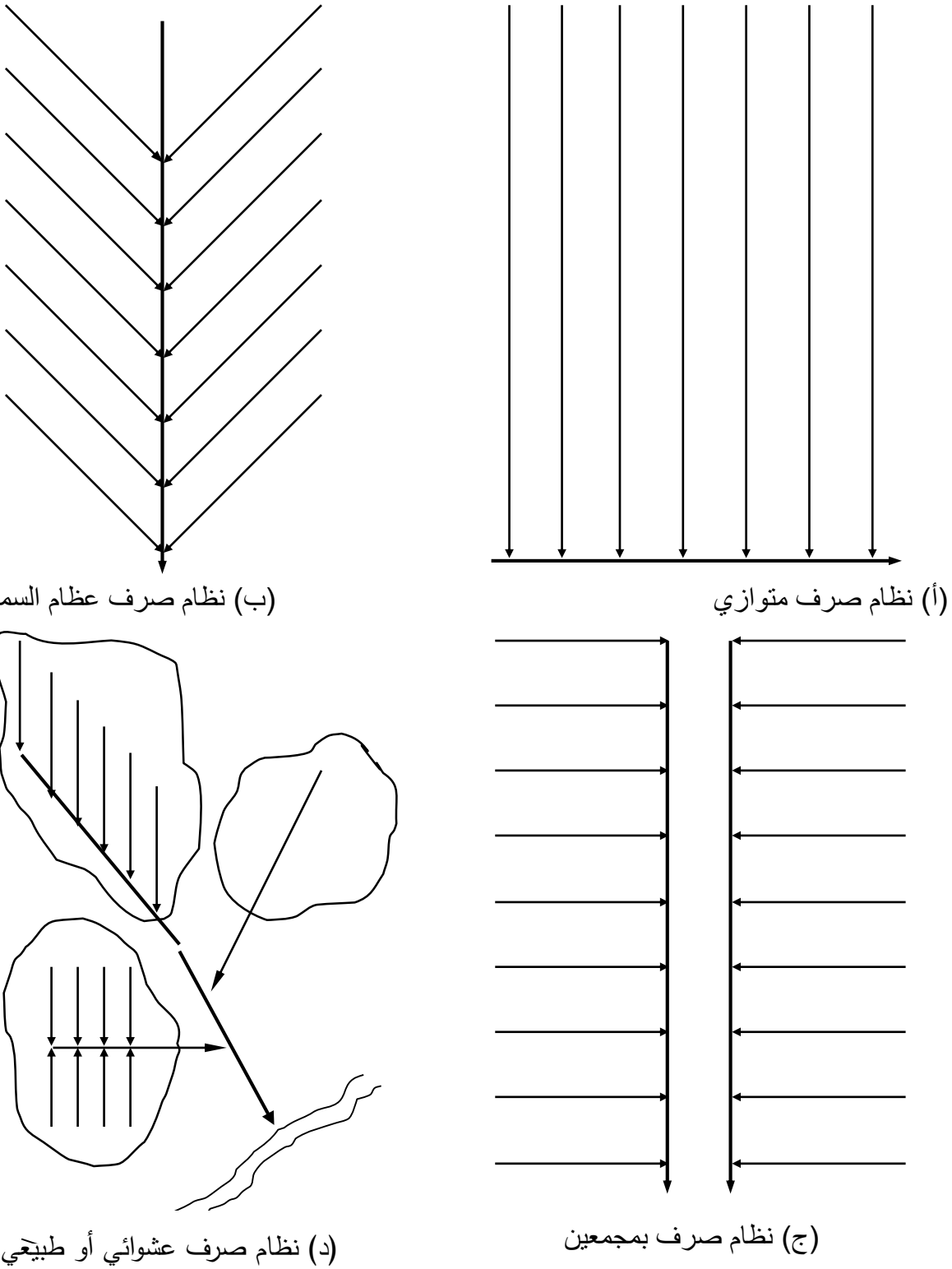
أن أهم الأمور الواجب مراعاتها عند تحديد مواقع المصارف هي:

١-إعداد وتهيئة خارطة كنتورية لتوضح تضاريس المنطقة المراد تصميم شبكة صرف فيها.

٢-من واقع ارتفاع المياه الأرضية في أبار المراقبة ترسم خارطة كنتورية تبين اتجاه ومصدر حركة الماء الأرضي.

٣-اختيار المواقع المنخفضة في الحقل لتنفيذ حفر المصارف فيها، هذا الموقع يساعد على حركة الماء إليها ويخفض أيضا من تكاليف إنشاؤها.

٤-تنفذ المصارف في تربة غير معرضة للانهيارات وبعيدة عن أماكن حدوث الزوابع الترابية.




**شكل ٤-٦: أنماط مختلفة لشبكات صرف التخفيف**

٥-يختار أقصر طول ممكن للمصارف، ويفضل أن تكون المصارف مستقيمة بقدر الإمكان لتخفيض التكاليف.

٦-اختيار ميول جانبية ملائمة للتربة في حالة الصرف المفتوح كي لا تنهار جوانب القنوات.

٧-انشأ المصارف خلال المواسم الزراعية المناسبة، بحيث تسهل حركة المعدات والحفارات ولا تكون هناك أضرار كبيرة بالمزروعات أثناء العمل.

**عمق المصارف الحقلية:** يتوقف عمق المصارف على عدة عوامل منها ما يلي:

أ - منسوب الماء الأرضي في الحقل

ب – ارتفاع منسوب الماء داخل المصرف المجمع

ج – مدى تجانس طبقات التربة وعمق الطبقة الصماء عن سطح الأرض

د- نوع التربة، فهي تؤثر من خلال النفاذية على تحديد المسافة بين المصارف وبالتالي تؤثر على ارتفاع الماء بواسطة الخاصية الشعرية.

هـ-**نوع النبات**، عادة تحتاج جميع النباتات إلى أن تكون منطقة الجذور غير غدقة (غير مشبعة بالماء)، وتختلف أعماق هذه المنطقة حسب نوع النبات، فمثلاً عمق هذه الطبقة للمراعي تتراوح ما بين ٥٠ و ٧٥ سم ، وللحبوب ٨٥ و ١٢٥ سم وللقطن ١٥٠ و ٢٠٠ سم ، وللفواكه ١٥٠ و ٢٥٠ سم.

و- **نوع الميكنة والمعدات** المتوفرة لأغراض الحفر

وبشكل عام إذا زاد عمق المصارف عن الحد المطلوب فإن التكلفة تزداد، وبنفس الوقت أن الزيادة بالعمق قد تساعد على تحسين خواص التربة وتساعد على زيادة إنتاجية المحصول لوحدة المساحة، ولكن إذا زاد العمق عن حد معين فإن الإنتاجية لا تزيد مع زيادة العمق بعد هذا الحد .

# المسافات بين المصارف

تعد المسافة بين المصارف الحقلية من أهم عناصر التصميم في شبكات الصرف، وتعتمد المسافة عل عدة عوامل، أهمها ما يلي:

١-صفات التربة الطبيعية والكيميائية، مثل المسامية والنفاذية وتركيز الملوحة

٢-عمق الطبقة الصماء من أرضية المصرف

٣-انحدار سطح الأرض المراد تنفيذ شبكة صرف فيها

٤-منسوب الماء الأرضي وطبيعة حركته واتجاهه

٥-نوعية مياه الري وعدد نوبات الري

٦-عمق المصارف المغطاة وأقطارها

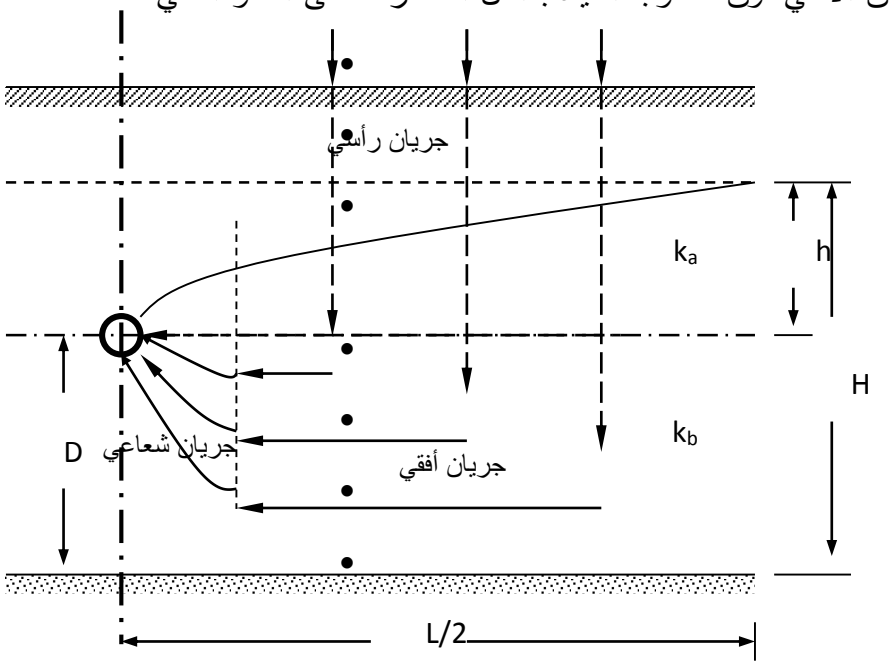
٧-طبيعة الفعاليات الزراعية المتعلقة بإنتاجية المحاصيل، كطرق الزراعة وأنواع المحاصيل وعمق الجذور واحتياجات الغسيل

لقد أجريت دراسات وأبحاث كثيرة لاستنباط معادلة أو علاقة لتحديد المسافة بين المصارف الحقلية، واستخدم لهذا الغرض العديد من النظريات التي قد تعتمد على فرضيات عديدة، مثل التوزيع المتجانس للماء الداخل إلى المصارف في حالة التدفق المستقر وغير المستقر، ولقد استنبطت عدة معادلات ومنحنيات كثيرة لتحديد المسافة بين المصارف، ومن أهم المعادلات ما يلي:

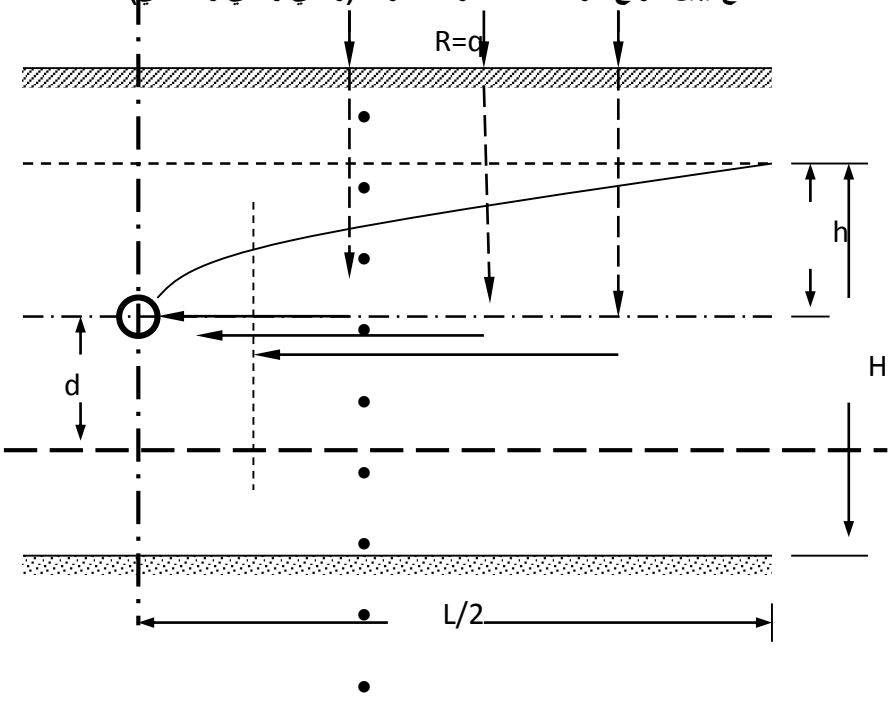
- **معادلة دونان العامة**
- **معادلة دونان للترب الطبقية**
- **معادلــة هوغوت**
- قام هوغوت بدراسة لتحديد المسافة بين المصارف الحقلية في حالة عدم ارتكاز أرضية هذه المصارف على طبقة صماء غير منفذة للماء، ففي هذه الحالة لا تكون خطوط الجريان إلى المصرف متوازية وأفقية الاتجاه، بل تميل إلى التقارب الشديد مع بعضها البعض خاصة عند اقترابها من المصرف، أي أن شكلها يكون شعاعياً، وعليه لا يصح تبسيط الحالة واعتبار أن التدفق في هذه المنطقة هو جريان على هيئة خطوط متوازية وأفقية كما هو مبين في الشكل (٢-٥)، لأن ذلك يسبب وقوع بخطأ في تقدير المسافة ما بين المصارف، لأن الجريان الشعاعي ينتج عنه زيادة في طول خطوط الجريان، وبالتالي تزداد قيمة فواقد الضاغط الهيدروليكي لأن سرعة تدفق الماء بالقرب من المصرف تكون أسرع من أي مكان آخر في منطقة الجريان، وعليه يجب أن تؤخذ في الحسبان عند تحديد المسافة بين المصارف. لذا يجب في مثل هذه الحالة

تحويل الجريان الشعاعي والأفقي معاً إلى تدفق أفقي مكافئ ( d) بدلاً من (D) كما هو مبين في الشكل (٣-٥).

- قسم هوغوت منطقة الجريان نحو المصارف إلى قسمين، الأول الذي فيه يمكن اعتبار خطوط الجريان متوازية وأفقية، والقسم الثاني يمثل الجريان الشعاعي، كما أن هوغوت وضع معادلة للجريان في حالة إهمال التدفق الأفقي فوق منسوب المياه بداخل المصرف على النحو التالي




**شكل ٢-٥: مقطع يبين أنواع حركة الماء نحو المصرف (رأسي وأفقي وشعاعي)**




**شكل ٣-٥: مقطع يبين تحويل الجريان الشعاعي إلى جريان أفقي مكافئ (عمق مكافئ)**

- حيث أن:
- q= عمق ماء الري المضاف الذي يساوي ماء الصرف (R) المراد التخلص منه (م/يوم)
- L= المسافة البينية بين مصرفين متجاورين (متر)
- K= معامل التوصيل الهيدروليكي أو النفاذية (م/يوم)
- h= ارتفاع منسوب الماء الأرضي في منتصف المسافة بين المصرفين فوق منسوب الماء داخل المصرف (متر)

dh= معامل هوغوت

- $r_o$ = نصف قطر أنبوب الصرف (متر)

وبالرجوع إلى المعادلة والتعويض عن D بالمصطلح الجديد الذي يعبر عن العمق المكافئ d، فتصبح المعادلة التي تعبر عن الجريان أسفل منسوب سطح المياه بالمصرف كما يلي:

$$q = \frac{8kdh}{L^2} \quad \text{.....}$$

حيث أن قيمة d أقل من قيمة D ، وبإعادة ترتيب المعادلة تصبح كما يلي:

$$\boxed{q = \frac{8k_b dh + 4k_a h^2}{L^2}} \quad \text{.....}$$

الجزء الأول من الطرف الأيمن للمعادلة يتعلق بالتدفق الأفقي، والجزء الثاني يتعلق بالتدفق الشعاعي.

## العمق المكافئ

تستخدم معادلة هوغوت على نطاق واسع من قبل المهندسين لتحديد المسافة بين المصارف الحقلية (L) بطريقة الخطأ والصواب، وذلك بمعلومية كل من $r_o$ , h , k , R , D . ولإيجاد قيمة d وفي حالة استخدام أنابيب صرف نصف قطرها ١٠ سم، يمكن الحصول على قيمة d من الجدول (١-٥) وذلك لقيم مختلفة لكل من L و D ، وفي حالة استعمال أنابيب ذات أقطار أخرى فيمكن إيجاد قيمة d من نوموغراف خاص بذلك (شكل ٤-٥). وميزة هذا النموغراف لا يتطلب قطر محدد للأنابيب.

وهذه المعادلة ترجمت إلى رسم بياني (**المنحنيات العامة**) كما هو مبين في الشكل (٥-٥) لتقدير قيمة d، وميزة هذه المنحنيات بأنها غير محددة بشروط، فيمكن بواسطتها إيجاد قيم d لكل قيم u , $r_o$ ، بينما في الجداول السابقة محددة بقيم ثابتة لأقطار أنابيب المصارف.

### ١٠-٦ أنواع أنابيب الصرف

تستخدم لأغراض الصرف المغطى أنواع مختلفة من الأنابيب، ويعتمد اختيار النوع على العوامل الاقتصادية وعلى الأنواع المتوفرة في الأسواق المحلية، وكذلك على مدى وفرة المواد الأولية التي تستخدم في صناعة هذه الأنابيب، وأهم الأنواع هي:

١-**الأنابيب البلاستيكية:** تصنع هذه الأنابيب من اللدائن، وتصنع بأشكال وأقطار مختلفة، وتتراوح أقطارها ما بين ٥ و ٣٠ سم، وتكون جدرانها إما ملساء أو متعرجة، فمنها الصلب ومنها المرن، وجميع الأنواع تجهز جدرانها بثقوب إما دائرية أو على هيئة شقوق طولية الشكل، ومن خلال هذه الثقوب يتحرك الماء الأرضي داخل الأنابيب. تصنع هذه الأنابيب إما من مادة البولي أثلين (P.E) أو من مادة البوليفينيل كلورايد (PVC )، وتمتاز هذه الأنابيب بمتانتها وقلة كلفتها، وتتوفر في الأسواق على هيئة لفات قد يصل طولها إلى ١٠٠ متر، مما يسهل من عملية نقلها وتركيبها.

٢-**الأنابيب الفخارية:** تصنع هذه الأنابيب من مادة الطين المفخور، تتراوح أقطارها عادة ما بين ٥ و ١٥ سم وبأطوال (٣٠ و ٦٠ و ٩٠ سم)، وغالباً ما يستخدم الطول ٣٠ سم، وعند وضعها في داخل التربة يدخل الماء الأرضي فيها من خلال الفراغات البينية بين كل أنبوب و آخر، تمتاز هذه الأنابيب برخص ثمنها وتوفرها محلياً وبمقاومتها العالية للتأثيرات الكيميائية في التربة.

٣-**الأنابيب الأسمنتية:** تصنع من مادة الخرسانة، ويمكن أن تكون أقطارها أكبر من ٢٠ سم وبطول ٦٠ سم، وعادة تتأثر هذه الأنابيب بالأملاح الموجودة بالتربة، خاصة أملاح الكبريتات، وعليه يجب استخدام الأسمنت المقاوم للملوحة في تصنيع هذا النوع من الأنابيب.

٤-**الأنابيب المعدنية:** تستخدم هذه الأنابيب عندما تكون المصارف غير عميقة، وذلك لقدرتها على تحمل الأثقال والقوى المسلطة عليها، وتستخدم كمصبات وعند تقاطعات الطرق في الحقل.

### ١٠-٦-١ مواصفات أنابيب الصرف المغطى

يجب أن تتوفر بعض المواصفات في أنابيب الصرف كي تكون صالحة للاستخدام، ومن أهم هذه المواصفات ما يلي:

١- عدم وجود تشققات في جدران الأنبوب
٢- يجب أن تكون الأنابيب مستقيمة ومنتظمة الشكل
٣- لها القدرة على مقاومة التغيرات الجوية، وتحمل عمليات الإنجماد والذوبان المتعاقبة التي قد تحدث داخل التربة.

٤- لها القدرة على تحمل الأثقال نتيجة لحركة الآليات والمعدات الزراعية الثقيلة

**١٠-٦-٢ فحص واختبار الأنابيب**

يجب أن تجرى بعض الفحوصات على الأنابيب قبل استخدامها لغرض الحصول على أفضل النتائج وللتأكد من تطابق مواصفاتها وتحقيقها للأغراض المصنوعة من أجلها، ومن أهم هذه الاختبارات ما يلي:

١- **اختبارات طبيعية:** الغرض من هذا النوع من الاختبار للتأكد من سلامة الأنبوب، ويجب أن يتضمن هذا الاختبار التأكد من خلو الأنابيب من الشقوق والتكسرات وانتظام المقطع واستقامته، بالإضافة إلى اختبار مدى مقاومة الأنابيب لعمليات الإنجماد والذوبان للثلوج، ثم اختبار قدرة الأنابيب على تحمل الأثقال وقوة السحق.

٢- **اختبارات قياسية:** يتم في هذا الاختبار التأكد من مدى مطابقة أبعاد الأنابيب من ناحية الأقطار والسمك والاستدارة للمواصفات.

٣-**اختبارات كيميائية:** تتضمن هذه الاختبارات معرفة مدى مقاومة الأنابيب للأملاح ومقاومة جدرانها للنحر، خاصة في حالة وجود أملاح الكبريتات في التربة مثل كبريتات الصوديوم والمغنيسيوم.

**١٠-٦-٣ المنشآت اللازمة لشبكة الصرف المغطى**

يجب أن تتوفر بعض المنشآت التكميلية في شبكة الصرف المغطى كي يمكنها أن تعمل بشكل جيد وكفء، ومن أهم هذه المنشآت ما يلي:

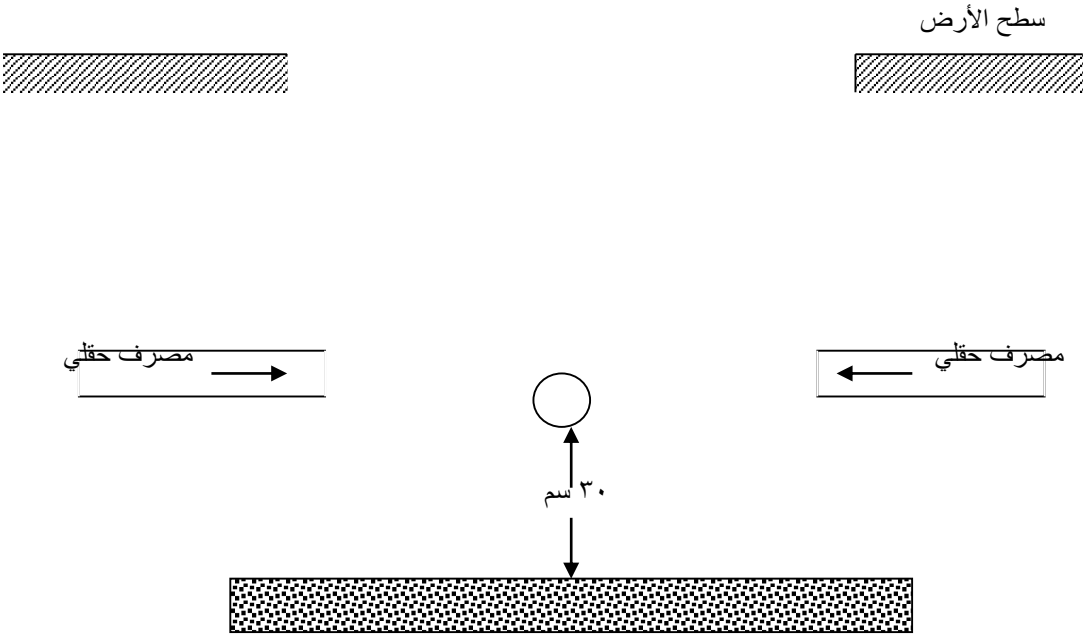
١-**غرف التفتيش Manhole:** تنشأ هذه الغرف عند التقاء خطين من المصارف أو أكثر، وكذلك تستخدم كنقط متوسطة على امتداد المجمع لأغراض تنظيفه، وتنشأ عادة من مادة الطوب الخرساني أو أحياناً تستخدم الأنابيب الخرسانية سابقة الصب ذات القطر الكبير الذي يكفي لنزول أحد العمال بداخله لغرض تنظيفه من المواد المترسبة في أرضيته وللقيام باعمال الصيانة والمراقبة بصورة جيدة، والغرض الأساسي من هذه المنشآت هو التأكد من كفاءة عملية الصرف وحجز الترسبات، وعادة تكون أرضية الغرف أوطأ من منسوب أنابيب الصرف بمقدار ٣٠ سم على الأقل (شكل ١٠-٦).

٢-**نقاط الاتصال:** تنشأ هذه النقاط عند مواقع التقاء الحقليات مع المجمعات الثانوية أو الرئيسية وعندما تكون على ارتفاعات مختلفة، و عادة لا تكون ظاهرة فوق سطح الأرض، بل يمكن الاستدلال عليها من خلال علامات توضع فوقها وتعلو سطح الأرض، وهي تشبه إلى حد كبير غرف التفتيش في شكلها وأنشأها.

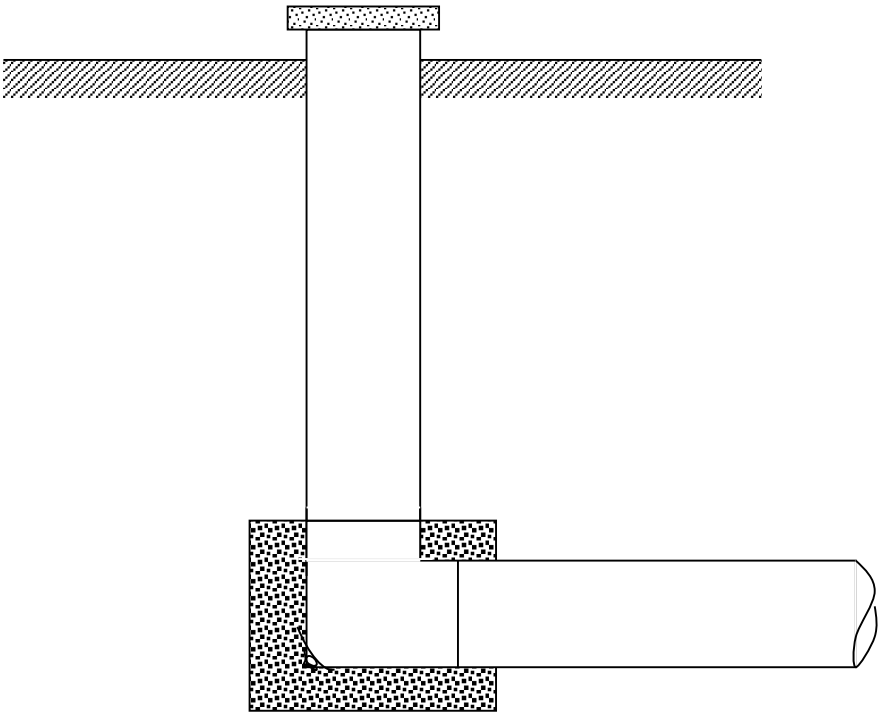
٣- **أعمدة الغسيل:** وهي عبارة عن أنابيب تنشأ بشكل رأسي تخترق سطح الأرض كي تلتقي بأنبوب الصرف المغطى، وتستخدم لغرض غسل الأنبوب الحقلي أو المجمع وتنظيفه بواسطة إدخال خرطوم مياه فيه وضخ المياه ببثق عالي، وبذلك تندفع الأوساخ والترسبات خارج الأنبوب، وأحياناً تضاف مواد كيميائية مع الماء للتخلص من جذور النباتات التي قد تؤدي إلى انسداد أنبوب المصرف وإعاقة عملية الصرف. وعادة يكون قطر أعمدة الغسيل بنفس قطر أنبوب الصرف (شكل١١-٦).

٤- **بداية الحقليات:** عادة تغلق بداية أنابيب الصرف الحقلية بغطاء أو بقطع خرسانية لمنع دخول التربة في الخط التي قد تسبب انسداد المصرف مع مرور الزمن (شكل١٢-٦).

٥- **المصبات:** عند التقاء المصرف الحقلي مع المجمع المفتوح يجب ألا يصب مباشرة فوق ضفة المصرف المجمع، لأن ذلك يؤدي إلى نحر التربة وبالتالي يحدث انهيار في جوانب القناة، وعليه يجب جعل نهاية المصرف المغطى تنتهي بأنبوب صلب مصنوع إما من الخرسانة أو من الحديد، يبلغ طوله خمسة أمتار على الأقل، ويمتد داخل المصرف المفتوح لمسافة بسيطة، على أن ترتفع نهايته فوق منسوب الماء في المصرف المجمع بمقدار ٣٠-٦٠ سم لكي لا تنغمر نهايته بالماء في حالة ارتفاع منسوب الماء في المجمع. وعادة تكسى ضفة القناة عند نقطة ظهور أنبوب الصرف المغطى بمنشأ خرساني للحفاظ عليها من النحر (شكل١٣-٦ ).

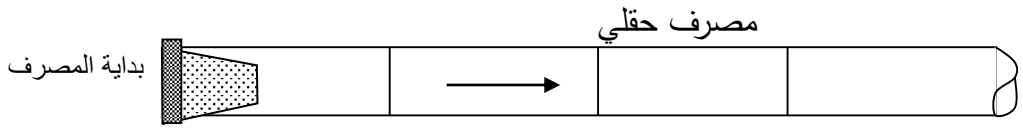



**شكل١٠ –٦: مقطع يبين أجزاء غرفة التفتيش**



**شكل ١١–٦: مقطع لعمود الغسل**

سطح الأرض




**شكل ١٢-٦: مقطع يبين بداية خط المصرف المغطى**

**٦- أنواع أنابيب الصرف**

تستخدم لأغراض الصرف المغطى أنواع مختلفة من الأنابيب، ويعتمد اختيار النوع على العوامل الاقتصادية وعلى الأنواع المتوفرة في الأسواق المحلية، وكذلك على مدى وفرة المواد الأولية التي تستخدم في صناعة هذه الأنابيب، وأهم الأنواع هي:

١-**الأنابيب البلاستيكية:** تصنع هذه الأنابيب من اللدائن، وتصنع بأشكال وأقطار مختلفة، وتتراوح أقطارها ما بين ٥ و ٣٠ سم، وتكون جدرانها إما ملساء أو متعرجة، فمنها الصلب ومنها المرن، وجميع الأنواع تجهز جدرانها بثقوب إما دائرية أو على هيئة شقوق طولية الشكل، ومن خلال هذه الثقوب يتحرك الماء الأرضي داخل الأنابيب. تصنع هذه الأنابيب إما من مادة البولي أثلين (P.E) أو من مادة البوليفينيل كلورايد (PVC )، وتمتاز هذه الأنابيب بمتانتها وقلة كلفتها، وتتوفر في الأسواق على هيئة لفات قد يصل طولها إلى ١٠٠ متر، مما يسهل من عملية نقلها وتركيبها.

٢-**الأنابيب الفخارية:** تصنع هذه الأنابيب من مادة الطين المفخور، تتراوح أقطارها عادة ما بين ٥ و ١٥ سم وبأطوال (٣٠ و ٦٠ و ٩٠ سم)، وغالباً ما يستخدم الطول ٣٠ سم، وعند وضعها في داخل التربة يدخل الماء الأرضي فيها من خلال الفراغات البينية بين كل أنبوب و آخر، تمتاز هذه الأنابيب برخص ثمنها وتوفرها محلياً وبمقاومتها العالية للتأثيرات الكيميائية في التربة.

٣-**الأنابيب الأسمنتية:** تصنع من مادة الخرسانة، ويمكن أن تكون أقطارها أكبر من ٢٠ سم وبطول ٦٠ سم، وعادة تتأثر هذه الأنابيب بالأملاح الموجودة بالتربة، خاصة أملاح الكبريتات، وعليه يجب استخدام الأسمنت المقاوم للملوحة في تصنيع هذا النوع من الأنابيب.

٤-**الأنابيب المعدنية:** تستخدم هذه الأنابيب عندما تكون المصارف غير عميقة، وذلك لقدرتها على تحمل الأثقال والقوى المسلطة عليها، وتستخدم كمصبات وعند تقاطعات الطرق في الحقل.

**١٠-٦-١ مواصفات أنابيب الصرف المغطى**

يجب أن تتوفر بعض المواصفات في أنابيب الصرف كي تكون صالحة للاستخدام، ومن أهم هذه المواصفات ما يلي:

٥- عدم وجود تشققات في جدران الأنبوب
٦- يجب أن تكون الأنابيب مستقيمة ومنتظمة الشكل
٧- لها القدرة على مقاومة التغيرات الجوية، وتحمل عمليات الإنجماد والذوبان المتعاقبة التي قد تحدث داخل التربة.

٨- لها القدرة على تحمل الأثقال نتيجة لحركة الآليات والمعدات الزراعية الثقيلة

**١٠-٦-٢ فحص واختبار الأنابيب**

يجب أن تجرى بعض الفحوصات على الأنابيب قبل استخدامها لغرض الحصول على أفضل النتائج وللتأكد من تطابق مواصفاتها وتحقيقها للأغراض المصنوعة من أجلها، ومن أهم هذه الاختبارات ما يلي:

٥- **اختبارات طبيعية:** الغرض من هذا النوع من الاختبار للتأكد من سلامة الأنبوب، ويجب أن يتضمن هذا الاختبار التأكد من خلو الأنابيب من الشقوق والتكسرات وانتظام المقطع واستقامته، بالإضافة إلى اختبار مدى مقاومة الأنابيب لعمليات الإنجماد والذوبان للثلوج، ثم اختبار قدرة الأنابيب على تحمل الأثقال وقوة السحق.

٦- **اختبارات قياسية:** يتم في هذا الاختبار التأكد من مدى مطابقة أبعاد الأنابيب من ناحية الأقطار والسمك والاستدارة للمواصفات.

٣-**اختبارات كيميائية:** تتضمن هذه الاختبارات معرفة مدى مقاومة الأنابيب للأملاح ومقاومة جدرانها للنحر، خاصة في حالة وجود أملاح الكبريتات في التربة مثل كبريتات الصوديوم والمغنيسيوم.

**١٠-٦-٣ المنشآت اللازمة لشبكة الصرف المغطى**

يجب أن تتوفر بعض المنشآت التكميلية في شبكة الصرف المغطى كي يمكنها أن تعمل بشكل جيد وكفء، ومن أهم هذه المنشآت ما يلي:

١-**غرف التفتيش Manhole:** تنشأ هذه الغرف عند التقاء خطين من المصارف أو أكثر، وكذلك تستخدم كنقط متوسطة على امتداد المجمع لأغراض تنظيفه، وتنشأ عادة من مادة الطوب الخرساني أو أحياناً تستخدم الأنابيب الخرسانية سابقة الصب ذات القطر الكبير الذي يكفي لنزول أحد العمال بداخله لغرض تنظيفه من المواد المترسبة في أرضيته وللقيام باعمال الصيانة والمراقبة بصورة جيدة، والغرض الأساسي من هذه المنشآت هو التأكد من كفاءة عملية الصرف وحجز الترسبات، وعادة تكون أرضية الغرف أوطأ من منسوب أنابيب الصرف بمقدار ٣٠ سم على الأقل (شكل ١٠-٦).

٢-**نقاط الاتصال:** تنشأ هذه النقاط عند مواقع التقاء الحقليات مع المجمعات الثانوية أو الرئيسية وعندما تكون على ارتفاعات مختلفة، و عادة لا تكون ظاهرة فوق سطح الأرض، بل يمكن الاستدلال عليها من خلال علامات توضع فوقها وتعلو سطح الأرض، وهي تشبه إلى حد كبير غرف التفتيش في شكلها وأنشأها.

٧- **أعمدة الغسيل:** وهي عبارة عن أنابيب تنشأ بشكل رأسي تخترق سطح الأرض كي تلتقي بأنبوب الصرف المغطى، وتستخدم لغرض غسل الأنبوب الحقلي أو المجمع وتنظيفه بواسطة إدخال خرطوم مياه فيه وضخ المياه ببثق عالي، وبذلك تندفع الأوساخ والترسبات خارج الأنبوب، وأحياناً تضاف مواد كيميائية مع الماء للتخلص من جذور النباتات التي قد تؤدي إلى انسداد أنبوب المصرف وإعاقة عملية الصرف. وعادة يكون قطر أعمدة الغسيل بنفس قطر أنبوب الصرف (شكل١١-٦).

٨- **بداية الحقليات:** عادة تغلق بداية أنابيب الصرف الحقلية بغطاء أو بقطع خرسانية لمنع دخول التربة في الخط التي قد تسبب انسداد المصرف مع مرور الزمن (شكل١٢-٦).

٩- **المصبات:** عند التقاء المصرف الحقلي مع المجمع المفتوح يجب ألا يصب مباشرة فوق ضفة المصرف المجمع، لأن ذلك يؤدي إلى نحر التربة وبالتالي يحدث انهيار في جوانب القناة، وعليه يجب جعل نهاية المصرف المغطى تنتهي بأنبوب صلب مصنوع إما من الخرسانة أو من الحديد، يبلغ طوله خمسة أمتار على الأقل، ويمتد داخل المصرف المفتوح لمسافة بسيطة، على أن ترتفع نهايته فوق منسوب الماء في المصرف المجمع بمقدار ٣٠-٦٠ سم لكي لا تنغمر نهايته بالماء في حالة ارتفاع منسوب الماء في المجمع. وعادة تكسى ضفة القناة عند نقطة ظهور أنبوب الصرف المغطى بمنشأ خرساني للحفاظ عليها من النحر (شكل١٣-٦ ).

### صيانة المصارف المغطاة

بعد تنفيذ المصارف والانتهاء من عمليات الإنشاء، يجب مراقبة فاعلية المصارف المغطاة للتأكد من أنها تعمل بالشكل الصحيح وأن الماء يتحرك باتجاه المصارف، خاصة وأن الماء الأرضي لا يمكن رؤيته بالعين المجردة، لذلك لا بد من تثبيت أبار مراقبة وبيزومترات على امتداد المصارف وكذلك فيما بينها، فإن احتمالية عدم تحرك الماء الأرضي بداخل أنابيب الصرف أمر وارد، وقد تكون الأسباب كثيرة، منها ما يلي:

١-احتمال بأن قطر الأنبوب الذي تم اختياره كان صغيراً لا يفي بمتطلبات مقنن الصرف لذلك الحقل.

٢-احتمالية تلف الأنبوب نتيجة لتعرضه لثقل أو كسر أو تشقق أثناء التنفيذ.

٣-احتمال حدوث انسداد في الأنبوب نتيجة لترسب المواد السلتية فيه أو نتيجة تراكم بعض المركبات الكيميائية المضافة إلى الحقل أو نتيجة لدخول بعض جذور النباتات في أنبوب الصرف من خلال الثقوب في جدرانه أو من خلال الفواصل البينية بين الأنابيب.

أما طريقة تنظيف أنابيب الصرف المغطاة فقد تتم إما بعملية القشط (scraping) أو بواسطة ضخ الماء تحت ضغط عالي جداً (flushing)، حيث يتم إدخال الخرطوم المتصل بمضخة متنقلة في نهاية المصرف وتبدأ عملية التنظيف، فتنتقل المواد المتراكمة في أنبوب الصرف مع الماء إلى خارج الأنبوب

**المرشحات**

هي المادة التي تغلف أنبوب الصرف الحقلي، ووظيفتها الأساسية منع دخول حبيبات التربة الناعمة المتحركة نحو المصرف مع الماء الأرضي، وكذلك تحسين ظروف تدفق الماء من المنطقة المحيطة بالمصرف نحو الأنابيب. تستخدم أنواع متعددة من المواد كمرشحات، مثل:

١- رمل وحصى مدرج: يعد هذا النوع من أفضل الأنواع المستخدمة كمرشحات للصرف المغطى، حيث أنها تقاوم التملح.

٢- حجر مكسر: يستخدم كمرشح إلا أنه يعتمد على نوع الحجر الأصلي خاصة من ناحية تركيبه وكمية الأملاح فيه.

٣- طبقات من الصوف الزجاجي: تعمل بشكل جيد في حجز الحبيبات الناعمة، ولكن تقل كفاءتها إذا احتوت مياه الصرف على مركبات الحديد لأنه يسبب غلق مساماتها.

٤- مواد عضوية مثل: بقايا ألياف الكتان أو الجوت أو ليف النخيل: هذا النوع رخيص الثمن غير أن هذه المواد تعفن وتتحلل بسرعة مع الزمن.

قبل وضع المرشحات حول أنابيب الصرف يجب مراعاة بعض المواصفات أو الشروط الواجب توفرها في هذه المرشحات، ومن أهم هذه الشروط ما يلي:

١- يجب أن تكون نفاذيتها للماء أكبر من نفاذية التربة الطبيعية التي يقع فيها المصرف المغطى.

٢- يجب أن يكون تدرج المرشحات كافياً وكفيلاً بمنع حبيبات التربة من خلال فتحات المصرف أو الفواصل بين الوصلات.

٣- يجب أن يكون حجم حبيبات المرشح مناسباً بحيث لا يدخل من خلال فتحات المصرف أو الفواصل البينية.

٤- يجب أن يكون سمك المرشح حول الأنبوب لا يقل عن ٧,٥ سم

٥- يفضل أن لا تحتوي المرشحات على حبيبات تزيد أقطارها عن ٨ سم وأن لا تزيد نسبة الحبيبات الناعمة (٠,٠٧ مم) عن ٥%.

**١٢-٦-١ تصميم المرشحات**

قبل تحديد طبيعة تدرج المرشح المستخدم كمادة تغليف للمصارف لا بد من إجراء بعض الاختبارات والتحاليل للتربة التي سيوضع فيها المصرف، وعليه يمكن اتباع الخطوات التالية في التصميم:

١-أخذ عدة عينات من التربة على العمق المقرر للمصارف الحقلية، عدد العينات يعتمد عادة على مدى تجانس التربة.

٢-إجراء التحليل الميكانيكي لهذه التربة لتحديد نسب كل من الطين والسلت والرمل

١- يرسم منحني تدرج أحجام التربة، والذي يمثل العلاقة بين النسبة المئوية للحبيبات الأنعم وأقطار حبيبات التربة (شكل ١٤-٦).

٢- من هذا المنحني يتم تحديد ($D_{15}$ , $D_{50}$ , $D_{85}$) ، الرقم يدل على ما يلي:

مثال: $D_{15}$ تعبر عن القطر الذي عنده ١٥% من المادة أنعم أو أقل من القطر D

٥-نستخدم العلاقات التالية لتحديد مواصفات المرشح:

$$\frac{d_{50}\ (Filter)}{D_{50}\ (Soil)} = 12 - 58 \quad \text{.....(٦-٢١)}$$

$$\frac{d_{15}\ (Filter)}{D_{15}\ (Soil)} = 12 - 40 \quad \text{.....(٦-٢٢)}$$

$$\frac{d_{15}\ (Filter)}{D_{85}\ (Soil)} \leq 5 \quad \text{.....(٦-٢٣)}$$

٦-تضرب قيمة قطر الحبيبة عند تقاطع الخط الأفقي المار بنسبة ٥٠% للحبيبات الأنعم للتربة والمتمثلة بالنقطة (a) في القيمتين (١٢ و ٥٨) لتحديد الحدين الأدنى والأقصى لقيمة ($d_{50}$) للمرشح.

٧--تضرب قيمة قطر الحبيبة عند تقاطع الخط الأفقي المار بنسبة ١٥% للحبيبات الأنعم للتربة والمتمثلة بالنقطة (b) في القيمتين (١٢ و ٤٠) لتحديد الحدين الأدنى والأقصى لقيمة ($d_{50}$) للمرشح.

٨-يتم وصل النقاط ( b 12 و a 12 ) وكذلك (b 40 و a 58 ) ثم يكمل الرسم المنحنيين بحيث يكونان موازيين لمنحنى التركيب الحبيبي للتربة قدر الإمكان، مع مراعاة المواصفات الأخرى لمادة الرشح.

٩-يرسم منحنى ثالث محصور ضمن الحدين الأدنى والأقصى، وهذا المنحنى يمثل مادة المرشح مثل المنحنى (F) على الرسم المبين في الشكل (١٤-٦).

مادة المرشح يجب أن تمر جميعها من منخل (١,٥ بوصة)، و ٩٠% منها يمر من منخل (٠,٧٥ بوصة)، وتقريباً ١٠% منها تمر من منخل رقم ٦٠. فالأحجام الكبيرة من مادة المرشح تحافظ على الأنبوب من الأضرار، والناعم منه يساعد على حجز ومنع دخول السلت إلى داخل أنبوب الصرف.