مفهوم الري . ①

يمكن اعطاء تعريف عام للري بانه اضافة الماء للتربة بقصد امدادها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات . ولقد عرف الري من قبل (Israelsen and Hansen) بانه اضافة الماء للتربة لتحقيق اي من الاغراض التالية :

١ ـ تجهيز التربة بالرطوبة اللازمة لنمو النبات .
٢ ـ تأمين المحصول ضد فترات الجفاف القصيرة المدى .
٣ ـ ترطيب التربة والجو المحيط بها وتهيئة ظروف مناخية اكثر ملائمة لنمو النبات .
٤ ـ غسل او تخفيف تركيز الاملاح في المنطقة الجذرية .
٥ ـ تقليل خطورة تصلب القشرة السطحية للتربة .
٦ ـ تسهيل العمليات الزراعية المختلفة لخدمة المحصول .

علم الري : علم يبحث في مصادر مياه الري وطرق التحكم بها واستغلالها وايصالها للحقول الزراعية ، ويشتمل على تخطيط وتصميم وتنفيذ منشاءات الري ونقل وتوزيع مياه الري ودراسة طرق اضافتها واحتساب الاحتياجات المائية للنبات من خلال دراسة علاقة الماء والتربة والنبات والمناخ يضاف الى ذلك دراسة المشاكل المتعلقة باضافة المياه كمشاكل التملح والبزل واستصلاح الترب . اذن من الممكن تحديد المهات التي يضطلع بها علم الري بالآتي :

١ ـ تخزين المياه بانشاء السدود والخزانات على مجاري الانهار
٢ ـ نقل وتوزيع المياه من مصادرها الطبيعية الى الحقول الزراعية .
٣ ـ اضافة المياه للحقول الزراعية بالطرق المناسبة .
٤ ـ استغلال الطاقة المائية في توليد الطاقة الكهربائية

يضاف الى ذلك تحديد عمق الماء المناسب والواجب اضافته للنبات ، فترات الري المناسبة وقابلية التربة على مسك الماء ومعدل دخول الماء للتربة والتصريف المناسب ، وبالتأكيد فان دراسة المتغيرات التي اشرنا اليها ترتبط بالدرجة الاساسية بنوع التربة والظروف المناخية ونوع النبات ومرحلة نموه وصفات النظام الجذري للنبات ، عمق المنطقة الجذرية ، وطريقة اضافة الماء .

أهمية الري

تشكل الموارد المائية اهم الثروات الطبيعية التي يعتمد عليها مستقبل وتطور الحضارة الانسانية ورقي ورفاه البشر . إن زيادة الطلب على المياه بفعل النشاط البشري المتعدد الجوانب اضافة الى توزيعها غير المتجانس على الكرة الارضية يحتمان اعادة النظر في استغلالها وتوزيعها بصورة امثل واكفأ . تعد المحافظة على الموارد المائية ضرورة ملحة لمستقبل الانسان وعلى العموم يمكن القول ان الري يمثل مستقبل العالم او التحدي الاكبر للانسانية . ان تحقيق استمرارية توفر المصادر المائية يعد حلاً علمياً وعملياً لمشكلة هامة تعترض الحضارة الانسانية ورقيها مستقبلاً . ومما لاشك فيه ان استمرار زيادة النمو السكاني في العالم يستدعي تحقيق استغلال امثل للاراضي الصالحة للزراعة ومحاولة استغلال الاراضي الصحراوية لمواجهة المتطلبات المتزايدة على الغذاء .

لقد كان للري دوراً مهماً في تطور الزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة على وجه الخصوص . إن اهمية الري كما اشار لها احد العلماء « الري في بعض الاقطار فن قديم ، قديم قدم الحضارة ولكن لكل العالم فان الري علم حديث ـ انه علم البقاء »* . وتمتاز الزراعة الاروائية بامكانية التحكم بعوامل الانتاج بدرجة اكبر واكفأ مما هو عليه بالزراعة الجافة وفي الغالب لايمكن الاعتماد على المطر كمصدر وحيد للري اذا ماريد تحقيق استغلال امثل للاراضي الزراعية . فالاعتماد على الامطار كمصدر وحيد لامداد النبات باحتياجاته المائية يترك الانتاج الزراعي عرضة للعوامل البيئية التي يصعب التحكم بها من قبل الانسان . ان المحافظة على مستوى مناسب للرطوبة في التربة يكفي لاستمرار نمو النبات يحتم الاعتماد على انظمة ثابتة للري لتحقيق اعلى استفادة من عوامل الانتاج الاخرى .

لقد تركزت الزراعة الاروائية في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تشكل نسبة كبيرة من مساحة العالم والعراق جزء منها . وهذه المناطق اضافة الى انها تستلم كميات محدودة من الامطار فان توزيعها يتميز بعدم الانتظام وقد تمر بفترات جفاف خلال السنة وهذا يتطلب بالنتيجة التركيز على الزراعة الاروائية بهدف تحقيق انتاجية عالية وتنويع في الانتاج الزراعي . كذلك لاتنحصر اهمية الري على المناطق الجافة وشبه الجافة بل تتعداها الى المناطق الرطبة وشبه الرطبة حيث تبرز الحاجة الى الري التكميلي عندما تكون فترات سقوط الامطار غير منتظمة على مدار موسم نمو النبات . وتبلغ نسبة الاراضي المروية ١٦٪ من الاراضي

المزروعة في العالم (Israelsen and Hansen, 1981) ومن المتوقع زيادتها مستقبلاً .

يعتبر معدل المطر البالغ حوالي ٥٠٠ ملليمتر سنوياً ادنى حد ضروري لزراعة كثيفة غير مروية ، والجدول (١ ، ١) يوضح التصنيف المناخي للمناطق من حيث معدلات سقوط الامطار السنوية .

جدول (١ ، ١) التصنيف المناخي للمناطق من حيث معدلات سقوط الامطار السنوية* .

التصنيف المناخي	معدل سقوط الامطار السنوي ملليمتر	النسبة المئوية
مناطق جافة	اقل من ٢٥٠	٢٥
مناطق شبه جافة	٢٥٠ ـ ٥٠٠	٣٠
مناطق شبه رطبة	٥٠٠ ـ ١٠٠٠	٢٠
مناطق رطبة	١٠٠٠ ـ ١٥٠٠	١١
مناطق اكثر رطوبة	١٥٠٠ ـ ٢٠٠٠	٩
مناطق رطبة جداً	اكثر من ٢٠٠٠	٥

عن : علاوي ، بدر جاسم وعزوز ، رحمن حسن ، ١٩٨٤

ان المناطق الجافة وشبه الجافة وكما يتضح من الجدول اعلاه تمثل ٥٥٪ من مساحة العالم والتي يتطلب استغلالها اتباع نظام الزراعة الاروائية . ولامكانية الاستفادة من الامطار يجب ان تتوفر فيها الخصائص التالية :

١ ـ كفايتها لتعويض النقص الحاصل في المحتوى الرطوبي للتربة في منطقة الجذور .
٢ ـ تقارب فترات سقوطها قبل ظهور اعراض الذبول على النباتات .
٣ ـ ان لاتزيد معدلات سقوطها عن معدل غيض الماء في التربة

وفي ظروف وسط وجنوب العراق نجد استحالة تحقيق ذلك لذا توجب الاعتماد على الزراعة الاروائية .

اما على دجلة فلقد انشأوا سداً ترابياً عظيماً على شاطيء النهر جنوبي سامراء سمي بسد النمرود لحفظ مجرى النهر في ارض صلبة ومنعه من التحول الى مجرى هش . ولابد هنا من الاشارة الى المشروع الضخم الذي نفذه سنحاريب عام ٦٨١ ـ ٧٠٥ قبل الميلاد لايصال المياه الى مدينة نينوى لسقي الاراضي المرتفعة وتزويدها بمياه الشرب بانشاء جدول يبدأ من شمال نينوى حوالي ٨٠ كيلومتر من نهر الكومل رافد الخازر الذي يرفد الزاب الكبير . ويفخر الملك بحتشصر ملك بابل قائلاً « لقد حققت مالم يحققه ملك من قبل ، لقد بنيت حائطاً كالجبل الراسخ ، وحفرت الجداول وبطنتها بالآجر المحروق والقار ، ووفرت الماء العذب للشعب .... الخ »* .

وفي العصر البابلي امكن زراعة جميع الاراضي في وادي الرافدين ويذكر (Buringh,1960) ان نظام الري في العراق ادى الى ظهور الاملاح في التربة منذ وقت طويل ، فقد ورد ابيضاض الحقول في قصة بابلية سنة ١٨٠٠ قبل الميلاد . ولابد ان نشير الى الجنائن المعلقة التي اعتبرت من عجائب الدنيا والتي شيدها منذ قرابة ٢٦ قرناً نبوخذنصر ملك الكلدانيين لترضية زوجته اميتيس الميدية التي شعرت بالوحشة لابتعادها عن بلادها الجبلية الخضراء حيث يرفع اليها الماء بسلسلة من الدوالي (النواعير) . وهنالك العديد من الشواهد والآثار التي تشير الى مواقع هذه المشاريع العظيمة حتى ان احد السدود القديمة لايزال يعمل في الوقت الحاضر ويقع على بعد يقارب ١٥ كيلومتر شمال نينوى وقد حول موقعه الى منطقة سياحية تعرف الآن بالشلالات .

كان العرب ومنذ تأسيس اول كيان سياسي عربي اسلامي على يد الرسول الكريم محمد (ص) بناة حضارة وتقدم ورقي ، وقد ادركوا مالماء ومصادره وكيفية استثماره من اهمية في حياة الانسان . لقد تدفق العرب المسلمون نحو الاراضي الزراعية الخصبة في سهول وادي الرافدين لاستزراعها واقيمت عليها مختلف مشاريع الري خاصة في عهد الخليفة عمر بن الخطاب (١٣ هـ ـ ٢٣ هـ/ ٦٣٤م ـ ٦٤٤ م) حيث تم تحرير سهول وادي الرافدين في خلافته (المنطقة المتمثلة بالعراق حالياً) . واتجهت سياسته صوب العناية بالنهرين العظيمين دجلة والفرات ، تجلت بالقيام باعظم عملية مسح لاراضي هذين النهرين وخاصة سهوله الجنوبية المعروفة « بسواد العراق » .

لقد ترتبت على عملية المسح نتائج مهمة تجلت آثارها في انشاء العديد من مشاريع الري وشق الترع والانهار والجداول واستصلاح الاراضي . واستمرت بعد

---

* عن : الشوا ، فاروق . ١٩٧٨

الخليفة عمر بن الخطاب عملية تطوير مشاريع الري في سهول وادي الرافدين فلقد وسع الخلفاء الامويون وولاتهم وطوروا مختلف مشاريع الري واعتمدوا الزراعة كمورد اساسي بعد التوسع الكبير في الدولة الاسلامية . ولم يتوقف الخلفاء العباسيون عند هذا الحد بل عملوا على تطوير المشاريع وتوسيعها وتجديدها وانشاء اخرى غيرها ، وكان لبناء مدينة بغداد (١٤٥ هـ / ٧٦٣ م) على نهر دجلة اهمية كبيرة في احياء الارض واستصلاحها وتطوير مشاريع الري فيها حتى ان الرحالة ابن جبير قال « وحسبك من شرف موضع بغداد ان دجلة يسقي شرقيها والفرات يسقي غربيها »* .

ولم تقتصر مشاريع الري على مدينة بغداد بل شملت مساحات واسعة من الاراضي تسمى « سواد بغداد او ريف بغداد » وهي المنطقة المحصورة بين مدينة تكريت على دجلة الى مدينة هيت على الفرات شمالاً ومدينة الكوت على دجلة الى مدينة الكوفة على الفرات جنوباً . ونستطيع ان ندرك مدى اهتمام الخلفاء والولاة في انشاء العديد من مشاريع الري في العراق منذ بداية تحريره وحتى نهاية العهد العباسي خاصة في مدنه الرئيسية آنذاك « البصرة وواسط والكوفة ونينوى وبغداد » حتى باتت بعض مدنه وعلى وجه الخصوص بغداد والبصرة مغطاة بشبكات من الانهار والجداول والقناطر منها انهار « معقل والابلة والاساورة ودبيس وحرب وام حبيب ومسلم ومرة وعدي ويزيد ونهر المبارك » في مدينة البصرة ، وانهار « الدجيل وعيسى وصرصر والملك وثامرا والنهروان والخالص » في مدينة بغداد وريفها بالاضافة الى ذلك استصلاح مساحات شاسعة من الاراضي والعناية الفائقة بخصوبة التربة وازالة الاملاح وتنظيم استثمار مياه النهرين العظيمين دجلة والفرات .

لقد تدهور الري في ادوار تخللت واعقبت تلك العهود وخاصة فيضان سنة ٦٢٩ ميلادية ، وعند مجيء المغول خربت معظم مشاريع الري وسدت الجداول وعانت الزراعة من تدهور كبير ولم تنل مشاريع الري اهتماماً يذكر ،حتى اوائل هذا القرن حينما بدأ الري الحديث في العراق .

يمكن القول بان اعمال الري الحديثة في العراق قد بدأت سنة ١٩٠٨ وذلك عندما انتدبت الحكومة العثمانية خبيراً بريطانياً هو السير وليم ويلكوكس لدراسة اوضاع الري واعداد تقرير عن امكانات الزراعة في العراق وعن مشروعات الري التي يقترحها لتحقيق استغلال تلك الامكانيات (سوسة ، احمد . ١٩٤٦) . لقد اخذت اعمال الري تتوسع تدريجياً وبوشر باحياء مشاريع عديدة للري وانشاء

---

* عن : الاعظمي ، عواد مجيد - ١٩٨٥

اخرى جديدة . ومن بدايات القرن العشرين حتى نصفه الاخير انشأت مشاريع عديدة للخزن وسدود ونواظم للتوزيع ومشاريع للري والبزل والاستصلاح منها سدود القادسية* (على نهر الفرات) وصدام (على نهر دجلة) وحمرين (على نهر ديالى) ودوكان (على الزاب الصغير) ودربندي خان (على نهر ديالى) والدبس (على الزاب الصغير) اضافة الى سدود اخرى مقترحة منها سد بخمة (على الزاب

مفهوم الري . (1)

يمكن اعطاء تعريف عام للري بانه اضافة الماء للتربة بقصد امدادها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات . ولقد عرف الري من قبل (Israelsen and Hansen) بانه اضافة الماء للتربة لتحقيق اي من الاغراض التالية :

١ ـ تجهيز التربة بالرطوبة اللازمة لنمو النبات .
٢ ـ تأمين المحصول ضد فترات الجفاف القصيرة المدى .
٣ ـ ترطيب التربة والجو المحيط بها وتهيئة ظروف مناخية اكثر ملائمة لنمو النبات .
٤ ـ غسل او تخفيف تركيز الاملاح في المنطقة الجذرية .
٥ ـ تقليل خطورة تصلب القشرة السطحية للتربة .
٦ ـ تسهيل العمليات الزراعية المختلفة لخدمة المحصول .

علم الري : علم يبحث في مصادر مياه الري وطرق التحكم بها واستغلالها وايصالها للحقول الزراعية ، ويشتمل على تخطيط وتصميم وتنفيذ منشاءات الري ونقل وتوزيع مياه الري ودراسة طرق اضافتها واحتساب الاحتياجات المائية للنبات من خلال دراسة علاقة الماء والتربة والنبات والمناخ يضاف الى ذلك دراسة المشاكل المتعلقة باضافة المياه كمشاكل التملح والبزل واستصلاح الترب . اذن من الممكن تحديد المهمات التي يضطلع بها علم الري بالآتي :

١ ـ تخزين المياه بانشاء السدود والخزانات على مجاري الانهار
٢ ـ نقل وتوزيع المياه من مصادرها الطبيعية الى الحقول الزراعية .
٣ ـ اضافة المياه للحقول الزراعية بالطرق المناسبة .
٤ ـ استغلال الطاقة المائية في توليد الطاقة الكهربائية

يضاف الى ذلك تحديد عمق الماء المناسب والواجب اضافته للنبات وفترات الري المناسبة وقابلية التربة على مسك الماء ومعدل دخول الماء للتربة والتصريف المناسب ، وبالتأكيد فان دراسة المتغيرات التي اشرنا اليها ترتبط بالدرجة الاساسية بنوع التربة والظروف المناخية ونوع النبات ومرحلة نموه وصفات النظام الجذري للنبات ، عمق المنطقة الجذرية ، وطريقة اضافة الماء .

طرق الري Irrigation System

تستخدم عدة طرق ونظم للري – واختيار طريقة الري تتوقف على عدة عوامل منها العوامل التالية

١. معدل تسرب الماء في التربة (درجة نفاذية مياه الري).

٢. مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.

٣. طبوغرافية الأرض من حيث الاستواء والانحدار.

٤. الظروف الجوية بالمنطقة.

٥. كمية الماء التي يحتاج لها النبات ومدى سهولة الحصول عليه.

٦. نوع النباتات المزروعة.

٧. فترات الري – قصيرة أم طويلة.

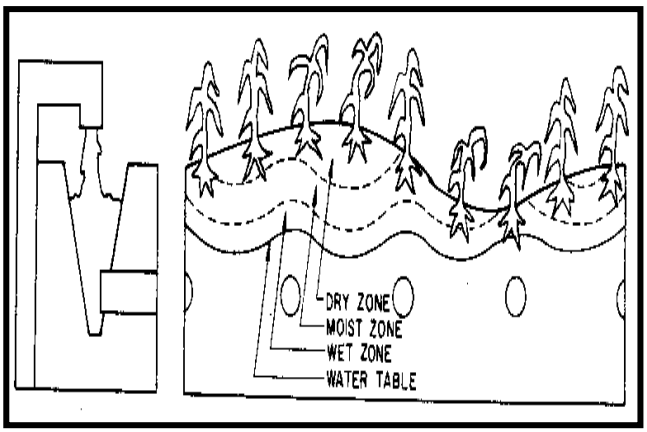
أولاً الري السطحي Surface Irrigation

هو غمر التربة بالماء بأشكال مختلفة أو بالانسياب حيث يتدفق ماء الري على طبقة سطح الأرض ويغطيها أو تغطي المياه بعض أجزاء التربة فقط. وتوجد نظم مختلفة للري السطحي مثل الأحواض، المصاطب، الخطوط، والسواقي.

ثانياً الري تحت السطحي (الري السفلي) Sub-Irrigation system

في هذا النظام من الري، تخلق طبقة رطبة تحت التربة تزود منطقة الجذور بالرطوبة دون ابتلال سطح التربة. تستفيد جذور النباتات من الماء الذي يرتفع إلى أعلى في التربة تحت تأثير الخاصية الشعرية.

يجب أن تكون طبقة سطح الأرض منفذة للماء بحث يكون مستوى الرطوبة متساوياً في كل التربة.



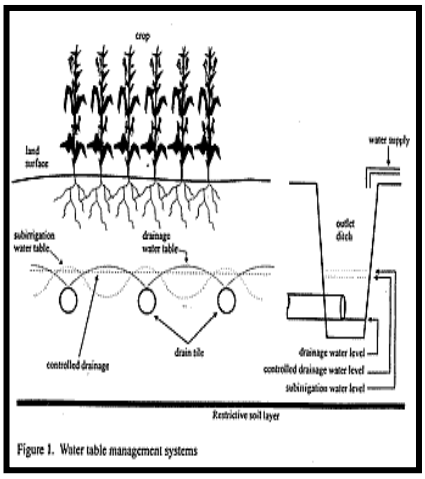


Figure 1. Water table management systems

وتسيل المياه داخل سطح التربة بالطرق التالية

١) أنابيب فخارية مسامية أو بها فتحات على مستوى واحد – يجري الماء في الأنابيب تحت ضغط مرتفع فيرشح الماء من مختلف الاتجاهات.

٢) عمل مسارات في التربة.

٣) استخدام أنابيب بلاستيكية مثقبة.

و يحتاج هذا النظام إلى خواص معينة يجب توفرها في التربة تتمثل في الآتي

١) وجود طبقة غير مسامية تحت سطح التربة تسمح بالاحتفاظ بالماء ضد قوة الجاذبية الأرضية.

٢) وجود طبقة مسامية ونافذة تستخدم كخزان للماء.

٣) وجود طبقة سطحية ناعمة الملمس تسمح وتسهل عملية الماء الشعري Capillaryaction.

ثالثاً الري بالرش (الري ألرذاذي) Sprinklers irrigation
في هذا النظام يضاف الماء إلى سطح التربة والنباتات البستانية على شكل رذاذ في شكل مطر صناعي وذلك بواسطة أجهزة تقنية خاصة.
كاستخدام أنابيب الألمونيوم الخفيفة المزودة بالرؤوس المحورية الدوارة.
يوزع الماء تحت ضغط من خلال أنابيب ثابتة أو متحركة (متنقلة) توضع بين النباتات البستانية وتبرز منها رشاشات تنثر رذاذ الماء في دائرة حولها.

ويستخدم هذا النظام في الظروف التالية

١) في الأراضي الرملية المسامية السريعة النفاذ للمياه.
٢) في الأراضي المنحدرة وغير المنتظمة.
٣) في الأراضي غير الملحية.
٤) في المناطق التي لا يقل عمق الماء الجوفي عن ١,٥,
٥) المتطلبات الموسمية من المياه ليست عالية – الاقتصاد في مياه الري.

٦) تنظيم مواعيد ومرات وكميات الري.

رابعاً الري بالتنقيط Trickle (Drip) Irrigation

إضافة الماء في التربة على شكل قطرات من نقاطات متصلة بأنابيب. هذا النظام سطحي أو سفلي. ومن ميزات هذا النظام

١) الاستخدام الاقتصادي للماء.

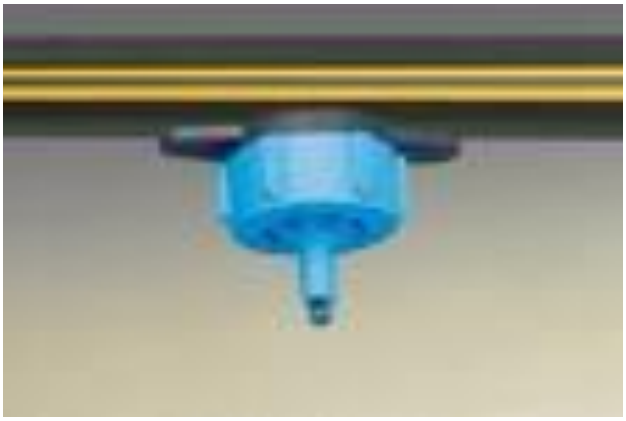
٢) تنظيم تدفق الماء في موقع نمو النباتات وحسب حاجة النباتات في فترات حياتها المختلفة وتوفير رطوبة أرضية ثابتة.

٣) لا تشبع التربة بالماء ولهذا فتهوية التربة تكون جيدة.

٤) لا تتعرض المياه لتبخر مثل ما يحدث في طريقة الري السطحي.

٥) عدم نمو الحشائش بين خطوط الزراعة لجفاف التربة.

٦) إمكانية إضافة الأسمدة الذائبة لماء الري وكذلك المبيدات.



المحتوى الرطوبى للتربة Soil water content

يعرف المحتوى الرطوبى للتربة بأنه كمية الرطوبة الموجودة في التربة تحت ظروف معينة منسوبة إلى الكتلة الجافة للتربة ويرمز لها بالرمز θ. أي أن :

$$\theta = \frac{Mass\ of\ water\ in\ soil}{Dry\ mass\ of\ soil} = \frac{M_w}{M_s}$$

تقدير المحتوى الرطوبى في التربة

١-الطريقة الوزنية(التجفيف في الفرن) Gravimetric method

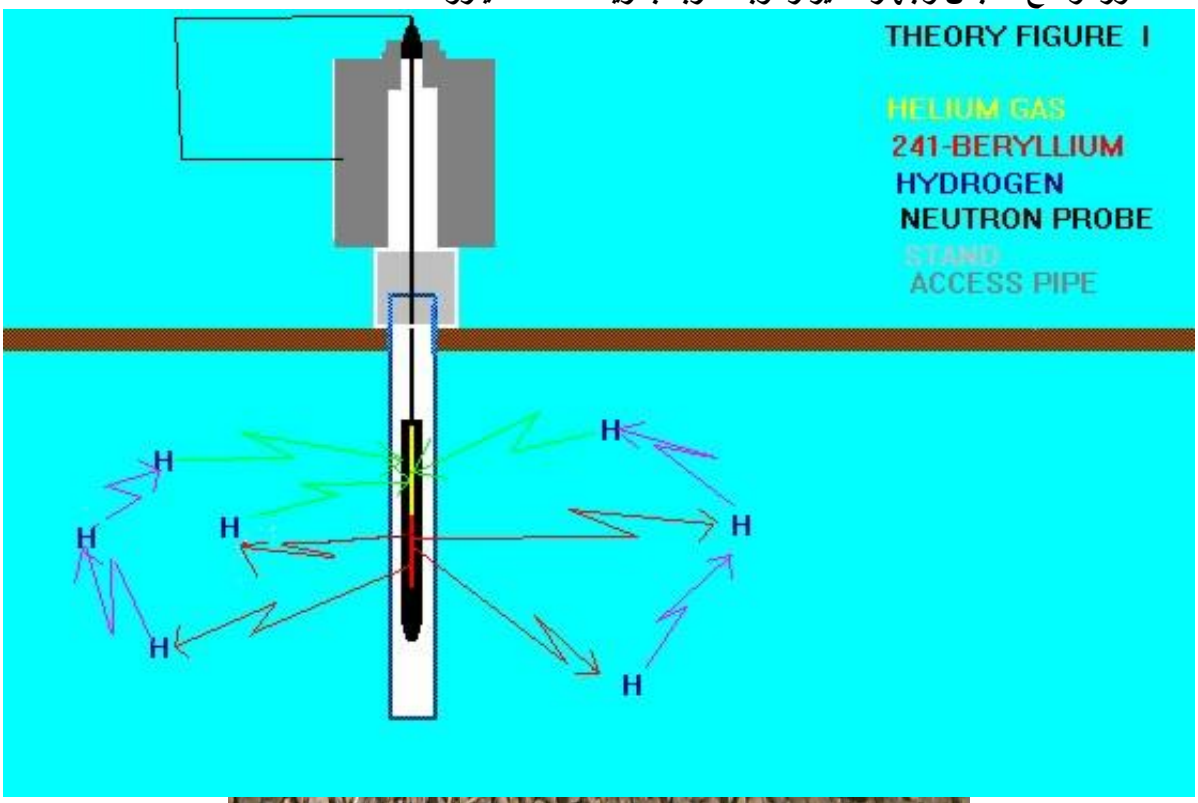
$$\theta_m = \frac{\text{Mass of moist soil-Mass of oven-dry soil}}{\text{Mass of oven-day soil}}$$

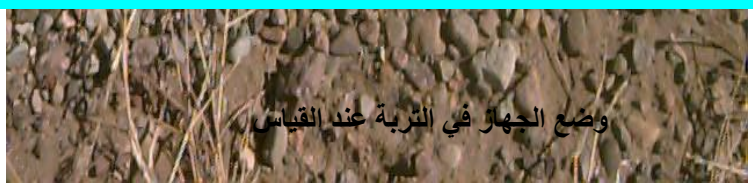
$$\theta_m = \frac{M_{s+w} - M_s}{M_s} = \frac{M_w}{M_s}$$

طريقة قياس المقاومة الكهربية (القوالب الجبسية)Gypsum blocks method

من أجهزة قياس الرطوبة باستخدام القوالب الجبسية (طريقة تشتت النيترونات)
(Neutron scattering method)

صور توضح المجس وجهاز تقدير رطوبة التربة بطريقة تشتت النيترونات





وضع الجهاز في التربة عند القياس

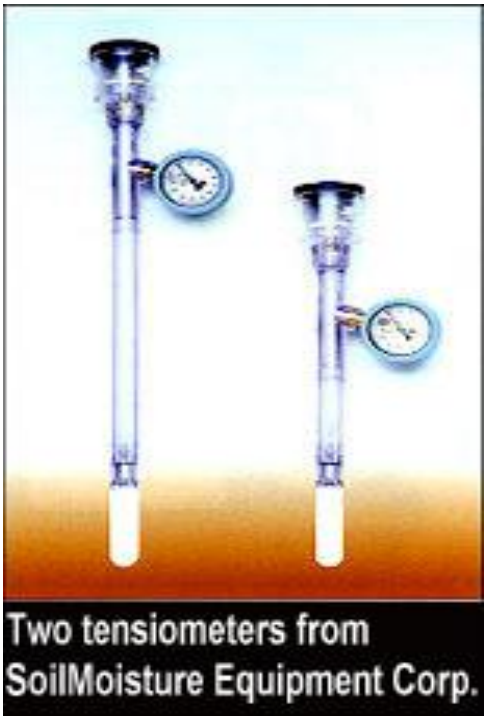
جهاز تقدير الرطوبة بطريقة تشتت النيترونات للطبقة السطحية من التربة

جهاز ال TDR

جهاز قياس زمن انعكاس الموجة فى الوسط Time Domain Reflectometery (TDR)

جهاز ال TDR

قياس الشد الرطوبى باستخدام التنشيوميترات
Soil Tensiometers



تنشيوميتر يستخدم عداد الكتروني للقياس

غيض الماء في التربة Infiltration

بعد أن تعرفنا على بعض الاساسيات المتعلقة بالتربة والماء وعلاقتها بالري يمكن ان نتطرق الى مفهوم آخر ذو اهمية عملية وتصميمية كبيرة على مجمل فعاليات الري وقد يكون من اهم المتغيرات المرتبطة والمؤثرة على الري ، انه غيض الماء في التربة .

يطلق على حركة الماء من السطح الى التربة الغيض infiltration . وتسمى الكمية الكلية للماء التي تدخل للتربة في زمن معين بالغيض التراكمي او الكلي (cummulative infiltration or accumulated infiltration) ويمثل بوحدات طول ، اما معدل الغيض (infiltration rate) فيمثل حجم الماء المار خلال سطح التربة لوحدة المساحة وفي وحدة الزمن ووحداته عبارة عن وحدات (حجم/ مساحة/ زمن) اي وحدات سرعة . ينخفض معدل الغيض مع استمرار

الري بمعدل متناقص الى ان يصل الى قيمة ثابتة وحينها يسمى معدل الغيض الاساسي (Basic infiltration rate) . وهنالك عدة تعبيرات عن معدل الغيض حيث يطلق على معدل غيض الماء في التربة عند زمن معين بمعدل الغيض الآني (Instantaneous infiltration) اما كمية الماء المار خلال سطح التربة (سم) لفترة زمنية معينة مقسوماً على ذلك الزمن فيعزى الى معدل الغيض المتوسط (Average infiltration rate) . ويوضح الشكل (٢٠ ، ٣) العلاقة بين الغيض التراكمي ومعدل الغيض من جهة والزمن من جهة اخرى .

لا يعتبر تتبع حركة الماء من السطح الى التربة ذو اهمية كبيرة لعلاقته بالزمن اللازم للري وبتحديد كمية الماء الواجب اضافتها للتربة . يكون معدل الغيض اعلى مايكن في بداية اضافة الماء للتربة بسبب الفرق بين جهد الماء الحر وجهده في التربة وارتفاع قيمة الميل الهيدروليكي ، وتبطأ الحركة تدريجياً نتيجة انخفاض قيمة الانحدار الهيدروليكي مع الزمن وانخفاض قيمة التدرج بالجهد او انعدامها فتتحرك طليعة الابتلال الى اسفل بمعدل متناقص . بعد فهم عملية دخول الماء للتربة تحت الظروف الحقلية ذو اهمية كبيرة في دراسة طرق الري ، ويجب ان ترتبط طريقة تقدير غيض الماء في التربة بطبيعة اضافة الماء للتربة . يعتبر غيض الماء في التربة عاملاً مهماً في تقييم كفاءات الري ويستعمل الغيض مع قياسات اخرى كالنفوذية والاحتياجات المائية للنبات والمعلومات المناخية في تحديد افضل طريقة للارواء ، كذلك يتحدد بموجب الغيض معدل اضافة الماء واطوال المروز والواح الري الشريطي كما يدخل في حسابات السيح (Runoff) .

وفي طرق الري السطحي يكن تمييز ثلاثة متغيرات مشتركة احدها معدل الغيض ، فلضمان تحقيق التناسق في توزيع مياه الري يجب تعديل التصريف والمساحة المروية في ضوء معدل الغيض .

يصنف غيض الماء في التربة على اساس قيمة معدل الغيض الاساسي . لقد اعتبرت القيم المثالية لمعدل الغيض الاساسي للري السطحي من ٠,٧ الى ٣,٥ سم/ ساعة بالرغم من ان القيم التي تتراوح من ٠,٣ الى ٦,٥ سم/ ساعة تعتبر مقبولة . وقد اقترح التصنيف التالي لغيض الماء في التربة .

جدول (٣ ، ٢) تصنيف غيض الماء في التربة

التصنيف	الغيض الاساس ، سم/ ساعة
بطيء جداً	اقل من ٠,١٠
بطيء	٠,١٠ — ٠,٥٠
متوسط البطيء	٠,٥٠ — ٢,٠٠
متوسط	٢,٠٠ — ٦,٣٠
متوسط السرعة	٦,٣٠ — ١٢,٧٠
سريع	١٢,٧٠ — ٢٤,٥٠
سريع جداً	اكثر من ٢٤,٥٠

ومن العوامل التي تؤثر على غيض الماء في التربة المحتوى الرطوبي للتربة وعمق الماء فوق سطح التربة وخصائص السطح بما فيها الانحدار والتوصيل الهيدروليكي لقد التربة وخصائص المقد ونسجة وتركيب التربة ومساميتها ومحتوى التربة من المادة العضوية والدقائق الغروية وطبيعة الغطاء النباتي وفترات الري وسقوط المطر ودرجة حرارة الماء ولزوجته وطبيعة عمليات خدمة التربة من حراثة وعزق واستزراع وغيرها .

هنالك صيغ مختلفة للتعبير عن الغيض (Kostiakov, 1932; phillip ,1957 ; Christiansen et al., 1956; Haise etal ,1956) إضافة الى صيغ اخرى ولكن اكثرها شيوعا المعادلة التجريبية البسيطة التالية :

$$y = at^{b} + b \qquad \text{"1"}$$

حيث ان

y = الغيض التراكمي ، سم

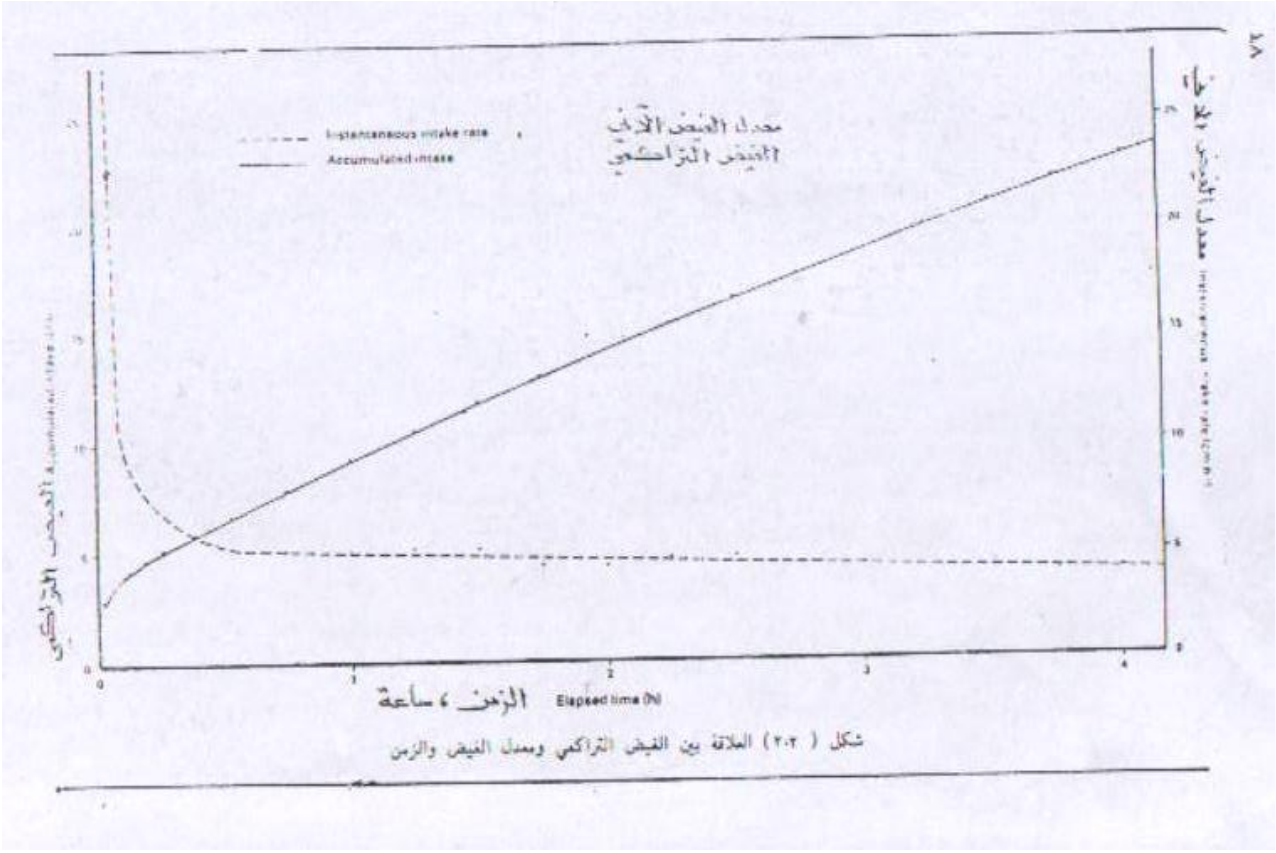
t = الزمن ، دقيقة

a, b, c = ثوابت تتراوح قيمها من صفر الى ١

اما معدل الغيض الآني فيستخرج عند أي زمن باجراء تفاضل للمعادلة (1)

$$dy/dt = 60\,axt^{b-1} \qquad \text{"2"}$$

وقد يعبر عن معدل الغيض بالمعادلة التالية وهي لا تختلف عن سابقتها



شكل (٢٠٢) العلاقة بين الفيض التراكمي ومعدل الفيض والزمن

$$I = Kt^n \quad \text{"3"}$$

حيث ان

I = معدل الغيض ، سم/ ساعة

t = الزمن ، دقيقة

n = ثابت تتراوح قيمته من صفر الى -١

k = ثابت قيمته تمثل معدل الغيض عند زمن يساوي دقيقة واحدة

لقد اقترح (phillip, 1957) صيغة لاحتساب معدل الغيض تستند على تفسير فيزيائي من خلال معادلة الاستمرارية وبطريقة التحليل العددي وقد اعطت نتائج قريبة للنتائج التجريبية علما أن اشتقاقها على اساس نظري

$$I = S' t^{1/2} + A't \quad \text{"4"}$$

حيث ان

S = دليل يعتمد على قابلية التربة على امتصاص الماء (Sorptivity)

A = دليل يعتمد على قابلية التربة على نقل الماء (Transmission)

ومن الناحية المنطقية ينبغي ان تجرى قياسات غيض الماء في التربة تحت نفس الظروف التي يضاف فيها الماء للتربة لتعبر عن الواقع الحقلي الفعلي ، وفي الغالب من الصعب تطبيق ذلك لذا فإن هنالك طرق عديدة لتقدير الغيض لكل منها محاسنها ومحدداتها وسوف نستعرض اهم طرق تقدير غيض الماء في التربة .

طرق قياس غيض الماء في التربة

١ ـ طريقة الاحواض المغمورة

Flooded basin infiltration

في هذه الطريقة تستعمل احواض (الواح) بمساحة ٣ ـ ١٠ متر مربع ويتم تحضير سطح التربة بطريقة مشابهة لاستعمال الارض . تحاط الاحواض بكتوف وبارتفاع مناسب ، ويضاف الماء لهذه الاحواض ويقاس ارتفاعه في الحوض بتثبيت مقاييس مناسبة (مساطر) . ولغرض الحصول على دقة اكبر في القياس يفضل احاطة الحوض بمساحة محدقة مليئة بالماء لتقليل الرشح او النز الجانبي . يفضل حفظ مستوى الماء ثابتاً في الحوض ولكن ذلك غير عملي لمساحة كهذه ويتم حساب معدل الغيض من العلاقة بين كمية الماء الداخل ومساحة الحوض وتغير مستوى الماء في الحوض مع الزمن .

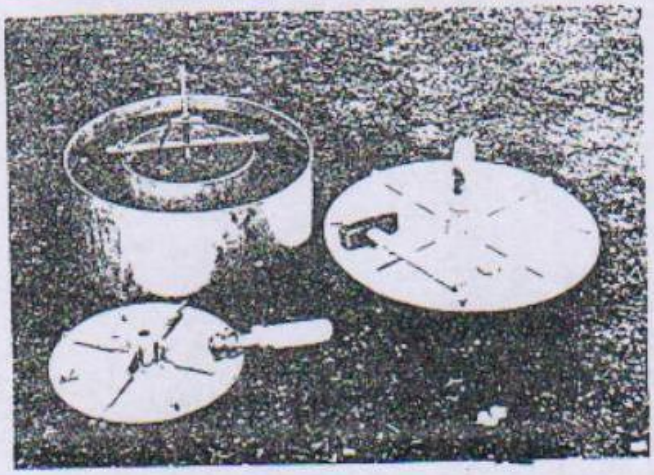
بالرغم من ان هذه الطريقة تنفذ في ظروف ممثلة للحقل فانها تعاني من المحدوديات العملية من تحضير مساحة واسعة من الارض واحتياجاتها لكميات كبيرة من الماء .

٢ ـ طريقة المرشات Sprinkler infiltration

في هذا الاختبار يتم استعمال مرشات بفتحات ذات احجام مختلفة على المواقع التي يراد قياس الغيض فيها . ترطب التربة باستعمال المرشات الى السعة الحقلية اولاً ومن ثم توضع مقاييس المطر (rain gauges) في اماكن مناسبة للمساحة التي يجري فيها الاختبار (Pair et. al ., 1969) . تعمل ملاحظات بجوار مقاييس المطر تشتمل فيا اذا كان معدل اضافة الماء بطيئاً او سريعاً او مساوياً لقابلية التربة على امتصاص الماء . تحدد معدلات الاضافة من مقاييس المطر ويتم ربطها مع الملاحظات التي تم اخذها لمناطق مختلفة من مواقع اجراء الاختبار . وفي هذه الطريقة لا يوجد عمود من الماء على سطح التربة كما في الري السطحي الا ان قطرات الماء التي تسقط تؤدي الى تكسير مجاميع التربة (تهديم تركيب التربة) ، وتؤدي دقائق التربة التي تنسلخ جراء تكسير مجاميع التربة الى غلق المسامات البينية وهذا يسبب اعاقة لدخول الماء الى التربة وانخفاض معدل غيض الماء في التربة بمرور الزمن .

٣ ـ طريقة الاسطوانات او الحلقات المزدوجة
Cylinders infiltrometers or double ring infiltrometers

تعد طريقة الاسطوانات المزدوجة من ابسط الطرق واكثرها شيوعاً في التطبيق ، انظر شكل (٢١ ، ٢) . يمكن استعمال اسطوانة واحدة او اسطوانتين الا ان استعمال اسطوانة واحدة يسبب تغييرات كبيرة في قياسات الغيض بسبب عدم السيطرة على الحركة الجانبية للماء بعد ان تصل جبهة الرطوبة الى اسفل الاسطوانة . لذلك يفضل الخيار الثاني باستعمال اسطوانتين احداهما داخلية لاغراض القياس والاخرى خارجية الهدف منها تشبيع المنطقة المحيطة بالاسطوانة الداخلية لمنع حصول حركة جانبية للماء تؤثر على طبيعة القياسات . وينبغي تسجيل معلومات حول سطح التربة عند اجراء القياس مثلاً وجود بقايا نباتات وظروف سطح التربة (مزروع ، متقشر ، متشقق .. الخ) واية ظروف اخرى تؤثر على القياس .



شكل (٢١ ، ٢) طريقة الاسطوانات المزدوجة في قياس غيض الماء في التربة

تتاز الاسطوانات بانها مصنوعة من المعدن بسمك ٢ ملم وبارتفاع ٢٥ سم وبقطر ٣ ، ٦٠ سم للاسطوانتين الداخلية والخارجية على التوالي . ترطب التربة التي يراد قياس غيض الماء فيها ثم تغرس الاسطوانتين بعمق ١٠ سم في التربة . يحفظ مستوى الماء ثابتا في كلا الاسطوانتين باستعمال طوافات ترتبط بخزانات للمياه ويجب ان يكون قطر الخزان المرتبط بالاسطوانة الداخلية مساوياً لقطر هذه الاسطوانة . يفضل ان يتصل الخزان من الجانب بانبوب زجاجي مدرج لبيان ارتفاع الماء في الخزان وتغيره مع الزمن ، وقد يستغنى عن ذلك بوضع مقياس لارتفاع الماء في الاسطوانة الداخلية مباشرة . يوضع الماء في الاسطوانات بما يقارب $\frac{1}{4}$ من ارتفاع الاسطوانات نفسها . وبالرغم من أن طريقة الاسطوانات المزدوجة هي الاكثر شيوعاً واستعمالاً في تعيين دالة الغيض الا ان من محدداتها انها تجري على مساحة صغيرة من الارض وهذا يتطلب اجراء عدد كبير من الاختبارات واستخراج معدلاتها ، كما ان الماء يبقى ثابتاً خلال اجراء الاختبارات وهذا قد لا يمثل حالة وظروف الري السطحي تماماً .

تبدأ القياسات بأخذ قراءات لعمق الماء الغائض مع الزمن اذ يلاحظ ان هذا العمق (الغيض التراكمي) يزداد مع الزمن حتى فصل الى حالة الثبوت (ثبوت

$$1.1428 = \log a + 2.6232\ x$$
$$1.1718 = \log a + 2.6812\ x$$

بجمع المعادلات الستة الاولى والستة الأخرى ينتج

$$3.123 = 6 \log a + 8.3342\ x \quad \text{«1»}$$
$$6.4726 = 6 \log a + 14.9732\ x \quad \text{«2»}$$

بطرح المعادلة 1 من المعادلة 2

$$3.3433 = 6.6390\ x \quad .$$

$$x = 0.5$$

بتعويض قيمة x في معادلة رقم 1

$$a = 0.67$$

وبتعويض قيم الثوابت a ، x ، b تصبح معادلة الغيض

$$y = 0.67\ t^{0.5} + 0.035$$

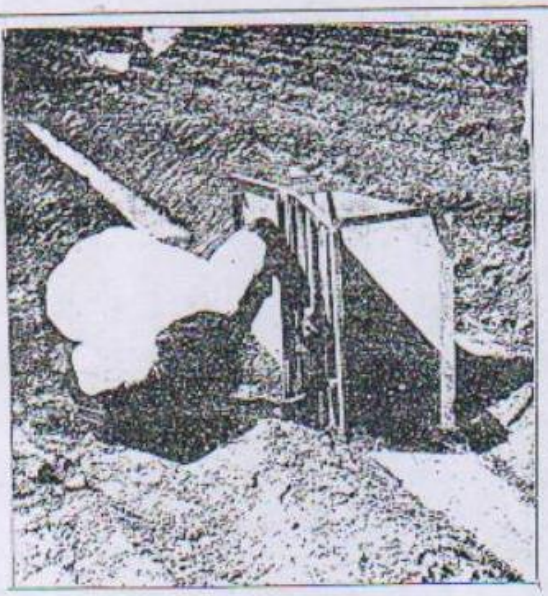
ويمكن استخراج قيم الثوابت a ، x من الشكل (٢٢ ، ٢) مباشرة .

٤ ـ طريقة المروز furrow infiltration

من المعروف ان خصائص غيض الماء في التربة تتغير تبعاً لطريقة الري ، ففي الري الشريطي (Border-Strip Irrigation) والري الحوضي (Basin Irrigation) فإن سطح التربة يغمر بكامله بالماء وإن حركة الماء تكون عمودية في حين إنه في ري المروز (furrow Irrigation) فقط جزء معين من سطح التربة يكون مغموراً ويتحرك الماء الى الاسفل والجانب تبعاً لطبيعة سطح التربة . يتضح اذن ان الغيض في المروز يتأثر بنفس العوامل المؤثرة على الغيض في الطرق التي ذكرت سابقاً يضاف لها شكل المروز واحجامها وطريقة اضافة الماء فيها ، وفي الواقع فإن التعبير عن معدل الغيض بمعدل التشرب (Intake rate) بدلاً من (infiltration rate) يشير الى حدوث الغيض من سطح غير مستوي كما هو الحال في ري المروز . يعتبر غيض الماء في التربة اهم متغير مؤثر على خصائص الجريان في ري المروز وتعد طريقة الجريان الداخل والخارج

(Inflow - outflow Method) من اكثر الطرق ملائمة وشيوعاً لتقدير الغيض بالمروز ، بمعرفة طول المرز ومساحة المقطع المبتل وقياس الجريان الداخل والخارج من المرز . وينبغي ان تجرى القياسات في المروز الواقعة وسط المساحة التي يراد تقدير الغيض فيها كما يستحسن استعمال ثلاث مروز لهذا الغرض حيث يستخدم الاثنين الخارجيين منها لمنع الرشح الجانبي وتنظيم حركة الماء للاسفل ويستعمل المرز الوسطي لاجراء الاختبارات والقياسات . يعبر عن معدل التشرب للمرز بالمتر المكعب / دقيقة لكل ١٠ متر طولاً او باللتر / دقيقة لكل ١٠٠ متر من المرز وقد تستعمل ايضاً ٢٥ ، ٣٠ ، ٥٠ متراً . وبالرغم من ان هذه الطريقة تحتاج الى كميات كبيرة من المياه الا إنها تعبر تعبيراً حقيقياً عن واقع عمليات الري ويستفاد منها في تخطيط مشاريع الري (Borden et al., 1974) . وسنحاول عرض وتمثيل بيانات الغيض المستخرجة بطريقة الجريان الداخل والخارج لاهميتها التطبيقية .

باستعمال هذه الطريقة يقسم المرز الى عدد من المقاطع ، وتثبت مقاييس بارشال او اية مقاييس اخرى مناسبة للماء عند كل محطة لقياس معدل الجريان (شكل ٢٣ ، ٢) .



شكل (٢٣ ، ٢) قياس غيض الماء في المروز .

الجريان الداخل = ٩٢ × ٥,٧٥ = ٥٢٩ لتر

الماء المخزون = ٩٣ × ٤٠٠٠ = ٣٧٢٠٠٠ سم٣

= ٣٧٢ لتر

المساحة المترطبة = ٢٥,٨٢ × ٤٠٠٠ = ١٠٣٢٨٠ سم٢

المسافة متر	الجريان الداخل لتر	الماء المخزون لتر	المساحة المترطبة سم٢
٢٠	١٦١,٠٠	١٢٠,٠٠	٤٥٧٨٠
٤٠	٥٢٩,٠٠	٣٧٢,٠٠	١٠٣٢٨٠
٦٠	١٠٠٣,٧٢	٦١٨,٠٠	١٥٧٩٨٠
٨٠	١٦٤٠,٣٦	٨٦٧,٠٠	٢١٣٦٠٠
١٠٠	٢١٧٦,٧٢	١١١٦,٥٠	٢٧١١٠٠
١١٠	٢٥٥٣,٠٠	١٢٣٥,٠٨	٣٠١٦٢٠

تشتمل الخطوة الاخرى على حساب حجم الفيض التراكمي وعمق الفيض التراكمي للمسافة ٤٠ متر.

الفيض التراكمي (حجم) = الجريان الداخل ـ الماء المخزون

= ٥٢٩ - ٣٧٢

= ١٥٧ لتر

= ١٥٧٠٠٠ سم٣

$$\text{الفيض التراكمي (عمق)} = \frac{\text{الفيض التراكمي (حجم)}}{\text{المساحة المترطبة لمقطع الاختبار}}$$

$$= \frac{١٥٧٠٠٠}{١٠٣٢٨٠}$$

= ١,٥٢ سم

وبنفس الطريقة تستخرج احجام واعماق الفيض التراكمي مع الزمن وعلى امتداد المرز

تحدد مساحة المقطع العرضي المبتل للمرز وتقاس المسافات بين المروز من مركز المرز الى مركز المرز المجاور . يدون معدل تقدم الماء بالمرز وعمق الجريان عند نقاط مختلفة (محطات) من المرز مع الزمن ، ومن القياسات المستحصلة تحتسب مساحة المقطع العرضي المبتل للمرز والمحيط المبتل . وبضرب معدل المحيط المبتل بطول مقطع الاختبار يعطي المساحة المترطبة ، وتحتسب الغيض من العلاقات التالية وكما يلي :

الغيض التراكمي (حجم) = الجريان التراكمي الداخل - الخزن التراكمي
acc. storage − acc. inflow = accumulated infiltration (volume)

$$\text{الغيض التراكمي (عمق)} = \frac{\text{الغيض التراكمي (حجم)}}{\text{المساحة المترطبة لمقطع الاختبار}}$$

مثال :

استحصلت البيانات التالية لمروز في تربة مزيجية رملية*

التصريف لتر/ دقيقة	المسافة متر	زمن التقدم دقيقة	المحيط المبتل سم	مساحة المقطع العرضي المبتل ، سم^2
٩٢,٠٠	٢٠	١,٧٥	٢٥,٣٩	٦٠,٠٠
	٤٠	٥,٧٥	٢٥,٨٢	٩٣,٠٠
	٦٠	١٠,٩١	٢٦,٣٩	١٠٣,٠٠
	٨٠	١٧,٨٣	٢٦,٧٠	١٠٨,٤٠
	١٠٠	٢٣,٦٧	٢٧,١١	١١١,٦٥
	١١٠	٢٧,٧٥	٢٧,٤٢	١١٢,٢٨

يحسب الغيض للبيانات اعلاه وكما يلي

اولا : يحسب التصريف التراكمي الداخل من ضرب التصريف في زمن التقدم

ثانياً : يحسب حجم الماء المخزون من ضرب مساحة المقطع العرضي للمرز في المسافة

ثالثاً : تحسب المساحة المترطبة بضرب المحيط المبتل في المسافة

لو اخذنا المسافة ٤٠ متر مثلا فحسب مثالنا اعلاه فإن

* عن : Michael, A. M. 1978

زمن التقدم دقيقة	الفيض التراكمي (حجم) لتر	الفيض التراكمي (عمق) سم
١,٧٥	٣٢,٠٠	٠,٦٣
٥,٧٥	١٥٧,٠٠	١,٥٢
١٠,٩١	٣٨٥,٧٢	٢,٤٤
١٧,٨٣	٧٧٣,١٦	٣,٦٢
٢٣,٦٧	١٠٦٠,٢٢	٣,٩١
٢٧,٧٥	١٣١٧,٩٢	٤,٢٧

٥ ـ تعيين غيض الماء من بيانات تقدم الماء على سطح التربة

لذا سابقاً ان قياسات الفيض يجب ان ترتبط وتمثل طريقة الري المتبعة قدر الامكان ، ولضمان تقييم دقيق لطرق الري المختلفة من الضروري استعمال دالة الغيض ممثلة لحالة الجريان واضافة الماء حسب تلك الطريقة . وبسبب تأثير اختلافات حالة التربة وخصائص الهيدروليكية المختلفة فان تعيين دقيق لمعدل الغيض في الري السطحي خاصة يصبح محتملاً فقط عندما تجرى القياسات في حالة جريان الماء . ان هناك ارتباطاً كبيراً بين الغيض وجريان الماء على سطح التربة وهذا يزيد من امكانية احتساب دالة الغيض وثوابته من بيانات تقدم الماء على سطح التربة خاصة في الري الشريطي وري المروز .

لقد استنبطت صيغ رياضية عديدة لاحتساب دالات الغيض وثوابته من بيانات تقدم الماء على سطح التربة منها «phillip and Farrel 1964 Finkel and Nir, 1960 Donald and Gray, 1970; Christiansen et.al., 1966; Gray and Ahmed, 1965; Singh and Chauhan, 1973; Lal and Pandya, 1972; wu, 1971 »

لقد اجريت تجربة لاختبار ثوابت دالة الفيض ($I = Kt^n$) n,k المستخرجة اعتماداً على طريقة (Christiansen et al; 1966) وهي احدى طرق تقدير الفيض من بيانات تقدم الماء على سطح التربة ، ومقارنتها بالثوابت نفسها المستخرجة بتطبيق طريقة الاسطوانات المزدوجة ذات عمود الماء الثابت ، فاعطت نتائج جيدة « معامل الارتباط لقيم K,n المستخرجة بالطريقتين هي ٠,٩٠ ، ٠,٨٣ على التوالي » .

---

* اعتمدت مجموعة بيانات تجربان الماء على سطح التربة في نظام الري الشريطي وفي حقول كلية الزراعة ـ ابو غريب ، ولقد استفيد من هذه البيانات في استخراج دالة الفيض استناداً لطريقة (Christiansen et al. 1966) . ولتعرف تفصيلياً على هذه الطريقة ، راجع (الخديثي ، عصام خضير والطيف ، نبيل ابراهيم ، ١٩٨٨)

قياسات مياه الري

وحدات قياس مياه الري
طرق قياس مياه الري
الطريقة الحجمية
طريقة الطوافة
عداد التيار
مقاييس المياه
الهدارات
الفتحات
مقياس بارشال
طريقة الدلائل
قياس التصريف في الانابيب
التصريف من انبوب بوضع افقي
التصريف من انبوب بوضع رأسي
التصريف من السحارات

قياسات مياه الري

توفر لنا قياسات المياه امكانية الاستخدام العقلاني والعلمي لمصادر الثروة المائية واحتساب كفاءة استعمال مياه الري وتقدير نسب الضائعات المائية ، كما تسمح لنا بتوزيع مياه الري بالكميات المحسوبة للحقول الزراعية وحسب احتياجاتها الفعلية . ان اتباع سياسة سليمة في ادارة عمليات الري يحتم علينا اجراء قياسات منتظمة للمياه بقصد رفع كفاءة استعمالها . ولاتقتصر اهمية قياسات المياه على الحاجة لها في مجالات الري حسب بل تكتسب اهمية خاصة لاغراض البزل ، اذ يتطلب الامر حساب كميات المياه المبزولة من نظام بزل معين لمعرفة الكفاءة البزلية لذلك النظام . سنتطرق في هذا الفصل الى بعض الطرق المستعملة في قياسات مياه الري والاجهزة الشائعة لهذا الغرض .

وحدات قياس مياه الري

قد نحتاج الى قياسات المياه من وضع السكون او الحركة ، فقد نحتاج الى قياس المياه في الخزانات والبحيرات والتربة ويعبر عنها بوحدات الحجم كاللتر والمتر المكعب والهكتار . سم والهكتار . متر . اما قياسات المياه في حالة الحركة فنحتاج اليها للتعبير عن جريان الماء في الانهار والقنوات والانابيب ويعبر عنها بوحدات اللتر/ ثانية او اللتر/ ساعة او المتر المكعب / ثانيةاوالمتر المكعب/ دقيقة او الهكتار . سم/ ساعة او الهكتار . م/ يوم وهكذا .

طرق قياس مياه الري

1. الطريقة الحجمية Volumetric method

وهي طريقة مباشرة وبسيطة لقياس التصاريف الصغيرة نسبياً كما هو الحال في ري المروز وعند استعمال السحارات (Siphon tubes) ، وتتضمن جمع الماء المتدفق في حاوية بحجم معلوم ولفترة زمنية مقاسة . ان الزمن اللازم لملء اناء ذو حجم معين يعطي معدل التصريف .

مثال :

لو افترضنا حاوية (Container) سعتها ٢٠ لتر امتلئت بالماء المتدفق من مضخة صغيرة خلال ٢٠ ثانية ... فإن تصريف المضخة يحتسب كالآتي :

فيها سرعة الجريان لاستخراج معدل السرعة في القناة او المجرى المائي. يرتبط عدد هذه المقاطع بمدى انتظام المقطع العرضي للجريان وبدرجة الدقة المطلوبة، ولضمان تحقيق دقة عالية في قياس معدل السرعة تحتسب سرعة الجريان على ارتفاع ٠,٢ من عمق القناة وعند نقطة اخرى على ارتفاع ٠,٨ من عمق القناة ويستعمل معدل السرعتين.

٤ ـ مقاييس المياه Water meters

وهي انواع ميكانيكية وتعتمد على نفس مبدأ عمل عداد التيار، ويجرى لها تعيير في المصنع وفي الغالب تستعمل لاحتساب التصاريف المتناسة في الانابيب ومنها مقاييس المياه التي تستعمل في المنازل لقياس مجموع وحدات المياه المستهلكة تراكمياً.

٥ ـ الهدارات (السدود الغاطسة) Weirs

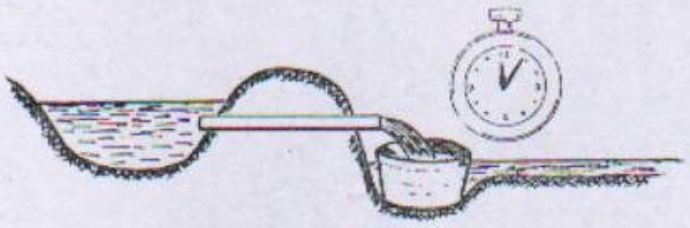
تستخدم الهدارات لقياس تصريف الماء في القنوات وهي عبارة عن حواجز تعترض عمودياً مجرى الماء وبها فتحات منتظمة الشكل. تقسم الهدارات تبعاً لاشكال فتحاتها ولنوع حافاتها ولعرضها نسبة لعرض المجرى المائي. ولكي تكون قراءات الهدارات صحيحة يجب معايرتها في مكانها تحت نفس ظروف تشغيلها. وسنركز على تقسيم الهدارات تبعاً لاشكال فتحاتها وكما يلي:

أ. الهدار المستطيل Rectangular weir
ب. الهدار شبه المنحرف Trapezoidal weir
جـ. الهدار المثلث Triangular weir

ان توزيع السرعة في الهدار يتبع منحنياً بشكل قطع مكافىء وليس خطاً مستقيماً وذلك كما يلي:

إن تغير السرعة يتبع المعادلة $v = \sqrt{2gy}$ ولذلك فأن التصريف بالمتر عرض يساوي مساحة المنحنى وهي في حالة المنحنى ذو القطع المكافيء تساوي $\frac{2}{3}$ القاعدة × الارتفاع.
أي ان

$$q = \left(\frac{2}{3} C \sqrt{2g} \right) H^{3/2} Cu.m/s/m$$



شكل (٣٠١) الطريقة الحجمية في قياس التصريف

$$\text{التصريف ، لتر/ ثانية} = \frac{\text{حجم الحاوية ، لتر}}{\text{الزمن اللازم لملئها ، ثانية}}$$

$$= \frac{٢٠}{٢٠}$$

يرمى جسم عائم (الطوافة) على سطح المجرى المائي ويحتسب الزمن اللازم لقطع مسافة معينة ، وتحتسب سرعة الجريان بقسمة المسافة على الزمن . تتميز هذه الطريقة بأنها غير دقيقة وتتأثر بالمواد العائمة على السطح وبسرعة واتجاه الريح . وللطوافة مواصفات معينة من حيث كثافتها بالنسبة لكثافة الماء . وبواسطة هذه الطريقة يتم قياس السرعة السطحية لجريان الماء وحيث ان سرعة الجريان في القناة او المجرى على السطح تزيد عن معدل سرعة الجريان فإن معدل سرعة الجريان يستخرج بضرب السرعة السطحية في عامل التصحيح (يرتبط بدرجة الخشونة وشكل القناة وعمق الجريان) وتتراوح قيمته من ٠,٨ ولغاية ٠,٩ (بمعدل ٠,٨٥) . ولحساب التصريف بهذه الطريقة نضرب معدل السرعة (السرعة المقاسة × معامل التصحيح) في معدل مساحة المقطع العرضي للجريان . تستعمل الطوافة الانبوبية (Road Float) لأنها تعطي نتائج ادق بكثير من الطوافة العائمة فضلاً عن ضآلة تأثرها بالريح ، وقد تستعمل بعض الصبغات كالفلورسين وبرمنكنات البوتاسيوم بنفس الطريقة ولنفس الغرض اعلاه .

مثال :

وضعت قطعة خشبية في مجرى مائي معدل مساحة مقطعه العرضي ١,٢ متر مربع فقطعت مسافة مقدارها ٦٠ متر في فترة زمنية مقدارها ٢ دقيقة .
يحتسب التصريف كالآتي :

$$\text{السرعة السطحية للجريان (المقاسة)} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

$$= \frac{٦٠ \text{ متر}}{٢ \times ٦٠ \text{ ثانية}}$$

$$= ٠,٥ \text{ متر/ ثانية}$$

$$\text{معدل سرعة الجريان} = \text{معامل التصحيح} \times \text{السرعة السطحية المقاسة}$$
$$= ٠,٨٥ \times ٠,٥$$
$$= ٠,٤٢٥ \text{ متر/ ثانية}$$

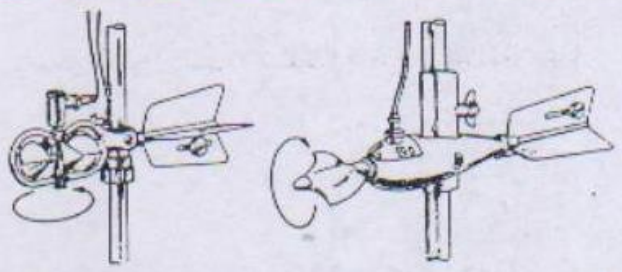
$$\text{التصريف} = \text{معدل سرعة الجريان} \times \text{مساحة المقطع العرضي للجريان}$$
$$= ٠,٤٢٥ \times ١,٢$$
$$= ٠,٥١ \text{ متر مكعب/ ثانية}$$

٣ ـ عداد التيار Current meter

وهي طريقة مباشرة لقياس سرعة جريان الماء في القنوات او الانهار . يتميز جهاز قياس التيار بدقته وصغر حجمه نسبياً وعادة يحتسب التصريف بضرب معدل سرعة الجريان في معدل مساحة المقطع العرضي للجريان . هنالك عدة انواع من هذه الاجهزة لكل منها مواصفاتها وظروف استعمالها (شكل ٣ ، ٣) ولكن الشائع منها نوعان هما

أ ـ عداد التيار المروحي Propeller-type current meter
ب ـ عداد التيار ذو الكؤوس Cup-type current meter

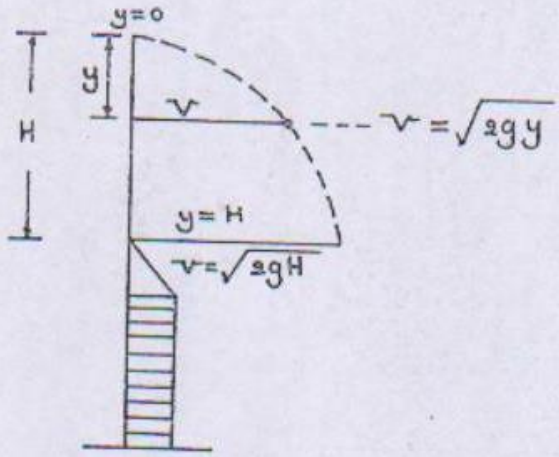
وبدلالة عدد دورات الجهاز في وحدة الزمن (عدد الدورات تتناسب مع سرعة جريان الماء) وباستعمال جداول او منحنيات قياسية خاصة بكل جهاز تحتسب سرعة الجريان ، علماً ان التقنيات الحديثة في تصنيع هذه الاجهزة اصبحت تعطي السرعة المقاسة مباشرة . يفضل ان تجرى القياسات في جزء مستقيم من القناة او المجرى المائي وعند مقطع عرضي منتظم نسبياً .



أ ـ (المروحي) Propeller type ب ـ (ذو الكؤوس) Cup type

شكل (٣ ، ٣) عدادات التيار ، Current meters

يرتبط الجهاز بذراع مدرجة تستند على قاعدة توضع في المجرى المائي ويثبت الجهاز على الذراع وعلى العمق المطلوب . يرتبط الجهاز بسلك يتصل بالعداد الذي تسمع منه الدورات او يسجل عدد الدورات في وحدة الزمن او يعطي السرعة المقاسة مباشرة حسب نوع الجهاز . يقسم مقطع الجريان عادة الى عدة مقاطع تقاس

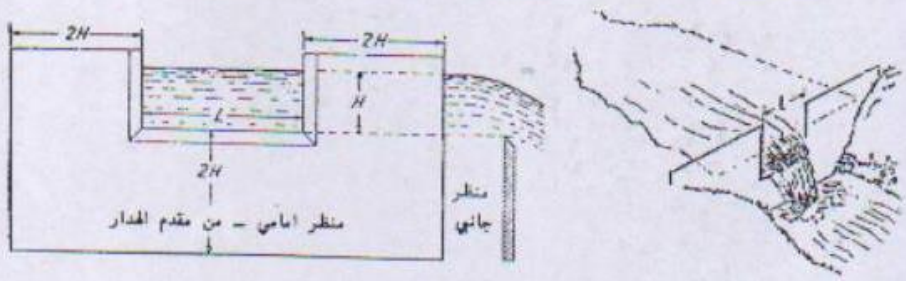


والتصريف الكلي Q

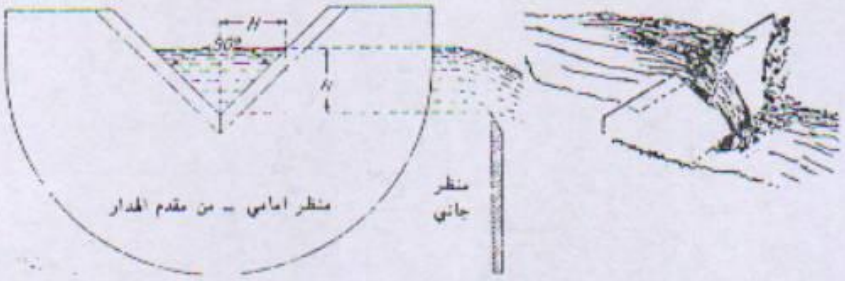
$$Q = \left(\frac{2}{3} C \sqrt{2g} \right) L H^{3/2}$$

والمعامل C هو معامل التصريف وتتراوح قيمته بين ٠,٥٩ الى ٠,٦٥ ويمكن استعمال القيم الآتية للهدارات حادة الحافة .

أ ـ الهدار المستطيل الموضح في شكل (٤ ، ٣) = ٠,٦٢٢



شكل (٤ ، ٣) الهدار المستطيل



شكل (٢ ، ٦) الهدار المثلث

وبأستعمال $g = 9.80\ m/sec^2$ حصلنا على القيم المذكورة سابقاً ، وبأستعمال $g = 32.14\ ft/sec^2$ لخط عرض العراق لحصل على المعادلات بالاقدام كما يأتي :

هدار مستطيل

$$Q = 3{\cdot}33\ LH^{3/2} \qquad Cu.ft/sec$$

هدار سيبوليتي

$$Q = 3{\cdot}37\ LH^{3/2} \qquad Cub.ft/sec$$

هدار مثلثي ٩٠°

$$Q = 2{\cdot}54\ H^{5/2}$$

ويلاحظ في حالة الهدار المستطيل ان عرضه يساوي عرض الجدول فإن لم يكن كذلك فيجب أخذ التقلص بنظر الاعتبار وبذلك تصبح المعادلة بالامتار المكعبة بالثانية

$$Q = 1{\cdot}86\,(L - 0{\cdot}2\,H)\,H^{3/2}$$

وبالاقدام المكعبة

$$Q = 3{\cdot}37\,(L - 0{\cdot}2\,H)\,H^{3/2}$$

ان من محاسن الهدارات هي دقتها وبساطتها وسهولة بناؤها ودائميتها كما ان قياساتها لاتتأثر بوجود الاتنات او المواد العائمة الاخرى على الماء ، ومن محدداتها احتياجها الى كميات من الماء وبعمق معين يمكن قياسه وكذلك تراكم الغرين والرمل امام الهدار مما يؤثر على قياساته . ولضمان الدقة في القياس باستعمال الهدارات تتبع قواعد معينة في تركيبها واستعمالها .

ولذا تصبح المعادلة بالوحدات المترية

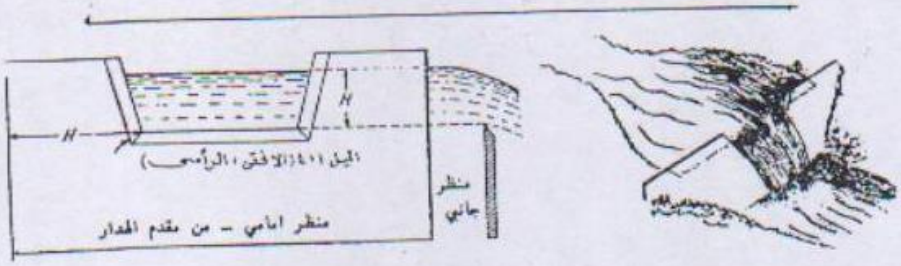
$$Q = 1.84LH^{3/2}$$

حيث ان : Q = تصريف الهدار ، متر مكعب/ ثانية

L = طول حافة الهدار ، متر

H = ارتفاع الماء فوق حافة الهدار ، متر

ب ـ الهدار شبه المنحرف* (سيبوليتي) الموضح في شكل (٥ ، ٣) = ٠,٦٣٠



شكل (٥ ، ٣) هدار سيبوليتي** على شكل شبه منحرف حاد الحافة

وبذا تصبح المعادلة بالوحدات المترية

$$Q = 1.86\ LH^{3/2}$$

حيث تقاس (Q) بالمتر المكعب/ ثانية ,(L,H) بالمتر

جـ الهدار المثلثي ٩٠° الموضح في شكل (٦ ، ٣) = ٠,٥٩٣

وبذا تصبح المعادلة بالوحدات المترية

$$Q = 1.40H^{5/2}$$

وذلك بأستعمال g = 9.80 لخط عرض العراق .

ويلاحظ ان معادلة الهدار المثلثي هي :

$$Q = \frac{8}{15}\ C\ \sqrt{2g}\ H^{5/2}$$

* عندما يختلف ميل الجوانب في الهدار شبه المنحرف عن ١ : ٤ تصبح معادلته معقدة لاينصح باستعمالها

** صمم المهندس الايطالي سيبوليتي (Cipolletti) هداراً ذا ثلمة على شكل شبه منحرف حيث يتناسب التصريف مباشرة مع طول حافة الهدار دون الحاجة الى ادخال التعديلات لتقلص الجوانب وقد استعمل بكثرة لافضليته ، وتنحدر جوانبه بنسبة ١ : ٤ حتى تعادل (L-0.2H)وهي التقلص الجانبي ولاتصلح المعادلة لاي ميل جانبي آخر .

مثال

هدار مستطيل عرض فتحته ١٠٠ سم وارتفاع الماء فيها ٥٠ سم ماهو تصريفه ؟

$$Q = 1.84\ LH^{3/2}$$

$$\text{التصريف} = ١,٨٤ \times ١ \times (٠,٥)^{\frac{٣}{٢}}$$

$$= ٠,٦٥ \text{ متر مكعب / ثانية}$$

مثال : هدار مثلث ارتفاع الماء فيه ٣٠ سم ماهو تصريفه ؟

$$Q = 1.40\ H^{5/2}$$

$$\text{التصريف} = ١,٤٠ \times ٠,٣^{\frac{٥}{٢}}$$

$$= ٠,٠٦٩ \text{ متر مكعب / ثانية}$$

مثال : هدار سيبوليتي تصريفه ١٠٠ لتر / ثانية وعرض فتحته ١٠٠ سم ماهو ارتفاع الماء فيه ؟

يمكن حل السؤال باتباع المعادلة التالية وكما يلي

$$Q = 1.86\ LH^{3/2}$$

$$Q = ٠,١ \text{ متر مكعب / ثانية}$$

$$L = ١ \text{ متر}$$

$$H \times ١ \times ١,٨٦ = ٠,١^{\frac{٣}{٢}}$$

$$H^{\frac{٣}{٢}} = ٠,٥٣٧$$

$$\text{لو} H^{\frac{٣}{٢}} = \text{لو} ٠,٠٥٣٧$$

$$\frac{٣}{٢} \text{لو} H = -١,٢٧$$

$$\text{لو} H = -٠,٨٤٦$$

$$H = ٠,١٤٢ \text{ متر} = ١٤,٢ \text{ سم}$$

الفتحات Orifices

يمكن قياس التصريف باستعمال فتحات في حواجز تعترض المجرى المائي وهي في الغالب ذات شكل دائري او مستطيل . إن سرعة تدفق الماء الخارج من فتحة في حاجز تتحدد بارتفاع الماء فوق مركز تلك الفتحة اي (الضغط المسلط على تلك النقطة) .

يمكن التعبير عن سرعة تدفق الماء من فتحة معينة بسرعة سقوط الاجسام الحرة في الجو مع اهمال الاحتكاك بالهواء وبالصيغة التالية

$$V = \sqrt{2gh}$$

حيث ان

v = السرعة

g = التعجيل الارضي

h = ارتفاع الماء فوق مركز الفتحة

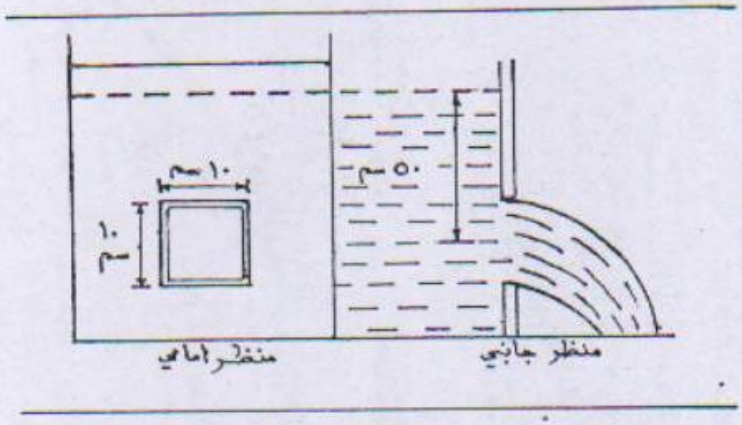
وتتناسب كمية المياه المتدفقة مع مساحة المقطع العرضي للماء المتدفق وسرعة تدفقه وكما يلي

$$Q = aV$$

$$Q = a\sqrt{2gh}$$

مثال :

يمكن حساب تصريف الفتحة الموضحة بالشكل التالي وكما يلي :



$$Q = 0.61\, a\sqrt{2gh}$$

التصريف بالمتر المكعب/ثا = ٠,٦١ × $\frac{١٠ \times ١٠}{١٠٠٠٠}$ × $\sqrt{٢ \times ٩,٨ \times ٠,٥}$

= ٠,٠١٩١ متر مكعب/ ثانية

= ١٩,١ لتر / ثانية

او

$$Q = 0.61 \times 10^{-3} \times a\sqrt{2gh}$$

التصريف باللتر/ ثانية = ٠,٦١ × $١٠^{-٣}$ × ١٠ × ١٠ × $\sqrt{٢ \times ٩,٨ \times ٥٠}$

= ١٩,١ لتر/ ثانية

كما يمكن اتباع المعادلة

$$Q = 0.027\, a\sqrt{h}$$

التصريف باللتر/ ثانية = ٠,٠٢٧ × ١٠ × ١٠ × $\sqrt{٥٠}$

= ١٩,١ لتر/ ثانية

ويمكن حل السؤال بالوحدات الانكليزية وكما يلي

$$Q = 0.61\ a\ \sqrt{2gh}$$

a = ٠,١٠٧٦ قدم مربع

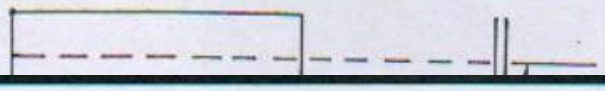
g = ٣٢,٢ قدم/ ثا^2

h = ١,٦٤ قدم

التصريف بالقدم المكعب/ ثا = ٠,٦١ × ٠,١٠٧٦ × $\sqrt{٢ \times ٣٢,٢ \times ١,٦٤}$

= ٠,٦٧٤٥ قدم مكعب/ ثانية

مثال : يمكن حساب تصريف الفتحة الموضحة بالشكل التالي وكما يلي :



او

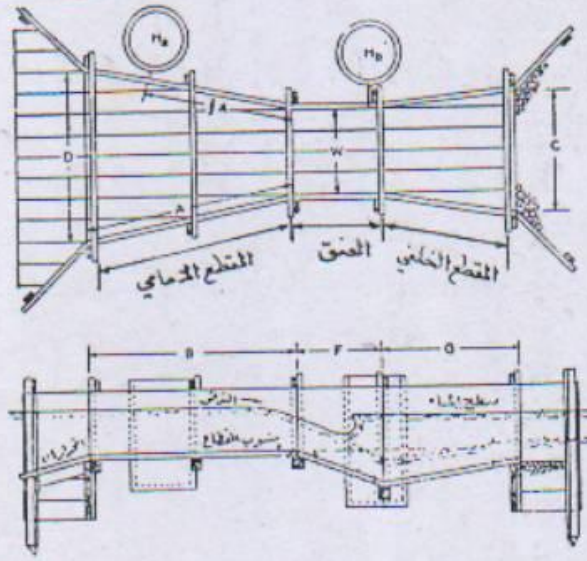
$$Q = 0.027\ a\ \sqrt{h}$$

- التصريف باللتر/ ثانية = ٠,٠٢٧ × ١٠ × ٢٠ $\sqrt{٢٥}$

= ٢٧ لتر/ ثانية

٧ - مقياس بارشال Parshall flume

وهي طريقة لقياس التصريف تعتمد على امرار الماء في جهاز ذو مقطع قياسي منتظم ومنضيق ويقاس ارتفاع الماء في مقدم الجهاز (Ha) . يتميز هذا الجهاز بالدقة في قياساته مقارنة بالهدارات والفتحات ولا تتأثر دقته حتى في الحالات التي تكون فيها قيمة Ha صغيرة وليست هنالك رواسب من الرمل والغرين تؤثر على دقة القياس لان سرعة الماء خلاله اعلى منها في المجرى المائي . يتكون جهاز بارشال من الاجزاء التالية ، انظر شكل (٨ ، ٣)



شكل (٨ ، ٢) يوضح اجزاء مقياس بارشال

١ ـ المقطع الامامي (upstream section) : وتكون قاعدته مستوية وجدرانه مفتوحة من الامام وتبدأ بالتضيق بالاتجاه نحو عنق الجهاز .

٢ ـ العنق (Throat section) : يحصل للجهاز تضيق عند هذا المقطع وتكون جدران العنق متوازية وارضيته تنحدر باتجاه المقطع الخلفي .

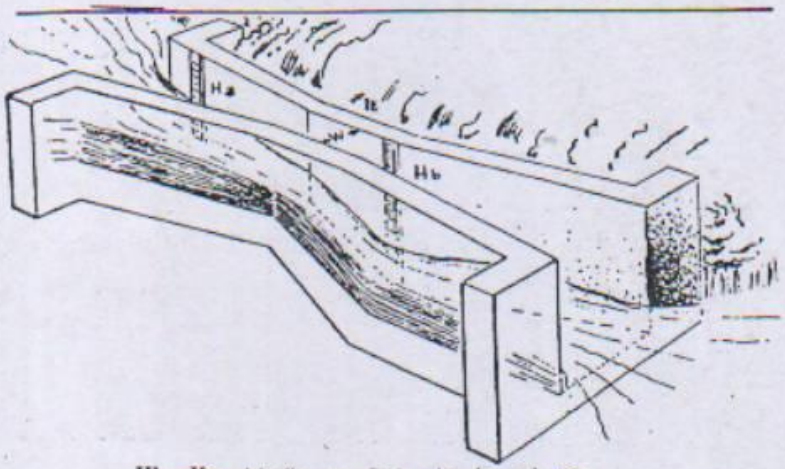
٣ ـ المقطع الخلفي (downstream section) : تنفرج جدران الجهاز عند هذا المقطع باتجاه الخلف وترتفع ارضية الجهاز بنفس الاتجاه اي باتجاه المخرج (outLet) .

يتضمن القياس معرفة

١ ـ ارتفاع الماء عند دخوله الجهاز Ha

٢ ـ ارتفاع الماء عند خروجه من الجهاز Hb

تثبت مقاييس لارتفاع الماء Hb,Ha (شكل ٩ ، ٣) ، ويكتفى باحتساب قيمة Ha عندما يكون الجريان حراً . اما في حالة الجريان المغمور فتحسب قيمة Hb اضافة الى Ha لتحديد التصريف . قد تستعمل مقاييس بارشال في الحقول الصغيرة أو الكبيرة وهذا يرتبط بحجم الجهاز الذي يعبر عنه بعرض العنق الذي يتراوح من ٢,٥ سم الى ٣٠٠ سم ، اي ان التصاريف الممكن قياسها بمقياس بارشال تكون بين ٠,٣ لتر/ ثانية الى ٥,٥ متر مكعب / ثانية او اكثر . يؤثر الجريان المغمور على قياسات المياه مما يوجب تصحيح القراءات ، ويتحدد الجريان المغمور عندما تكون نسبة Hb/Ha اكبر من ٠,٧ .



شكل (٩ ، ٣) مقياس بارشال يبين مواقع قياس Hb , Ha

مثال

بافتراض وجود مقياس بارشال ، عرض عنقه ١٥ سم وكانت قراءة Ha تساوي ٢٠ سم وقراءة Hb تساوي ١١ سم فان تصريف الجهاز يحتسب كالاتي:

$$\frac{Hb}{Ha} = \frac{١١}{٢٠} = ٠,٥٥$$

وهذه القيمة اقل من ٠,٧ لذلك فان الجريان من النوع الحر .
نكتفي اذن بقيمة Ha في حساب التصريف وبالاستعانة بالجدول (٣ ، ١) نجد ان التصريف لجهاز عرض عنقه ١٥ سم وقيمة Ha تساوي ٢٠ سم يساوي ٢٩ لتر/ ثانية .

مثال

بافتراض مقياس بارشال عرض عنقه ٦١ سم وكانت قراءة Ha تساوي ٤٦ سم ، Hb تساوي ٣٦,٥ سم فان التصريف يحتسب كالآتي :

$$\frac{Hb}{Ha} = \frac{٣٦,٥}{٤٦} = ٠,٧٩$$

اذن الجريان مغمور وهنا لابد من ان تؤخذ Hb بنظر الاعتبار

١ ـ يستخرج التصريف من الجدول (٣ ، ١) لصندوق عرض عنقه ٦١ سم وقيمة Ha تساوي ٤٦ سم والذي يساوي ٤٣٠ لتر/ ثانية .

٢ ـ من الشكل (٣ ، ١٠) ، استعمل Ha = ٤٦ سم ، Hb = ٣٦,٥ سم حيث ان عرض العنق = ٣٠ سم .

نحدد موقع Ha على الاحداثي الصادي بين الفرانتين (٤٥,٧ و ٦٠,١) ونأخذ خط افقي من النقطة المحددة حتى يتقاطع الخط الافقي مع المنحنى الذي يمثل قيمة (Hb = ٣٦,٥ سم) ، ومن نقطة التقاطع نرسم خط عمودي على المحور السيني فنستخرج قيمة التصحيح والتي تساوي هنا ١٥,٢ لتر/ ثانية .

٣ ـ باستعمال جدول (٣ ، ٢) نصحح القيمة لمقياس بارشال عرض عنقه ٦١ سم والتي تمثلها قيمة M التي تساوي ١,٨

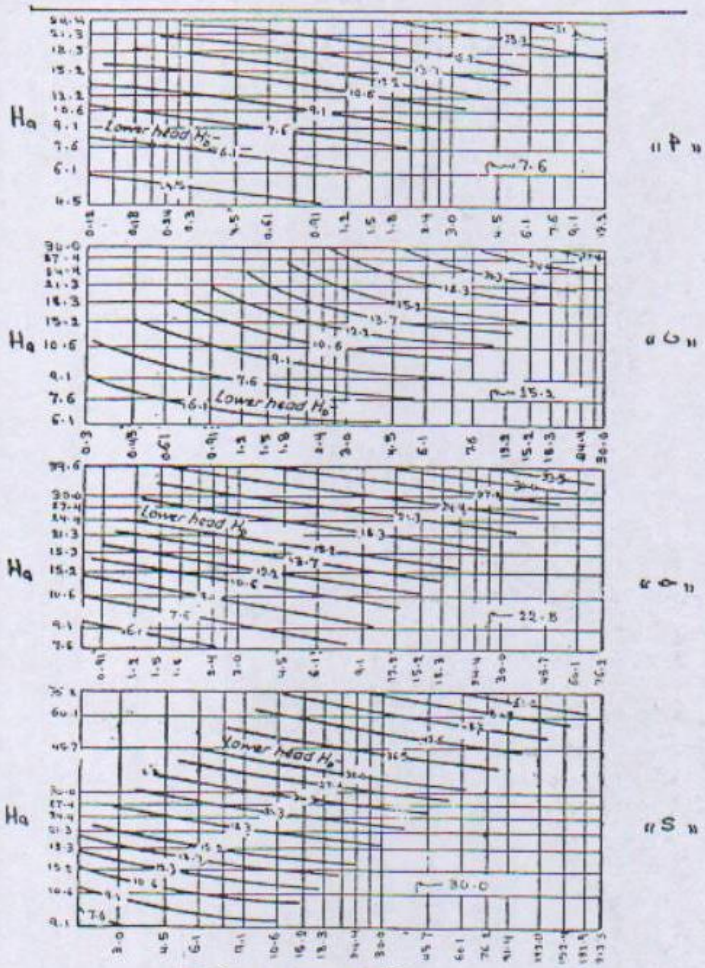
جدول (١ ، ٣) حساب التصريف باستخدام مقياس بارشال.

الضغط الأدنى H (سم)	عرض الحنق ، سم									
	٧.٥	١٥	٢٣	٣٠	٦١	٩١	١٢٢	١٥٢	١٨٣	٢٤٤
	التدفق باللتر في الثانية (التصريف)									
١										
٢										
٣	٠.٧٨	١.٤	٢.٥							
٤	١.٢	٢.٣	٤.٠							
٥	١.٦	٣.١	٥.٤							
٦	٢.٣	٤.٥	٧.٣	٩.٨	١٨	٢٧	٣٥			
٧	٢.٩	٥.٧	٩.٠	١٢	٢٣	٣٤	٤٥			
٨	٣.٥	٧.١	١١	١٥	٢٨	٤١	٥٤	٦٧	٧٩	
٩	٤.٣	٨.٦	١٣	١٨	٣٥	٥١	٦٧	٨٣	٩٩	١٣٠
١٠	٥.٠	١٠	١٥	٢١	٤١	٦٠	٧٩	٩٧	١١٦	١٥٢
١١	٥.٨	١٢	١٨	٢٤	٤٦	٦٩	٩١	١١٢	١٣٣	١٧٦
١٢	٦.٥	١٣	٢١	٢٧	٥٢	٧٨	١٠٣	١٢٧	١٥٢	٢٠٠
١٣	٧.٥	١٥	٢٤	٣١	٦١	٩٠	١١٩	١٤٨	١٧٦	٢٣٣
١٤	٨.٥	١٧	٢٧	٣٥	٦٨	١٠١	١٣٣	١٦٥	١٩٠	٢٦٠
١٥	٩.٦	١٩	٢٩	٣٨	٧٥	١١١	١٤٧	١٨٣	٢١٨	٢٨٨
١٦	١٠.٣	٢١	٣٢	٤٢	٨٢	١٢٢	١٦٢	٢٠١	٢٤٠	٣١٦
١٧	١١	٢٣	٣٥	٤٧	٩٢	١٣٧	١٨١	٢٢٥	٢٧٠	٣٥٦
١٨	١٢	٢٥	٣٨	٥١	١٠٠	١٤٩	١٩٧	٢٤٦	٢٩٥	٣٨٨
١٩	١٣	٢٧	٤٢	٥٥	١٠٨	١٦١	٢١٣	٢٦٦	٣١٧	٤٢١
٢٠	١٤	٢٩	٤٥	٥٩	١١٧	١٧٣	٢٣٠	٢٨٦	٣٧٤	٤٥٤
٢١	١٦	٣٢	٤٩	٦٤	١٢٧	١٩٠	٢٥٢	٣١٢	٣٧٤	٤٩٥
٢٢	١٧	٣٥	٥٢	٦٩	١٣٦	٢٠٤	٢٧٠	٣٣٦	٤٠٤	٥٣١
٢٣	١٨	٣٧	٥٦	٧٣	١٤٥	٢١٦	٢٨٨	٣٥٨	٤٣٠	٥٧٠
٢٤	١٩	٤٠	٦٠	٧٨	١٥٥	٢٣٤	٣١٠	٣٨٣	٤٦٤	٦١٥
٢٥	٢١	٤٣	٦٤	٨٤	١٦٦	٢٤٨	٣٣٢	٤١٤	٤٩٥	٦٦٠
٢٦	٢٢	٤٥	٦٨	٨٩	١٧٦	٢٦٤	٣٥٠	٤٤٠	٥٢٥	٦٩٨
٢٧	٢٣	٤٨	٧٢	٩٤	١٨٦	٢٧٨	٣٧٠	٤٦٣	٥٥٥	٧٣٠

يتبع جدول (١ ، ٣)

الضاغط الامامي $H_{..}$	عرض العنق ، سم									
(سم)	٧.٥	١٥	٢٣	٣٠	٦١	٩١	١٢٢	١٥٢	١٨٣	٢٤٤
	التدفق باللتر في الثانية (التصريق)									
٢٨	٢٥	٥١	٧٦	١٠٠	١٩٩	٢٩٨	٣٩٨	٤٩٦	٥٩٥	٧٨٠
٢٩	٢٦	٥٤	٨٠	١٠٥	٢٠٩	٣١٣	٤١٨	٥٢٢	٦٢٥	٨٣٥
٣٠	٢٧	٥٧	٨٤	١١٠	٢٢٠	٣٣٠	٤٤٠	٥٥٠	٦٦٠	٨٨٠
٣٢	٣٠	٦٣	٩٣	١٢٢	٢٤٤	٣٦٨	٤٨٨	٦١٢	٧٣٤	٩٨٠
٣٤		٧٠	١٠٣	١٣٤	٢٧٠	٤٠٠	٥٤٠	٦٨٠	٨١٠	١٠٦٠
٣٦		٧٦	١١٠	١٤٦	٢٩٠	٤٤٠	٥٩٠	٧٤٠	٨٨٠	١١٨٠
٣٨		٨٣	١٢١	١٥٧	٣٢٠	٤٨٠	٦٤٠	٨١٠	٩٧٠	١٣٠٠
٤٠			١٣١	١٧٠	٣٥٠	٥٢٠	٦٩٠	٨٨٠	١٠٥٠	١٤٠٠
٤٢			١٤٢	١٨٤	٣٨٠	٥٦٠	٧٥٠	٩٤٠	١١٤٠	١٥٢٠
٤٤			١٥٢	١٩٨	٤٠٠	٦٠٠	٨١٠	١٠١٠	١٢١٠	١٦٣٠
٤٦			١٦٣	٢١٠	٤٣٠	٦٥٠	٨٧٠	١٠٩٠	١٣١٠	١٧٥٠
٤٨			١٧٤	٢٣٠	٤٦٠	٦٩٠	٩٢٠	١١٦٠	١٤٠٠	١٨٧٠
٥٠				٢٤٠	٤٩٠	٧٤٠	٩٩٠	١٢٤٠	١٤٩٠	٢٠٠٠
٥٢				٢٦٠	٥٢٠	٧٩٠	١٠٦٠	١٣٢٠	١٥٩٠	٢١٣٠
٥٦				٢٩٠	٥٨٠	٨٨٠	١١٨٠	١٤٩٠	١٧٩٠	٢٤١٠
٥٨				٣٠٠	٦١٠	٩٣٠	١٢٦٠	١٥٨٠	١٨٩٠	٢٥٤٠
٦٠				٣٢٠	٦٤٠	٩٨٠	١٣٢٠	١٦٦٠	٢٠٠٠	٢٦٩٠
٦٢				٣٤٠	٦٨٠	١٠٣٠	١٣٩٠	١٧٥٠	٢١٢٠	٢٨٤٠
٦٤				٣٥٠	٧١٠	١٠٨٠	١٤٦٠	١٨٤٠	٢٢٢٠	٢٩٨٠
٦٦				٣٧٠	٧٤٠	١١٣٠	١٥١٠	١٩٢٠	٢٣٢٠	٣١٢٠
٦٨				٣٩٠	٧٨٠	١١٩٠	١٥٨٠	٢٠٢٠	٢٤٤٠	٣٢٨٠
٧٠				٤٠٠	٨٢٠	١٢٥٠	١٦٧٠	٢١٠٠	٢٥٩٠	٣٤٤٠
٧٢				٤٢٠	٨٥٠	١٢٩٠	٢٧٤٠	٢١٨٠	٢٦٨٠	٣٥٨٠
٧٤				٤٤٠	٨٩٠	١٣٥٠	١٨٢٠	٢٣٠٠	٢٧٨٠	٣٧٦٠
٧٦				٤٦٠	٩٤٠	١٤٢٠	١٩٢٠	٢٤٢٠	٢٩٢٠	٣٩٤٠

* عن : حلمي ، علي عبد اللطيف . ١٩٨٤



التصحيح ، لتر/ثانية

شكل (١٠ ، ٣) • الاهتزال في الجريان المنسب عن حالة غمر مقياس بارشال.
محور عن Israelsen and Hansen, 1962 الى الوحدات المترية.

٤ ـ نضرب قيمة التصحيح (١٥,٢ لتر/ ثانية) في الثابت M (١,٨)
١٥,٢ × ١,٨ = ٢٧,٣٦ لتر/ ثانية

٥ ـ ولما كان التصريف المستخرج من الجدول (١ ، ٣) يساوي ٤٣٠ لتر/ ثانية فان التصريف الفعلي سيكون
٤٣٠ - ٢٧,٣٦ = ٤٠٢,٦٤ لتر/ ثانية

جدول (٢ ، ٣) عوامل M التي ينبغي ان تستخدم بربطها بالشكل (١٠ ، ٣) لتحديد التصاريف لمقياس بارشال اكبر من ٣٠ سم*

عرض العنق (W) ، سم	العامل (M)
٣٠	١,٠
٦١	١,٨
٩١	٢,٤
١٢٨	٣,١
١٥٢	٣,٧
١٨٣	٤,٣
٢١٣	٤,٩
٢٤٤	٥,٤

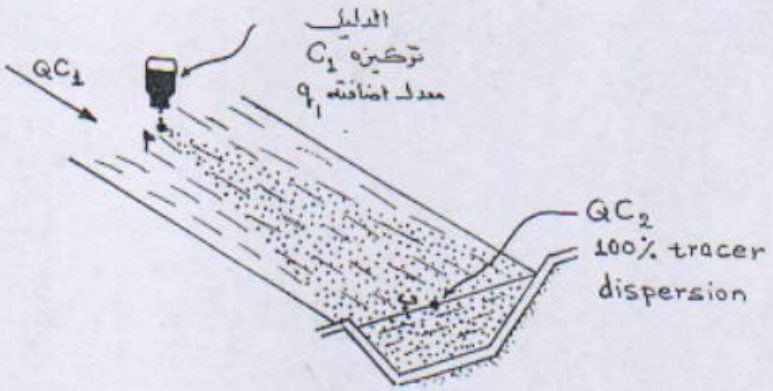
* عن : Israelsen and Hansen,1962

قد يصنع مقياس بارشال من المعدن او الخشب او الكونكريت ومن مساوىء الجهاز ان الماء يخرج بسرعة عالية تؤدي الى تعرية القناة او الجدول لذلك يجب حماية قعر القناة بواسطة التبطين او التكسية .

٨ ـ طريقة الدلائل Tracer method

في هذه الطريقة لاتحتاج الى قياسات السرعة وعمق الجريان ومساحة المقطع العرضي للجريان او اية متغيرات هيدروليكية اخرى بل تعتمد على وضع صبغات او مواد كيمياوية في الماء بتركيز ومعدل معروفين فتمتزج مع مياه الري وتتحرك في المجرى المائي ، ويقاس تركيزها بعد قطع مسافة معينة (عندما يحصل لها امتزاج تام ، ١٠٠٪) بمقارنتها بمحاليل قياسية ذات تراكيز معلومة . يحتسب التصريف

بتطبيق قوانين خاصة تعتمد على تركيز المادة الاصلي ومعدل اضافتها وتركيزها عند نقطة بداية القياس وتركيزها عند نهاية القياس . تعتبر طريقة الدلائل غير شائعة الاستعمال حالياً ، انظر شكل (١١ ، ٣).



شكل (١١ ، ٣) طريقة الدلائل لقياس التصريف في القنوات المفتوحة

تتضمن طريقة الدلائل اذابة كمية كبيرة من الدليل في كمية صغيرة من الماء وتوضع في قنينة . يضاف المحلول (tracer solution) من قنينة خاصة بمعدل معلوم في المجرى المائي . يرمز لتركيز الدليل في قنينة الاضافة ($\frac{\text{وزن الدليل}}{\text{وزن الماء}}$) بالرمز C_1 (عند النقطة أ) ومعدل اضافته في المجرى المائي q_1 ، اما تركيز الدليل الاصلي قبل مزجه مع الماء في القنينة فيرمز له C_o . واذا افترضنا عدم حصول فقدان للماء بسبب الرشح او التبخر عند حركته من المحطة أ الى ب فإن التصريف في النقطة ب يساوي التصريف في النقطة أ زائداً قيمة q_1 ، ويرمز لتركيز الدليل عند المحطة ب بالرمز C_2 . يمكن التعبير عن العلاقات اعلاه رياضيا وكما يلي :

$$Q\,C_o + q_1\,C_1 = (Q + q_1)\,C_2$$

$$QC_o + q_1C_1 = QC_2 + q_1\,C_2$$

$$QC_o - QC_2 = q_1\,C_2 - q_1\,C_1$$

$$Q(C_0 - C_2) = q_1(C_2 - C_1)$$

$$Q = q_1 \frac{C_2 - C_1}{C_0 - C_2}$$

وقد تستعمل نظائر مشعة بنفس الطريقة ولنفس الغرض اعلاه الا ان التراكيز تقاس باحتساب اشعة كاما المرة خلال المحاليل وباستعمال عداد جايجر (Geiger counter) وتطبيق صيغ خاصة بذلك .

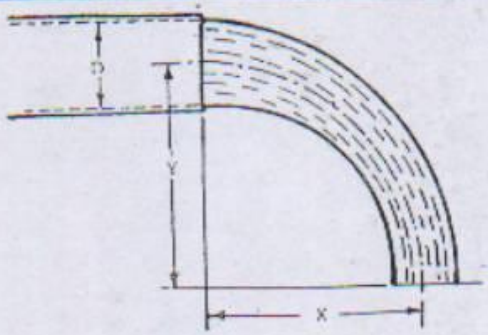
٩ ـ قياس التصريف في الانابيب

Measuring discharge from pipes

إن غالبية الطرق التي مر ذكرها تصلح لقياسات المياه في الانابيب والقنوات المفتوحة على حد سواء ، الا اننا سنتطرق هنا الى ثلاثة حالات خاصة بقياس التصريف في الانابيب وهي

أ . التصريف من انبوب بوضع افقي

تستعمل هذه الطريقة لقياس تصريف الماء المتدفق من المضخات والانابيب من وضع افقي (شكل ١٢ ، ٣) . ترتبط دقة القياس بدقة قياس الاحداثي الافقي X والاحداثي الرأسي Y للماء المتدفق ، وتستعمل هذه الطريقة عندما لاتتوفر طرق مناسبة أخرى لقياس التصريف .



شكل (١٢ ، ٣) قياس التصريف من انبوب بوضع افقي

إن تمثيل الجريان في انبوب مملوء تماماً بالماء يكون كالآتي :

$$Y = \frac{gt^2}{2}$$

$$x = Vt$$

ومن العلاقتين السابقتين يعبر عن V (السرعة الابتدائية) كالآتي

$$V = \frac{x\sqrt{g}}{\sqrt{2Y}}$$

لذلك فان التصريف يساوي

$$Q = \frac{Cax\sqrt{g}}{\sqrt{2Y}}$$

أو

$$Q = 0{\cdot}022\,Ca\,\frac{x}{\sqrt{Y}}$$

حيث إن

Q = التصريف ، لتر/ ثانية

C = معامل التصريف ، وتتوقف قيمته على نسبة ابعاد كل من x ، Y وقطر الانبوب وفيا اذا كان مملوءاً كلياً أو جزئياً .

a = مساحة المقطع العرضي المائي عند نهاية الانبوب ، سم^2

X = الاحداثي الأفقي ، سم

Y = الاحداثي الرأسي ، سم

ب . التصريف من انبوب بوضع رأسي

إن الارتفاع الذي يبلغه الماء المتدفق من انبوب بوضع رأسي يتناسب مع معدل تصريف ذلك الانبوب ، وقد وجد انه عندما يبلغ الماء ارتفاعاً اقل من ٠,٣٧ D (D : قطر الانبوب الداخلي) يعبر عن تصريف الانبوب بالمعادلة التالية :

$$Q = 8{\cdot}8\,D^{2{\cdot}5}\,H^{1{\cdot}5}$$

وعندما يبلغ ارتفاعاً اكبر من ١,٤ D فيحتسب التصريف بالمعادلة التالية

$$Q = 5.57\ D^{1.99}\ H^{0.53}$$

حيث إن

Q= التصريف ، قدم مكعب/ ثانية

D= قطر الانبوب الداخلي ، قدم

H = متوسط ارتفاع الماء فوق الانبوب ، قدم

ويمكن كتابة المعادلات اعلاه بالصيغة التالية

عندما $D^{0.37} > H$ $\quad Q = 3.1 \times 10^{-7}\ D^{2.5}\ H^{3.5}$

عندما $D^{1.4} < H$ $\quad Q = 0.029\ D^{1.99}\ H^{0.53}$

حيث تقاس

Q= باللتر/ ثانية

D,H = سم

وعادة تزداد دقة قياس التصريف بهذه الطريقة عند زيادة قيم H ، وعندما تقع قيمة H بين ٠,٣٧ الى ١,٤ من قيمة D تستعمل المعادلتان ويستخرج المعدل .

جـ ـ التصريف من السحارات (Siphon tubes)

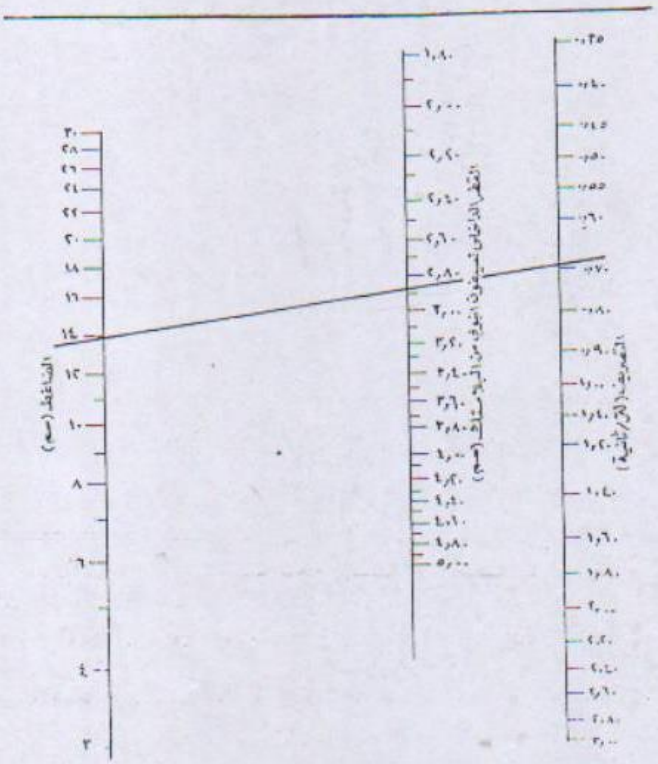
يتحدد تصريف السحارة بقيمة شحنة الضغط أو الضاغط الفعال وقطر الانبوب وهنا لايختلف مبدأ عمل السحارة عن عمل الفتحة (orifice) حيث تعتمد قيمة معامل التصريف على طول الانبوبة وشكل مدخل ومخرج التصريف . وعندما يكون مخرج الانبوب غير مغمور فان قيمة شحنة الضغط يمثلها ارتفاع الماء فوق محور الانبوب حتى مستوى الماء في المدخل . وعندما يكون المخرج مغموراً فان شحنة الضغط التي تسبب حركة الماء عبر الانبوب يحددها الفرق في ارتفاع الماء في القناة عنه في الحقل ، والشكل (١٣ ، ٣) يوضح مخططاً بيانياً لحساب تصريف سحارة بلاستيكية بمعرفة قطرها وشحنة الضغط (الضاغط)

مثال : اذا تدفق الماء من انبوب بوضع رأسي قطره الداخلي (٠,١ متر) ومتوسط ارتفاع الماء فوق فوهة الانبوب ٠,٥ متر ماهو تصريفه؟

H= ٠,٥ متر = ١,٦٤٠ قدم

D = ٠,١ متر = ٠,٣٢٨ قدم

$$5 = \frac{0.5}{0.1} = \frac{H}{D}$$



شكل (٢,١٣) تحديد التصريف بدلالة شحنة الضغط وقطر الانبوب في الحارات البلاستيكية (عن : حلمي ، علي عبد الحفيظ ، ١٩٨٤)

∴ D ١,٤ < H

∴ نطبق المعادلة

$$Q = 0.029\ D^{2.99}\ H^{0.53}$$

أي إن التصريف باللتر/ ثانية = ٠,٠٢٩ × ١٠^١,٩٩ × ٥٠^٠,٥٣

= ٢٢,٥ لتر/ ثانية

ويمكن تطبيق المعادلة التالية بالوحدات الانكليزية

$$Q = 5.57\ D^{1.99}\ H^{0.53}$$

∴ التصريف بالقدم المكعب/ ثانية = ٥,٥٧ × ^{١,٩٩}٠,٣٢٨ × ^{٠,٥٣}١,٦٤٠

= ٠,٧٨٨ قدم مكعب/ ثانية

= ٢٢,٣ لتر/ ثانية

مثال :

اذا تدفق الماء من انبوب بوضع رأسي قطره الداخلي (٠,٢٥ متر) ومتوسط ارتفاع الماء المتدفق فوق فوهة الانبوب ٠,٠٨ متر ، ما هو تصريفه؟

D = ٠,٢٥ متر = ٠,٨٢٠ قدم

H = ٠,٠٨ متر = ٠,٢٦٢ قدم

∴ D ٠,٣٧٠> H

$$Q = 3.1 \times 10^{-3}\ D^{2.5}\ H^{3.5}$$

∴ التصريف باللتر/ ثانية = ٣,١ × ١٠$^{-٣}$ × ^{٢,٥}٠,٢٥ × ^{٣,٥}٠,٨

= ١,٤ لتر/ ثانية

أو

$$Q = 8.8\ D^{2.5}\ H^{3.5}$$

∴ التصريف بالقدم المكعب/ ثا = ٨,٨ × ٠,٨٢٠^{٢,٥} × ٠,٢٦٢^{٣,٥}

= ٠,٠٤٩٣٢ قدم مكعب/ ثانية

= ١,٤ لتر/ ثانية

نقل وتوزيع مياه الري

انواع الجريان
اساسيات الجريان
معادلة برنولي
معادلة الاستمرارية
جريان الماء في القنوات المفتوحة
تصميم القنوات المفتوحة
العوامل التي تؤثر على سرعة الجريان في القنوات
حساب التصريف في القنوات المفتوحة المنتظمة
حساب التصريف في القنوات المفتوحة غير المنتظمة
القنوات الترابية
المقطع الهيدروليكي الامثل
الجريان في الانابيب
ضائعات الاحتكاك في الانابيب
معادلات الجريان
نظم تجهيز مياه الري

نقل وتوزيع مياه الري

تنقل مياه الري من مصادرها الى مواقع استعمالها بواسطة القنوات المفتوحة أو الانابيب ، وتعتبر الطريقتان متشابهتان من حيث الاساس الهيدروليكي تقريبا مع بعض الاختلافات التي سوف نأتي على ذكرها فيما بعد . إن تصميم وتنفيذ نظم توزيع المياه بصورة صحيحة وسليمة يجعل عمليات الري سهلة وكفوءة ، وتستعمل نظم مختلفة لنقل مياه الري وتوزيعها والسيطرة عليها في الحقل حيث يوفر النظام الجيد في الجهد والارض والماء . ولابد هنا من الاحاطة ببعض المباديء البسيطة لعلم حركة السوائل بقصد تصميم نظم نقل وتوزيع مياه الري .

انواع الجريان

هنالك عدة انواع للجريان في القنوات والانابيب لكل منها قوانينها ومعادلاتها الخاصة وهي :

١ ـ الجريان الثابت Steady flow

يشير الى الحالة التي يكون فيها الجريان عند اي نقطة ثابت لايتغير مع الزمن (لايحصل تغير لسرعة الجريان أو لعمق الجريان مع الزمن) .

٢ ـ الجريان غير الثابت unsteady flow

وفيه يتغير الجريان عند اية نقطة (مقطع عرضي) مع الزمن .

٣ ـ الجريان المنتظم uniform flow

وفيه يكون الجريان ثابت ومعدل السرعة ثابتة عند اي مقطع للجريان .

٤ ـ الجريان غير المنتظم Non uniform flow

وفيه تتغير سرعة الجريان من مقطع لآخر .

٥ ـ الجريان الطباقي (الانسيابي) Laminar flow

يحدث عندما يتحرك الماء على شكل طبقات متوازية وموازية لسطح الماء وبدون تغير في السرعة أو اختلاط لطبقات الماء

٦ ـ الجريان الاضطرابي Turbulent flow

وفيه تختلط أجزاء الماء وتتداخل مع بعضها كما تتذبذب السرعة تذبذباً جزئياً عن معدلاتها في كافة الاتجاهات .

ويستعمل رقم رينولد Reynolds number (وهو النسبة بين قوى التصور الذاتي ولزوجة السائل) للتمييز بين الجريان الطباقي والاضطرابي. فاذا كان رقم رينولد اقل من ٢٠٠٠ يكون الجريان طباقياً واذا كان رقم رينولد اكبر من ٤٠٠٠ يكون الجريان اضطرابياً وما بين ٢٠٠٠ ـ ٤٠٠٠ يكون الجريان انتقالياً .

أساسيات الجريان

قلنا سابقاً ان سرعة جريان الماء وتصريفه يعتمد أساساً على وجود فرق في الضغط بين نقطتين او اختلاف وتدرج في الطاقة (Energy gradient) . تعرف الطاقة بأنها القابلية على انجاز شغل وإن جريان الماء في القنوات او الانابيب يكون نتيجة لمقدار الطاقة الميكانيكية لوحدة الكتلة ، وتكون هذه الطاقة بثلاث صور هي طاقة الجذب الارضي او الارتفاع وطاقة الضغط وطاقة الحركة . إن هذه الانواع من الطاقة يمكن ان تتحول من نوع لآخر ولكن مجموعها يبقى ثابتاً وهذا مايشير اليه القانون الاول في الديناميكيا الحرارية (قانون حفظ الطاقة) والذي ينص على أن الطاقة لاتفنى ولاتستحدث أي أن

الطاقة الكلية = الطاقة الحركية + طاقة الضغط + طاقة الارتفاع

$$E_T = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{W} + Y$$

معادلة برنولي

أوجد دانييل برنولي (Daniel Bernolli) في عام ١٧٣٨ وهو رياضي سويسري نظرية تختص بحركة السوائل ، ويعد أول من طبق قانون حفظ الطاقة

على السوائل المتحركة وهو اذا تحرك سائل في مجرى ما فإن الطاقة الكلية عند أي قطاع في ذلك المجرى (جميع النقاط على مسار حركة الماء) تضل ثابتة باهمال فواقد الاحتكاك أي أن

الطاقة عند النقطة (١) = الطاقة عند النقطة (٢) = الطاقة عند النقطة (٣) = ثابت

ويمكن التعبير عن ذلك كما يلي

$$\frac{V^2}{2g} + {}^{*}\frac{P_1}{W} + Y_1 = \frac{V^2}{2g} + \frac{P_2}{W} + Y_2$$

$$= \frac{V^2}{2g} + \frac{P_3}{W} + Y_3 = \text{Constant}$$

ويعبر غالباً عن الطاقة بوحدات الطول فيعبر عنها بشحنة الارتفاع (Y) وشحنة الضغط * ($\frac{P}{W}$) وشحنة السرعة ($\frac{V^2}{2g}$). اذن يتحرك الماء في القنوات والانابيب بتأثير مجموع الطاقات الثلاث ولكن يجب أن نلاحظ أن سرعة الجريان لاتكون متشابهة ومتجانسة على مساحة قطاع القناة فالماء القريب من جدران القناة او الانبوب تكون سرعته ابطأ بفعل تأثير الاحتكاك . لذلك يجب أن تؤخذ عدة قياسات للسرعة عند عدة نقاط للحصول على معدل السرعة .

معادلة الاستمرارية

يحتسب التصريف في القناة او الانبوب باستخراج معدل سرعة الجريان ومساحة المقطع العرضي للجريان ، وإن كمية الماء الداخلة الى قناة او انبوب من طرف تخرج بنفس الكمية ولو تم تغيير المقطع العرضي للانبوب فإن التصريف لا يتغير وانما تتغير السرعة لذلك فإن

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_n$$

$$Q = A.V$$

$$A_1V_1 = A_2V_2 = A_3V_3 = A_nV_n$$

هذه المعادلة تسمى معادلة الاستمرارية وتطبق على جريان الماء في القنوات والانابيب عندما يكون الجريان ثابت .

* تستعمل الشحة مقابل head .

جريان الماء في القنوات المفتوحة

يقصد بالقنوات المفتوحة جميع مجاري المياه التي لديها سطح حر معرض للضغط الجوي وتشمل المجاري الطبيعية كالانهار والقنوات الصناعية والانابيب التي لاتكون مملوءة تماماً بالماء . إن الفرق الرئيسي في جريان الماء في القنوات والانابيب هو أن الماء يسير في الانابيب بتأثير كل من شحنة الضغط والارتفاع بينما يتحرك الماء في القنوات المفتوحة بسبب الاختلاف في شحنة الارتفاع (بسبب انحدار القناة) نظراً لأن شحنة الضغط متساوية عند جميع النقاط على مسار حركة الماء (الضغط الجوي) . إن الحل الدقيق لمشاكل الجريان في القنوات المفتوحة أصعب بكثير مما هو في الانابيب ليس فقط لأن الحصول على نتائج تجريبية بالنسبة للقنوات أصعب بكثير مما في الانابيب وانما ايضاً لوجود مدى واسع من الظروف التي تتواجد فيها القنوات . ويجب أن تصمم قنوات الري المفتوحة (الجداول) بحيث تستوفي الشروط التالية :

١ ـ يجب أن لاتكون سرعة جريان الماء في القناة عالية بحيث تسبب تعرية القناة او واطئة بحيث تؤدي الى ترسيب الطمي مما يقلل من سعة القناة ويزيد من كلفة الصيانة والكري .
٢ ـ ذات سعة كافية لنقل كميات المياه المطلوبة .
٣ ـ يجب أن يكون انحدارها مناسباً ومنتظماً على امتداد المجرى المائي .
٤ ـ يجب أن تكون ذات وضع هيدروليكي جيد بجعلها مسيطرة على الحقول الزراعية .
٥ ـ يجب أن تكون الانحدارات الجانبية للقناة ملائمة لبناء قناة ثابتة ومتينة .
٦ ـ أن تكون الضائعات المائية اقل مايمكن .

لقد تعاقب المختصون الذين اشتغلوا في علوم المياه على تقديم المقترحات لحساب العلاقة بين العوامل التي تؤثر على جريان الماء في القنوات المفتوحة والانابيب منذ القرن الثامن عشر ، وقد كان اول المشتغلين العالم الفرنسي تشيزي (Chezy) . ان المعادلة الاساسية لجريان الماء في القنوات سميت باسم تشيزي واعطيت الشكل التالي :

$$V = C \sqrt{RS}$$

حيث أن

V = معدل سرعة الجريان في القناة
R = نصف القطر الهيدروليكي
S = انحدار القناة
C = معامل يعتمد على ابعاد المقطع وخشونة القعر والجوانب

المحيط المبتل (wetted Perimeter) : مجموع اطوال الاجزاء التي تمثل جوانب وقعر القناة والتي تكون بتماس مع الماء .

$$p = b + c + c$$

مساحة المقطع العرضي (Cross-sectional area) : تشير الى مساحة المقطع المبتل للقناة .

$$A = \frac{(b + c)d}{2}$$

نصف القطر الهيدروليكي (Hydraulic raduis) : النسبة بين مساحة المقطع العرضي للجريان والمحيط المبتل .

$$R = \frac{A}{P}$$

ويعتبر نصف القطر الهيدروليكي متغير مهم ويستعمل لحساب سرعة الجريان في القناة حيث أن السرعة تتناسب طردياً مع جذر نصف القطر الهيدروليكي التربيعي

$$V \propto \sqrt{R}$$

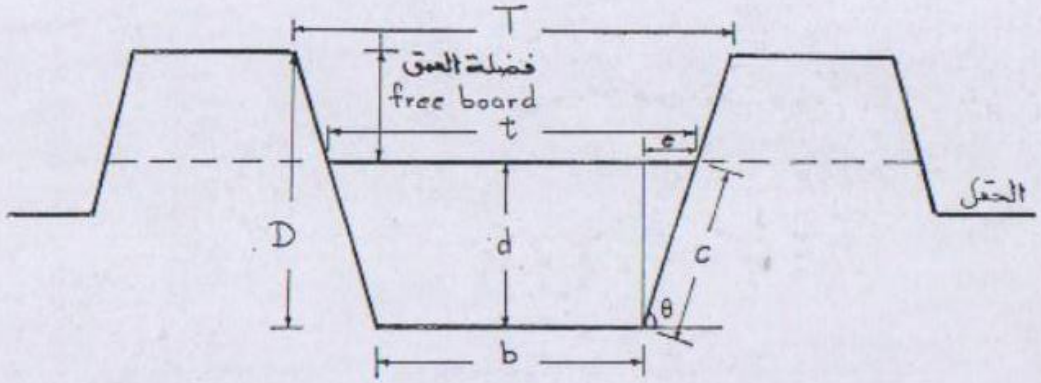
الانحدار (Slope) : النسبة بين التغير العمودي الى التغير الافقي (طول القناة) لسطح الماء ، حيث أن السرعة تتناسب طردياً مع جذر الانحدار التربيعي

$$V \propto \sqrt{S}$$

فضلة العمق (Free board) : انها المسافة العمودية بين مستوى ارتفاع الماء في القناة الى العمق الكلي للقناة ، وتستعمل لمنع حصول تأثيرات على جانبي القناة نتيجة طفح المياه بفعل تأثيرات الامواج او اية اسباب اخرى .

زاوية الميل θ : وهي الزاوية التي تحدد ميل جوانب القناة وترتبط قيمتها بنوع التربة وعادة تكون كبيرة في حالة الترب الطينية (انحدار جوانب القناة شديد) وقليلة في الترب الرملية (انحدار جوانب القناة قليل) .

يكون تأثير نصف القطر الهيدروليكي وانحدار القناة على سرعة الجريان كالآتي :



شكل (١ ، ٤) مخطط لمقطع عرضي لقناة ري مفتوحة

T = العرض الكلي للقناة (اعلى القناة) .
t = عرض السطح عندما يكون الماء في القناة بعمق d .
D = العمق الكلي للقناة (يضمنه Free board) .
d = عمق الماء في القناة .
c = الجانب المبطن للقناة .
b = عرض قعر القناة .
θ = الزاوية بين جانب القناة المنحدر والافق (زاوية الميل) .

$$V \propto \sqrt{R}\ \sqrt{S}$$

معادلة تشيزي

$$V = C\sqrt{RS}$$

يلاحظ أن المعامل C يحتوي لدى محاولة فك معلقاته على متغيرات متعددة لم تغيبها المعادلات الوضعية حقها ، وقد أمكن صياغة معادلة لايجاد قيمة C وقد كان آخر وأحدث اشكالها باسم احد رواد علم المياه المهندس الايرلندي روبرت مانينك وهي بالشكل التالي

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

حيث أن

n = معامل خشونة مانينك وله قيم تتناسب مع طبيعة التربة .

وعند تعويض قيمة ثابت مانينك في معادلة تشيزي نحصل على معادلة مانينك لحساب سرعة الجريان في القنوات وكالآتي :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

حيث أن

V = معدل سرعة الجريان ، متر/ ثانية

n = معامل مانينك للخشونة ، لابعدي

S = انحدار القناة ، متر/ متر

R = نصف القطر الهيدروليكي ، متر

وتكتب معادلة مانينك بالنظام الانكليزي بالصيغة التالية

$$V = \frac{1.486}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

حيث تقاس

V : قدم/ ثانية

n : لابعدي

S : قدم/ قدم

R : قدم

يلاحظ انه لم يتبدل في الصيغة الاخيرة لمعادلة مانينك الا الرقم 1 والذي هو بالحقيقة رقم بعدي يمثل متراً واحداً مرفوعاً الى قوة الثلث ولذلك وعند استعمال

الاقدام بدل الامتار وحيث يمثل المتر ٣,٢٨ قدم يتحول الرقم واحد الى الجذر التكعيبي للمقدار ٣,٢٨ وهو ١,٤٨٦

كذلك تستعمل معادلة دارسي ـ فيسباخ (Darcy-weisbach) احياناً لتحديد سرعة الجريان في القنوات المفتوحة

$$V = \sqrt{\frac{8gRS}{f}}$$

حيث أن

g = التعجيل الارضي ، متر/ ثا^2

f = معامل خشونة دارسي ـ فيسباخ ، ويعتمد على حجم دقائق التربة وعلى رقم رينولدز الذي يعتمد بدوره على السرعة وقطر الانبوب او عمق الماء ولذلك تستخرج قيمة f بطريقة المحاولة اذا كانت السرعة او العمق غير معروفين وتستعمل لهذه الغاية منحنيات خاصة مثل مخطط مودي

تكون العلاقة بين الثوابت C ، n ، f كالآتي:

$$\frac{C}{\sqrt{g}} = \sqrt{\frac{8}{f}} = \frac{R^{1/6}}{n\sqrt{g}}$$

تعتبر معادلة تشيزي الاصل الذي اشتقت منه غالبية المعادلات بينما تعتبر معادلة مانينك حالياً من اكثر الصيغ استعمالاً وانتشاراً ، والجدول (١ ، ٤) يوضح قيم n لانواع مختلفة من القنوات والانابيب .

كما إن هنالك معادلات اخرى مثل معادل كتر (Kutter's formula)* والذي اشتغل لايجاد قيمة جديدة لثابت تشيزي C فتوصل الى الصيغة

$$V = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) \times \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RS}$$

حيث ان

V = معدل سرعة الجريان ، متر/ ثانية

n = ثابت كتر وتستعمل نفس القيمة لمعامل مانينك

* كانت معادلة كتر من اشيع المعادلات القديمة التي يندر استعمالها الان وقد استعملت قيمة معامل الخشونة (n) فيها بمعادلة مانينك لشيوعها آنذاك .

جدول (١ ، ٤) قيم معامل مانتك تبعاً لنوع السطح ومواصفات القناة او الانبوب*

نوع ومواصفات القناة او الانبوب	معامل الخشونة ، n
القنوات الترابية	
مستقيمة ومنتظمة	٠,٠٢٣
متعرجة ، قنوات مائية نباتية	٠,٠٢٥
ترابي، جوانب غير منتظمة	٠,٠٣٢
قعر صخري ، ادغال على الضفاف	٠,٠٣٥
ساقية بزل صغيرة	٠,٠٤٠
القنوات المبطنة	
كونكريت	٠,٠١٥
بناء بالحجر الردي،	٠,٠١٧ — ٠,٠٣٠
معدني ، ناعم	٠,٠١١ — ٠,٠١٥
خشب	٠,٠١١ — ٠,٠١٤
مجاري معشبة	٠,٠٢٠ — ٠,٠٤٠
الانابيب	
حديد صب (سبيكة)	٠,٠١٢ — ٠,٠١٣
كونكريت او فخار	٠,٠١٥
حديد	٠,٠١٥ — ٠,٠١٧
انابيب مزججة	٠,٠١٣ — ٠,٠١٥

* عن : Michael, A.M. 1981

R = نصف القطر الهيدروليكي ، متر

S = انحدار القناة ، متر/ متر

وقد اوجد بازان (Bazin)** بعد تجارب عديدة قيما جديدة لمعامل تشيزي (C)

$$C = \frac{157.6}{1.81 + \frac{K}{\sqrt{R}}}$$

** معادلة بازان لم تعد تستعمل الآن .

حيث ان
K = ثابت بازان ويعتمد على خشونة سطح القناة

جدول (٢ : ٤) قيم معامل بازان تبعاً لنوع سطح القناة

نوع القناة المفتوحة	K
مبطنة بالسمنت الناعم	٠,١١
مبطنة بالحجارة	٠,٢٠
مبطنة بالسمنت المتوسط	٠,٤٠
قنوات ترابية مستقيمة ومصانة جيداً	١,٥٤
قنوات ترابية متوسطة الحالة	٢,٣٦
قنوات معمولة في الصخر	٣,٥٠
انهار في حالة جيدة	٣,٠٠

• (عن : ريتالدف ، جابلز ، ١٩٨١)

العوامل التي تؤثر على سرعة الجريان في القنوات

١ ـ الانحدار (Slope)* : حيث تزداد سرعة الجريان بزيادة انحدار القناة ويحتسب انحدار القناة من معرفة انحدار سطح الماء في القناة .

٢ ـ الخشونة (Roughness): تنشأ المقاومة لجريان الماء عن مقدار نعومة او خشونة سطح القناة ، وعادة تكون مقاومة القنوات المبطنة بالكونكريت للجريان اقل مما للقنوات الترابية . تزداد قيمة معامل الخشونة في القنوات الترابية بزيادة نمو الحشائش التي تؤدي الى خفض سعة القناة ولذلك يجب اختيار أعلى قيمة متوقعة لمعامل الخشونة عند التصميم ، ولا يكون معامل الخشونة ثابتاً في القنوات المفتوحة بسبب التغيرات الموجودة في طبيعة المجرى المائي ومرور الماء خلال انواع مختلفة من الترب وانواع مختلفة من القنوات .

٣ ـ الشكل (Shape): قد يكون للقنوات نفس المقطع العرضي والانحدار ومعامل الخشونة ولكل منها سرعة مختلفة اعتماداً على اشكالها . ولذلك فإن القناة التي يتصل

* إن انحدار سطح الماء هو المعوّل عليه في حسابات الجريان لانه يكون موازياً لخط الطاقة الذي هو بدوره الممثل الصحيح للعامل S في كافة احوال الجريان في القنوات المفتوحة والانابيب ولا يصح اعتماد انحدار قعر القناة الا اذا كان موازياً لسطح الماء .

فيها الماء مع قعر وجوانب القناة بأقل مايمكن تكون المقاومة للجريان اقل مايمكن ، لذلك تزداد سرعة الجريان . إن المتغير الذي يحدد مقدار التماس هو نصف القطر الهيدروليكي (R) فاذا افترضنا قناتين لهما نفس الظروف (المتغيرات ثابتة) ولكن قيمة R تختلف فإن القناة التي تكون فيها R قليلة تمتلك سرعة قليلة .

$$R = \frac{A}{P} = \frac{١٢}{١٤} = ٠,٨٥$$

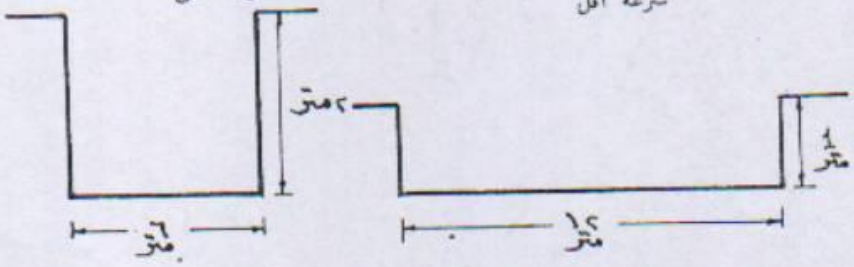
A = ١٢ متر مربع

سرعة اقل

A = ١٢ متر مربع

R = ١,٢ متر

سرعة أعلى



وتصنف قنوات الري المفتوحة حسب اشكالها الى

١ ـ القنوات التي مقطعها شبه المنحرف Trapezoidal

٢ ـ القنوات التي مقطعها بشكل المثلث Triangular

٣ ـ القنوات التي مقطعها بشكل قطع مكافي (هلالي) Parabolic

ان المقطع شبه المنحرف هو اكثر المقاطع شيوعاً واستعمالا وقد يتحول بعد فترة الى مقطع هلالي نتيجة الترسبات الا انه سهل التنفيذ . اما المقاطع الهلالية (ذات القطع المكافيء) فإنها تنشأ على نطاق ضيق بسبب صعوبة تنفيذها وتصميمها ، بينما تمتاز القنوات ذات الشكل المثلث بأن الترسبات فيها قليلة ولكن سرعة الجريان العالية قد تسبب تحطيم قعر الممر المائي . يوضح الشكل التالي اشكال مقاطع قنوات الري المفتوحة وقوانينها .

وتقسم القنوات المفتوحة الى

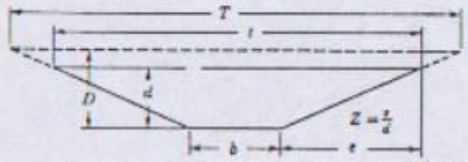
١ ـ القنوات المنتظمة

٢ ـ القنوات غير المنتظمة

ملاحظة : نهاية العمق = d ، D : لجميع النقاط

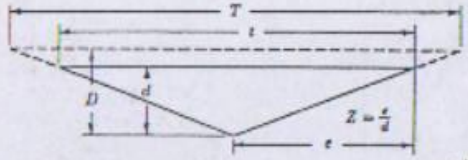
القطع العرضي	المحيط المبلل	نصف القطر الهيدروليكي	عرض القمة
المساحة			
$bd + Zd^2$	$b + 2d\sqrt{Z^2+1}$	$\frac{bd + Zd^2}{b + 2d\sqrt{Z^2+1}}$	$t = b + 2dZ$ $T = b + 2DZ$

مقطع عرضي لشبه المنحرف



Zd^2	$2d\sqrt{Z^2+1}$	$\frac{Zd}{2\sqrt{Z^2+1}}$	$t = 2dZ$ $T = \frac{D}{d}t$

مقطع عرضي للمثلث



$\frac{2}{3}td$	$t + \frac{8d^2}{3t}$	$\frac{t^2d}{1.5t^2 + 4d^2}$	$t = \frac{a}{0.67d}$ $T = t\left(\frac{D}{d}\right)^b$

مقطع عرضي للقطع المكافئ.

شكل (٢ ، ٤) اشكال مقاطع قنوات الري المفتوحة وقوانينها .

حساب التصريف في القنوات المفتوحة المنتظمة

يحتسب التصريف بتطبيق معادلة الاستمرارية

$$Q = A \cdot V$$

حيث ان

Q = التصريف ، متر مكعب / ثانية
A = مساحة المقطع العرضي للجريان ، متر مربع
V = معدل سرعة الجريان ، متر / ثانية

وتحتسب مساحة المقطع العرضي للجريان حسب شكل القناة وبالصيغ التي تضمنها الشكل (٢ ، ٤) لكونها مقاطع هندسية منتظمة . بينما تحتسب سرعة الجريان بتطبيق معادلة تشيزي او مانينك غالباً او اية صيغ اخرى مناسبة ، ولكن معادلة مانينك هي الاكثر استعمالا في حساب معدل سرعة الجريان في القنوات المفتوحة في منطقة الشرق الاوسط ومنها العراق .

حساب التصريف في القنوات المفتوحة غير المنتظمة

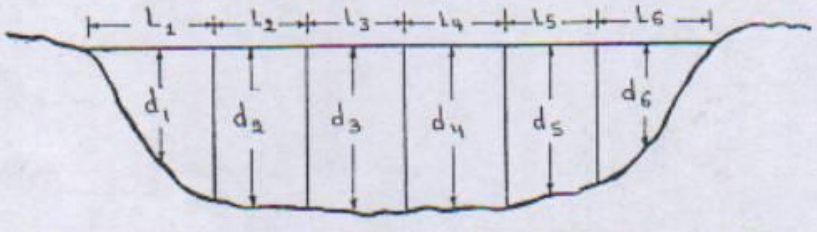
يتطلب قياس التصريف في القنوات غير المنتظمة (المقطع العرضي غير منتظم) حساب مايلي

١ ـ مساحة المقطع العرضي للجريان
٢ ـ السرعة المعدلة

هنالك عدة طرق لحساب مساحة المقطع العرضي للجريان لكن . أهمها طريقة المقاطع البسيطة (Simple segments method) وقانون او طريقة سمبسون (Simpsons rule) .

طريقة المقاطع البسيطة .

في هذه الطريقة يقسم النهر او القناة الى عدد من المقاطع وكما في الشكل التالي .



حساب التصريف في القنوات المفتوحة المنتظمة

يحتسب التصريف بتطبيق معادلة الاستمرارية

$$Q = A \cdot V$$

حيث ان

Q = التصريف ، متر مكعب / ثانية
A = مساحة المقطع العرضي للجريان ، متر مربع
V = معدل سرعة الجريان ، متر / ثانية

وتحتسب مساحة المقطع العرضي للجريان حسب شكل القناة وبالصيغ التي تضمنها الشكل (٢ ، ٤) لكونها مقاطع هندسية منتظمة . بينما تحتسب سرعة الجريان بتطبيق معادلة تشيزي او مانينك غالباً او اية صيغ اخرى مناسبة ، ولكن معادلة مانينك هي الاكثر استعمالا في حساب معدل سرعة الجريان في القنوات المفتوحة في منطقة الشرق الاوسط ومنها العراق .

حساب التصريف في القنوات المفتوحة غير المنتظمة

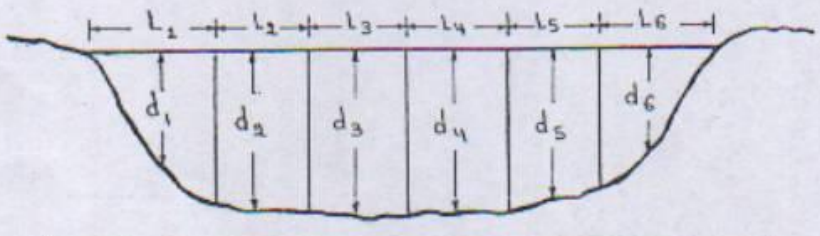
يتطلب قياس التصريف في القنوات غير المنتظمة (المقطع العرضي غير منتظم) حساب مايلي

١ ـ مساحة المقطع العرضي للجريان
٢ ـ السرعة المعدلة

هنالك عدة طرق لحساب مساحة المقطع العرضي للجريان لكن . أهمها طريقة المقاطع البسيطة (Simple segments method) وقانون او طريقة سمبسون (Simpsons rule) .

طريقة المقاطع البسيطة .

في هذه الطريقة يقسم النهر او القناة الى عدد من المقاطع وكما في الشكل التالي .



نفرض اطوال المقاطع L_1 , L_2 , L_3, ... L_n

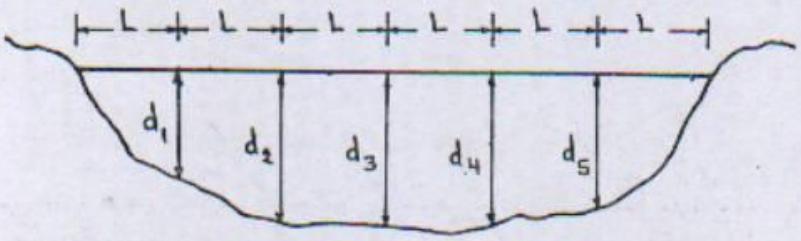
نفرض اعماق المقاطع d_1 , d_2 , d_3 , ... d_n

مساحة المقطع العرضي للجريان = مساحة المقطع الاول + مساحة المقطع الثاني + .. مساحة المقطع الاخير

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + ... A_n$$
$$= L_1 d_1 + L_2 d_2 + L_3 d_3 + ... L_n d_n$$

وتزداد دقة القياس بزيادة عدد المقاطع

طريقة سمبسون* : يقسم النهر او القناة الى عدد متساو من المقاطع وتؤخذ الاعماق في نهاية كل مقطع وكما يلي :



اطوال المقاطع متساوية = L

اعماق المقاطع في نهاية كل مقطع = $d_0, d_1, d_2, d_3, ...d_n$

$$\text{مساحة المقطع العرضي للجريان} = \frac{\text{طول المقطع}}{3} [(\text{العمق الاول + العمق الاخير}) + 2\ (\text{مجموع الاعماق الفردية}) + 4\ (\text{مجموع الاعماق الزوجية})]$$

$$A = \frac{L}{3}[(d_o + d_{last}) + 2\ (d_1 + d_3 + d_5 ...) + 4\ (d_2 + d_4 + d_6 + ...)]$$

القنوات الترابية : Earth channels

تستعمل القنوات الترابية غالباً لنقل الماء في الحقل والتي تحفر في التربة الطبيعية على طول الخط الذي يمر منه الماء . إن من محاسن القنوات الترابية إنها بسيطة التنفيذ ومقبولة من قبل الفلاحين فهي لاتحتاج الى مهارة في تنفيذها كما

* تستعمل طريقة او قاعدة سمبسون في اعمال البحث العلمي فقط والطرق القياسية التي تسجل في دوائر الري تستعمل قاعدة شبه المنحرف لأنها ابسط وتعطي نتائج مقبولة للاغراض العلمية .

إنها لا تحتاج الى الآت خاصة يضاف الى ذلك كلفتها الابتدائية القليلة والتي تعتبر من اهم محاسنها . يجب ان تنشأ القنوات الترابية بجوانب واكتاف ثابتة تلزم لنقل المياه بأمان كما ان السرع التي تستعمل فيها يجب ان لاتكون عالية بحيث تسبب حصول تعرية ولا منخفضة بحيث تسبب ترسيب للمواد العالقة في الماء . يفضل ان تكون الانحدارات الجانبية للقنوات الترابية بين ١,٥ : ١ الى ٣ : ١ ولا يستحسن

١ ـ انحدار جوانب القناة : يجب أن تصمم الانحدارات الجانبية للقناة بحيث تكون التربة ثابتة لا تتأثر بالجريان وهذا مرتبط بنوع التربة (نسجة التربة) وعمق القناة والجدول التالي يوضح الانحدارات الجانبية لقنوات الري حسب نوع التربة وعمق القناة .

جدول (٣ ، ٤) الانحدارات الجانبية لقنوات الري*

نوع التربة	الانحدار الجانبي	
	قناة ضحلة عمقها اقل من ١,٢ متر	قناة عميقة اكبر من ١,٢ متر
طين ثقيل	١ : ٠,٥	١ : ١
طينية رملية	١ : ٢	١ : ١
طينية او غرينية مزيجية	١ : ١	١ : ١,٥
رملية مزيجية أو مزيجية غرينية	١ : ١,٥	١ : ٢
رملية خفيفة	١ : ٢	١ : ٣

** الرقم على اليمين يمثل مجاور زاوية الميل وعلى اليسار يمثل مقابل زاوية الميل

* عن : علاوي ، بدر جاسم وعزوز ، رحمن حسن ، ١٩٨٤ .

٢ ـ سرعة جريان الماء في القناة : لايمكن تحديد السرعة المثالية للماء في القناة ولكن بصورة عامة تعطى اعلى وادنى الحدود المسموح بها للسرع والتي لاتسبب ترسيب للمواد العالقة في الماء كما انها لاتسبب انجراف وتعرية جوانب وقعر القناة ، وبصورة عامة يفضل ان لا تزيد السرعة في القنوات الترابية عن ١,٥ متر/ ثانية . وتوضح الجداول (٤ ، ٤ و ٥ ، ٤) السرع المسموح بها لقنوات ذات قعر يمكن تعريته ولقنوات مبطنة بحشائش مختلفة .

هيدروليكا الآبار والمضخات

المياه الجوفية

١. هي المياه الموجودة في مسام الصخور وفي ترسبات المناطق المتشبعة تماما.
٢. تمثل أحد أهم مصادر المياه في المناطق الريفية.
٣. تشكل أكبر مخزون من المياه الصالحة للشرب وتعد المصدر الرئيسي لمياه الري وللأغراض الصناعية والمحلية.
٤. حتى في المناطق الرطبة يتم استخراج كميات كبيرة من المياه الجوفية لأغراض عديدة.

لماذا تفضل المياه الجوفية

بوجه عام تفضل المياه الجوفية على المياه الموجودة على سطح الأرض لأنها:

- أقل تعرضا للتلوث من جراء الطفيليات المسببة للأمراض.
- توجد على بعد يمكن الوصول إليه تحت سطح الأرض.
- أنها ذات درجة حرارة ثابتة ومتوافرة في العديد من المناطق حتى تلك التي تعرضت لسنين عديدة من الجفاف الشديد

تكون المياه الجوفية

- تكونت معظم المياه الجوفية الضحلة بشكل مباشر من رشح مياه الأمطار والثلوج الذائبة إلى الطبقة التي تلي سطح الأرض.

- المياه الجوفية البعيدة تمسكها مسام التربة فتبقى راكدة لآلاف بل لملايين السنين .

- توجد المياه الجوفية أيضا في بعض التكوينات الجيولوجية مقترنة بوقت تكوينها

- توجد المياه الجوفية ايضا بكميات قليلة نتيجة لبعض التفاعلات الكيميائية التي تحدث تحت سطح الأرض كما هو الحال في المياه المصاحبة للانفجارات البركانية.

- تنتج التفاعلات مباشرة مع انطلاق الأبخرة المحبوسة داخل الصخور المنصهرة عندما تبرد قبل وصولها إلى سطح الأرض.

محتوى المياه الجوفية

- بعض انواع المياه يحتوي على كميات كبيرة من الأملاح المذابة وقد تكون مياه بحر مالحة أمسكتها الصخور المحيطة بها أثناء تكونها منذ قديم الزمان

.

- أما الماء المالح بعيد الغور في أغلب البيئات الجيولوجية ينتقل ببطيء ولا يمثل ذلك الماء المحصور عند تكون الصخور .

- أما في المناطق البركانية فقد تنتج كميات قليلة من المياه الجوفية من كتل الصخور النارية المنصهرة في الجزء الأعمق من الطبقة التي تلي السطح .

- وحتى في المناطق التي توجد بها عيون ساخنة، تكون كميات المياه التي مصدرها الصخور المنصهرة بوجه عام أقل من نسبة ١٪ من مجموع الماء الساخن المتدفق على السطح .

حركة المياه الجوفية

- يتحدد معدل حركة المياه الجوفية على أساس نفاذية الصخور أو الترسبات التي تحوي هذه المياه وكذا معدل انحدارها.
- معدل حركتها أقل سرعة من مياه السطح، وتقدر في الغالب ببضعة سنتيمترات قليلة في اليوم.

تعد هذه الحركة البطيئة أحد أهم خصائص المياه الجوفية لأن ذلك يعني أنها ستظل موجودة في الأرض ومتوافرة لفترات طويلة نسبيا بحيث يمكن للإنسان استخدامها قبل أن تأخذ طريقها إلى البحر. فإذا توافرت الطبقات الحافظة للماء، فقد يتحرك الماء الجوفي من مصدره لمسافة تقدر بمئات الكيلو مترات.

أصل المياه الجوفية

- تعد الأمطار والثلوج المصدر الأساسي للمياه كلها في العالم، وذلك الجزء من التساقط المائي الذي لا يستغل في موقعه إما أن يتدفق فوق سطح الأرض أو يتسرب إلى باطنها فيزيد من موارد الماء الجوفي.
وهكذا فإن الأمطار أو الثلوج التي لا تستعمل هي مصدر كل من:
المياه السطحية
والمياه الجوفية اللازمة للري
والتسرب
والصناعة
ولكافة الاحتياجات البشرية والحياتية على سطح الكرة الأرضية .

دورة المياه في الطبيعة

- تمثل دورة المياه الأرضية المصدر الرئيسي للمياه العذبة في الطبيعة
- تبدأ بمياه المحيطات التي تغطي ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية.
- تتبخر المياه من هذه الأسطح المائية نتيجة لأشعة الشمس
- تتجمع الأبخرة المتصاعدة في الغلاف الجوي مكونة السحب،
- بفعل التيارات الهوائية الباردة وبوجود حبيبات التكاثف تأخذ السحب بالتكاثف وتسقط المياه مرة أخرى إلى الأرض على هيئة إمطار وبرد وثلوج،

- يجري قسم منها إلى الأنهار والوديان والبحيرات

- أما القسم الثاني فإنه يتغلغل في التربة السطحية في منطقة جذور النباتات وجزء آخر يستمر في التغلغل إلى أسفل منطقة الجذور تحت تأثير الجاذبية الأرضية لتغذي الخزانات الأرضية أو تكون المياه الجوفية.

- هذه المياه تظهر مرة أخرى على هيئة ينابيع تجري على سطح الأرض مع المياه السطحية إلى المحيطات لتبدأ الدورة الهيدرولوجية من جديد.

مزايا المياه الجوفية

- لا تحتاج المياه الجوفية إلى إقامة منشآت ضخمة كما هو الحال في الخزانات السطحية التي لا يحتاج إنشاؤها إلى اختيار موقع خاص تتوفر فيه شروط خاصة
- كما يساعد استنزاف المياه الجوفية على خفض منسوب سطحها وذلك فهي تخدم غرضين:

١. استعمالها في الري أو الشرب

٢. تساعد في الصرف الباطني، أي خفض منسوب الماء الأرضي.

عيوب التخزين الجوفي

- تكون غالباً درجة ملوحة المياه الجوفية أعلى من درجة ملوحة المياه السطحية.
- تتطلب إلى دراسة جيولوجية مكثفة لتحديد نوعية الطبقات الحاملة للمياه وسمكها.
- صعوبة التحكم في مسار المياه الجوفية بسبب تعذر إنشاء الأعمال الصناعية التي تحكم حركتها.

مناطق تواجد المياه الجوفية

تتواجد المياه الجوفية في المناطق التالية:

١-مياه منطقة التهوية: تمتد هذه المنطقة من سطح الأرض حتى منسوب المياه الجوفية.

- خلال مسام هذه المنطقة تترشح المياه الفائضة عن السعة الحقلية بفعل الجاذبية الأرضية إلى الأسفل لغاية أن تصل منطقة التشبع.
- يطلق أحياناً على مياه منطقة التهوية مياه الرشح.

٢-منطقة التشبع: تبدأ هذه المنطقة من منسوب سطح المياه الجوفية حتى الطبقة الصماء.

- تدعى الطبقة الحاملة للمياه وتتكون من الطبقات الرملية بأحجام مختلفة أو من الطبقات الرملية المخلوطة بالحصى.

٣-منطقة الفجوات غير المتصلة: وهي المنطقة التي تلي منطقة التشبع.

- تتواجد المياه بهذه المنطقة بشكل متقطع على هيئة جيوب في بعض فجوات الصخور، ويتعذر الاستفادة أو استغلال هذه المياه.

أنواع الخزانات الجوفية

أ-الطبقات الخازنة:هي الطبقات التي تسمح بدخول الماء وحركته بين مسامات التربة

يمكن أن يستفاد من هذه المياه المختزنة كمياه جوفية لكافة الأغراض

ب- الطبقات غير الخازنة: هي تكوينات جيولوجية غير نفاذة لا يمكنها أن تخزن الماء ولا تسمح بحركته لأنها لا تحتوي على مسامات متصلة.

ج- تكوينات كتميه: هي تكوينات جيولوجية مسامية غير نفاذة، لها القابلية على خزن الماء ولكنها لا تسمح بحركته ضمن طبقاتها بسهولة.

تتصف بقلة إنتاجيتها من الماء (مثل الطبقات الطينية).

الخزانات الجوفية الحرة

- تكون الطبقة الحاملة للمياه من أعلى دون أن تعلوها طبقة صماء، أي أن الخزان يكون متصلاً بشكل مباشر بمصادر تغذيتها.
- سطح الماء الحر الموجود في هذه الطبقات يتأثر بظروف المياه الموجودة على سطح الأرض.
- يرتفع مستوى الماء بالقرب من الأنهار أو قنوات الري وينخفض بالقرب من المصارف.

شكل1: مقطع لخزان جوفي حر

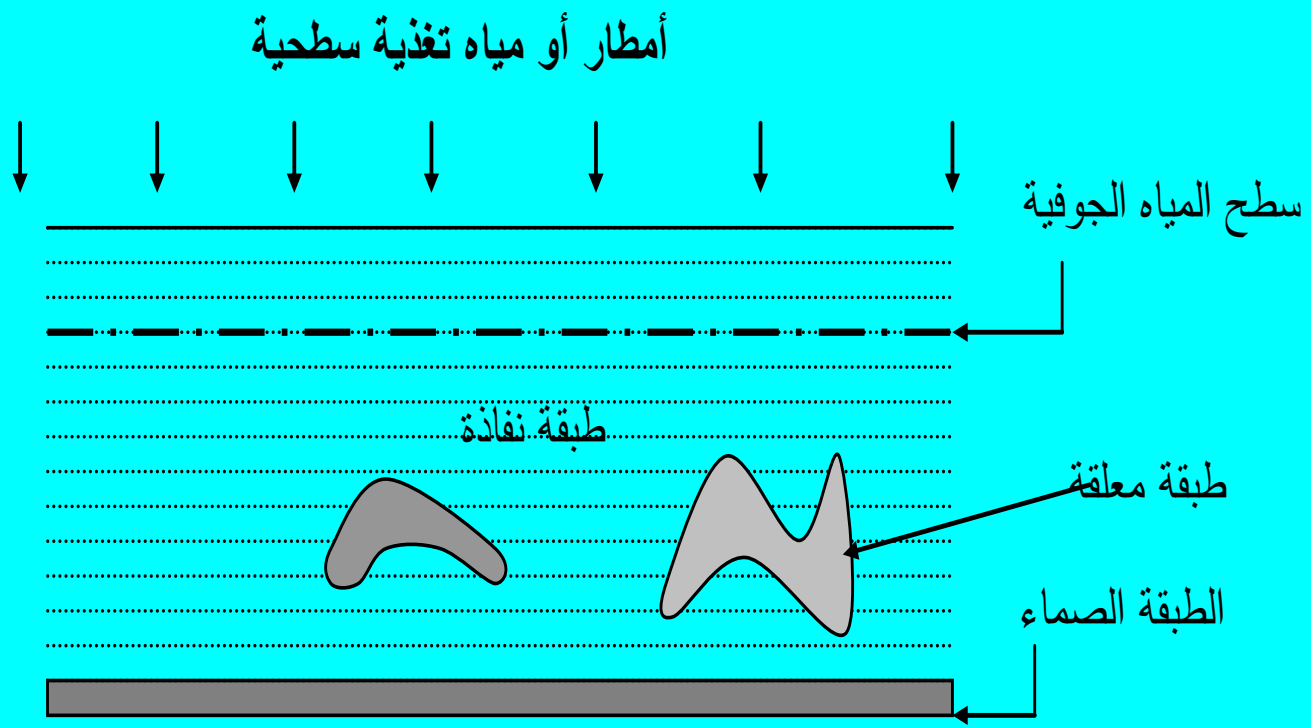
الخزان الجوفي المحصور

- هي التكوينات الجيولوجية النفاذة التي تحتجز المياه تحت الضغط الارتوازي بين طبقتين غير نفاذتين.
- قد يرتفع الماء في مثل هذه الطبقات فوق مستوى الطبقة العليا أوقد يرتفع إلى سطح الأرض إذا كان الضغط كافياً.
- يعتمد مقدار ارتفاع الماء في البئر على مقدار الضغط الارتوازي المتوفر في الطبقة.
- هذا الضغط يتأثر بمقدار ارتفاع الماء عند مصدر الماء المغذي للطبقة الحاملة.

خزانات شبه محصورة

في هذا النوع من الخزانات الجوفية تعلو الطبقة النفاذة طبقة شبه صماء وفي الأسفل طبقة صماء.

طبقة معلقة



شكل 3: مقطع لخزان جوفي يحتوي على تكوينات معلقة

هيدروليكية الآبار

الفرضيات تتعلق بهيدروليكية الآبار:

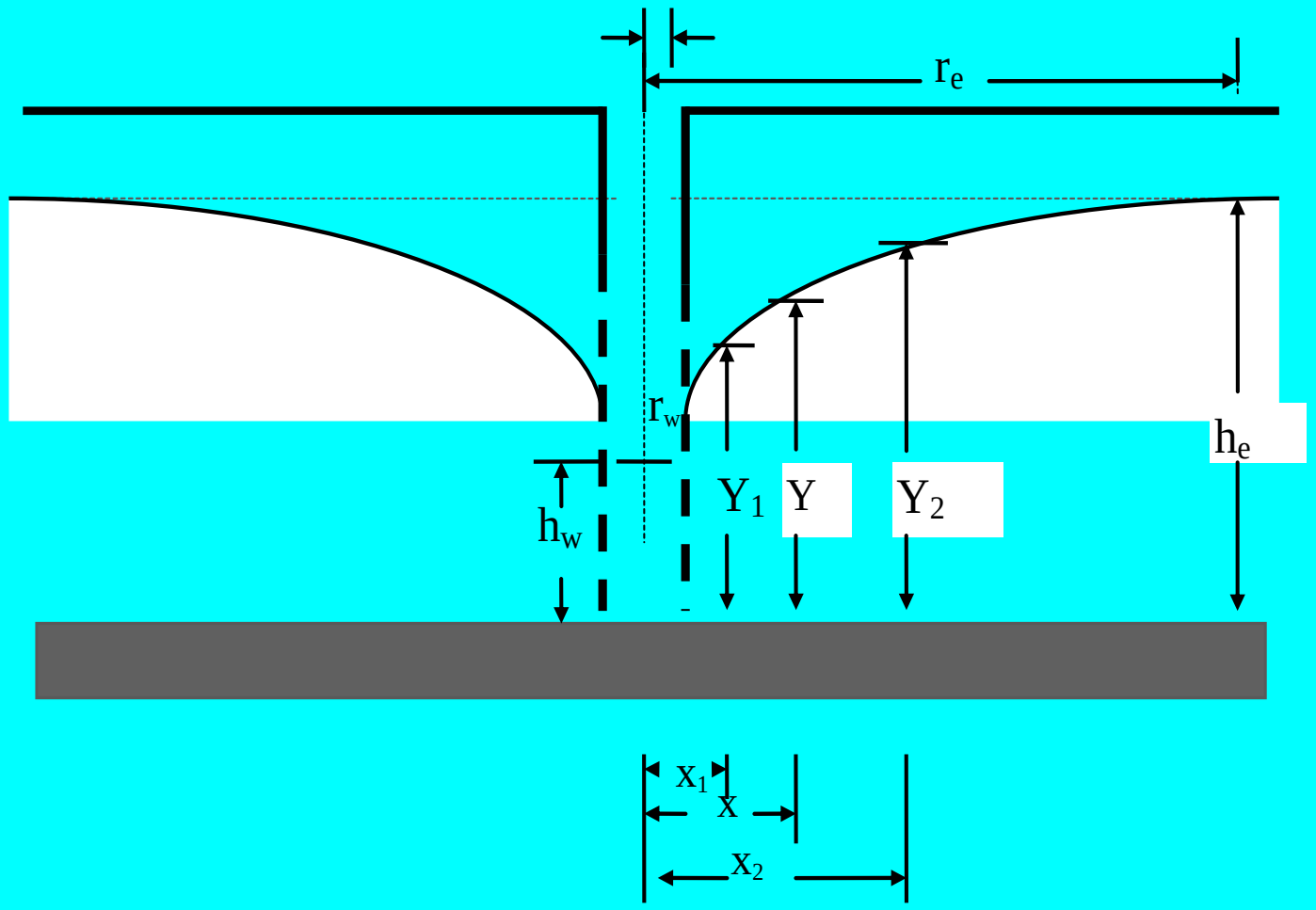
- تدفق المياه نحو البئر يكون أفقي.
- تخترق البئر الطبقة الحاملة للمياه بالكامل.
- معامل الأستنقال (T) ثابت في جميع الأماكن في مقطع الطبقة الحاملة وفي جميع الأوقات.
- الجريان طباقي ويمكن استخدام قانون دارسي.

طرق تقدير التصرف من الآبار

يعوض عن الماء المستنزف من البئر بواسطة الرشح من خلال التربة بصورة أفقية

- التصرف المستنزف من البئر في حالة الجريان المستقر يعادل معدل الجريان خلال أحد الأسطح الأسطوانية المحيطة

- نأخذ اسطوانة قطرها 2x وارتفاعها Y، يمكن إيجاد مقدار التصرف من خلال سطح هذه الأسطوانة بتطبيق قانون دارسي.



مقطع لطبقة حاملة حرة للمياه الجوفية (غير محصورة)

$$Q = A.V$$

ولكن مساحة سطح الأسطوانة يساوي:

$$A = 2\pi x Y$$

والميل الهيدروليكي يساوي:

$$I = \frac{dy}{dx}$$

بالتعويض عن المعادلات (٢ و٣) في المعادلة (١) نحصل على:

$$\therefore \; Q = k\frac{dy}{dx}.2\pi xY$$

وبإجراء التكامل للمعادلة (٤):

$$\int_{x_1}^{x_2}\frac{dx}{x} = \int_{Y_1}^{Y_2}\frac{2\pi k}{Q}.YdY$$

- إذن تأخذ المعادلة الشكل التالي بعد التكامل

$$\therefore \ln\frac{x_1}{x_1} = \frac{\pi k}{Q}\left(Y_2^{\,2} - Y_1^{\,2}\right)$$

وبعد إعادة ترتيبها تصبح كما يلي وتدعى "معادلة ثيم "

$$Q = \frac{\pi k}{\ln\frac{x_2}{x_1}}\left(Y_2^{\,2} - Y_1^{\,2}\right)$$

يتطلب لحل هذه المعادلة وجود آبار مراقبة، لذا تم تطوير هذه المعادلة بحيث يمكن الاستغناء عن آبار المراقبة وتدعى "معادلة ديبوي":

$$Q = \frac{\pi k}{\ln \frac{r_e}{r_w}} \left(h_e^{\,2} - h_w^{\,2} \right)$$

يستلزم لحل هذه المعادلة معرفة نصف قطر دائرة تأثير البئر (re) وارتفاع الماء (he) في الطبقة الحاملة قبل بدء الضخ.

مياه الخزان الجوفي المحصور
(المياه الارتوازية)

- يتدفق الماء في هذه الحالة نحو البئر فقط من سمك الطبقة المحصورة (D)،
- وبهذا تكون الأسطوانات المحيطة بالبئر متساوية الارتفاع
- أي أن مساحة سطح اسطوانة نصف قطرها (x) يساوي (2π Dx)،
- وباستخدام قانون دارسي يمكن إيجاد التصرف نحو البئر من خلال الأسطوانة كما يلي:

$$Q = KIA$$

ويكون التصرف :

$$Q = k\frac{dY}{dX}.2\pi Dx$$

وبعد ترتيب المعادلة تصبح

$$\frac{dx}{x} = \frac{2\pi kD}{Q}dY$$

بإجراء التكامل لطرفي المعادلة

$$\int_{x_1}^{x_2}\frac{dx}{x} = \int_{Y_1}^{Y_2}\frac{2\pi k}{Q}\quad dY$$

تأخذ المعادلة الشكل التالي بعد إجراء التكامل

$$\ln\frac{x_2}{x_1} = \frac{2\pi kD}{Q}\left(Y_2 - Y_1\right)$$

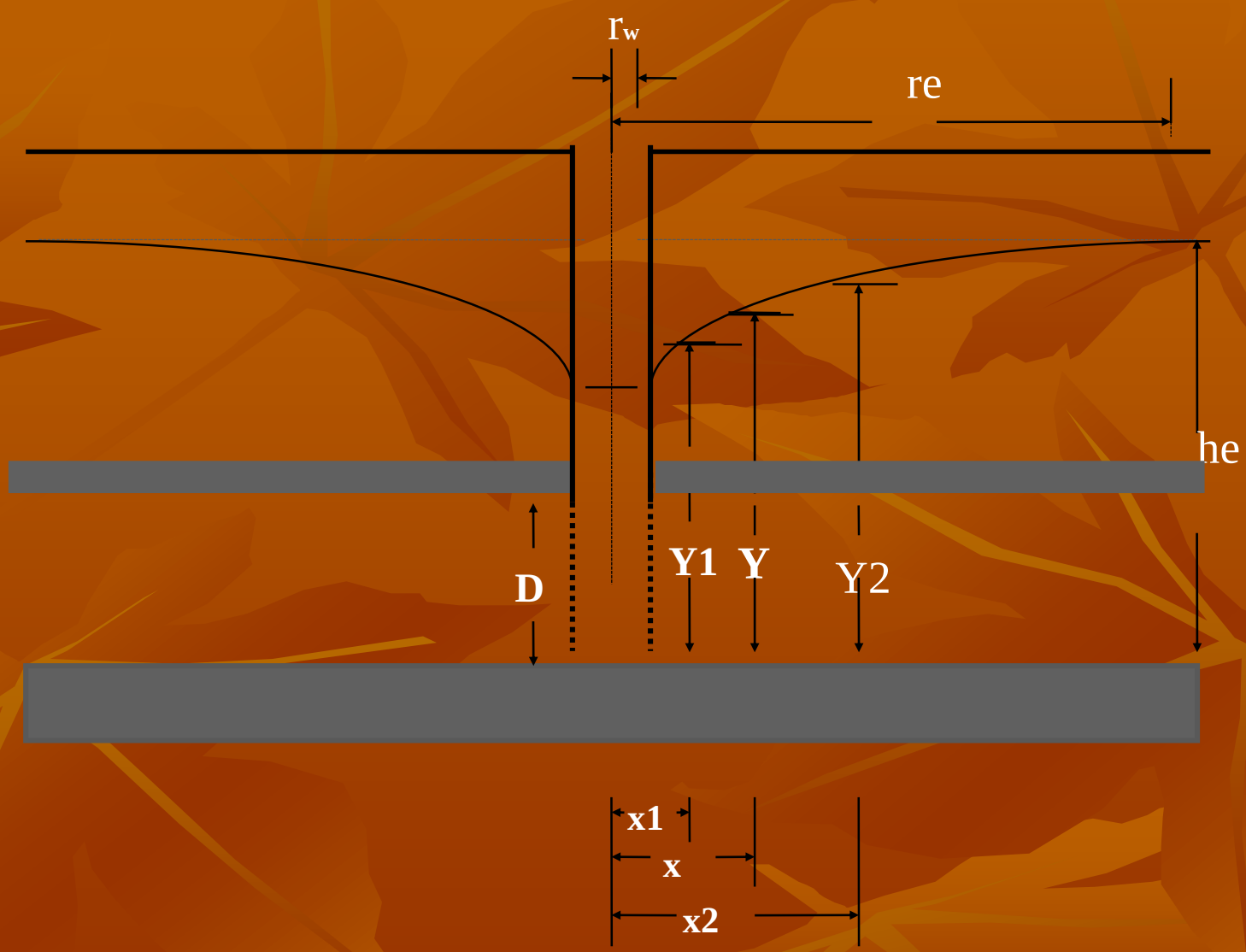
بعد إعادة ترتيبها تصبح "معادلة ثيم Thiem":

$$Q = \frac{2\pi kD}{\ln \frac{x_2}{x_1}}\left(Y_2 - Y_1\right)$$

تم تطوير هذه المعادلة وأصبحت ِتدعى "معادلة ديبوي Dupuit":

$$Q = \frac{2\pi kD}{\ln \frac{re}{r_w}}\left(h_e - h_w\right)$$

ولحل هذه المعادلة يستلزم معرفة (re) ومقدار الضغط البيزومتري في الطبقة الحاملة قبل بدء الضخ (he).


rw
re
he
D
Y1
Y
Y2
x1
x
x2

مياه الخزانات الجوفية الحرة المعززة بتصرف عمودي

لكي نستنتج معادلة لحساب التصرف من الآبار المعززة بمياه الأمطار أو بمياه الري نفترض:

- أن بئراً تخترق الطبقة الحاملة بالكامل (طبقة غير محصورة).
- وأن معدل تغذيتها يساوي (R).
- ولنأخذ شريحة رأسية عرضها يساوي (dx) تمتد من سطح الماء إلى الطبقة الصماء.
- فيمكن حساب مقدار التصرف نحو البئر نتيجة للتغذية بضرب معدل التصرف في مساحة الشريحة حول البئر.

- مساحة الشريحة حول البئر(A) تساوي:

$$A = 2\pi x dx$$

إذن التصرف فوق هذه الشريحة نتيجة المطر المتجه نحو البئر يساوي:

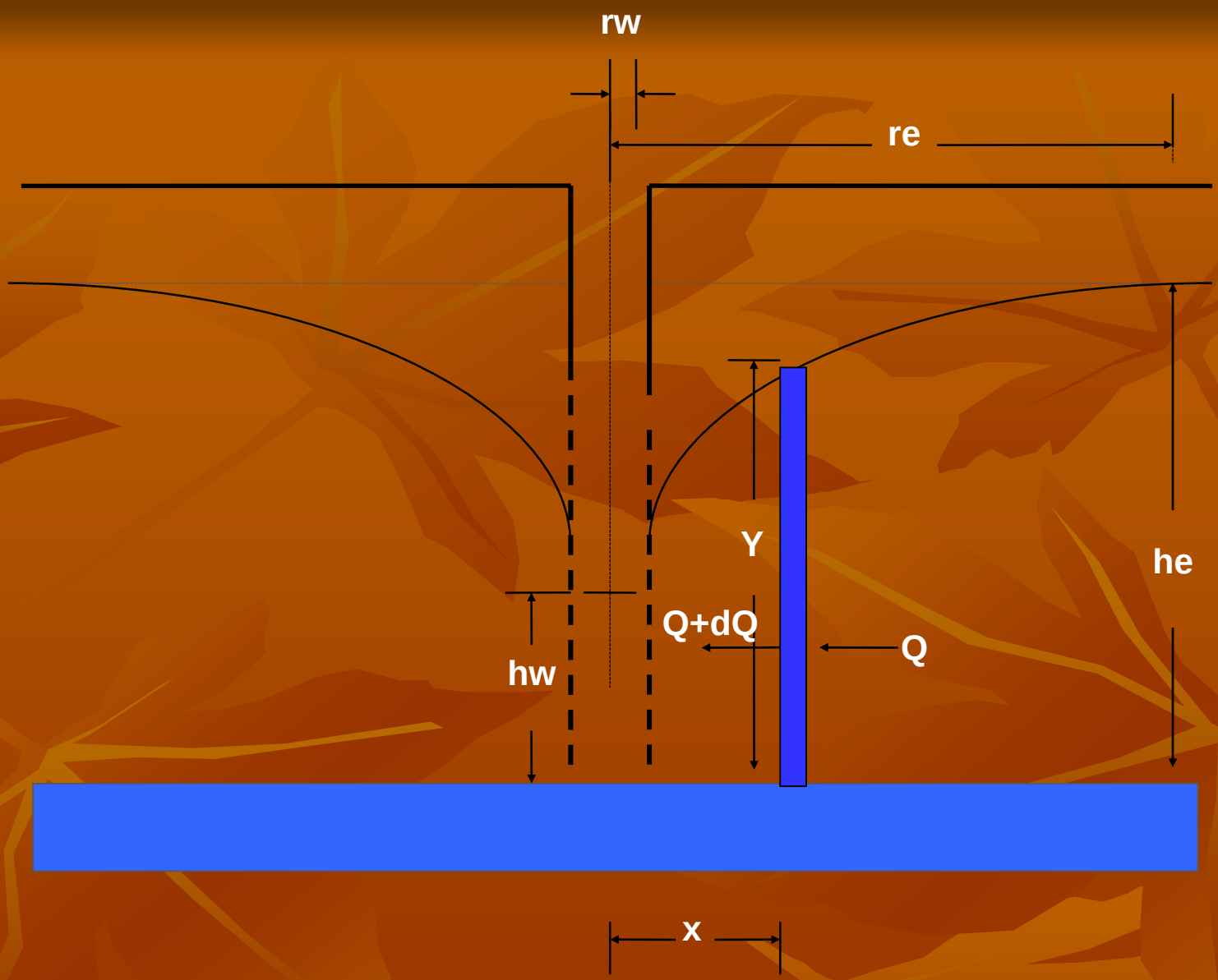
$$dq = -2\pi x dx.R$$

وبإجراء التكامل لهذه المعادلة

$$\int dq = \int -2\pi x dx.R$$

بعد التكامل تصبح المعادلة كما يلي

$$q = -\pi x 2R + C$$



. مقطع لطبقة حاملة للمياه الجوفية حرة

- بتطبيق الشروط الحدودية التالية:

- عندما $x = 0$ تصبح $q = Q$

نحصل على قيمة الثابت (C) أي أن $q = C$

نعوض عن هذه القيمة في المعادلة السابقة فتصبح:

$$q = -\pi x 2R + Q$$

- من قانون دارسي:

يمكن إيجاد q من الأسطوانة المحيطة بالبئر التي يكون ارتفاعها عند مسافة (x) يساوي (Y):

$$q = 2\pi x k Y \frac{dY}{dx}$$

بإجراء التكامل حسب الشروط الحدودية تصبح المعادلة كما يلي:

$$\int_{r_w}^{r_e} -\pi x R dx + \int_{r_w}^{r_e} Q\frac{dx}{x} = \int_{h_w}^{h_e} 2\pi k Y\, dY$$

بعد إعادة ترتيب المعادلة يمكن إيجاد معادلة التصرف من بئر معزز بتغذية رأسية كما يلي:

$$Q = \frac{\pi k}{\ln\frac{r_e}{r_w}}\left[\left(h_e{}^2 - h_w{}^2\right) + \frac{R}{2k}\left(r_e{}^2 - r_w{}^2\right)\right]$$

تأثير التداخل على مستوى الماء في الآبار

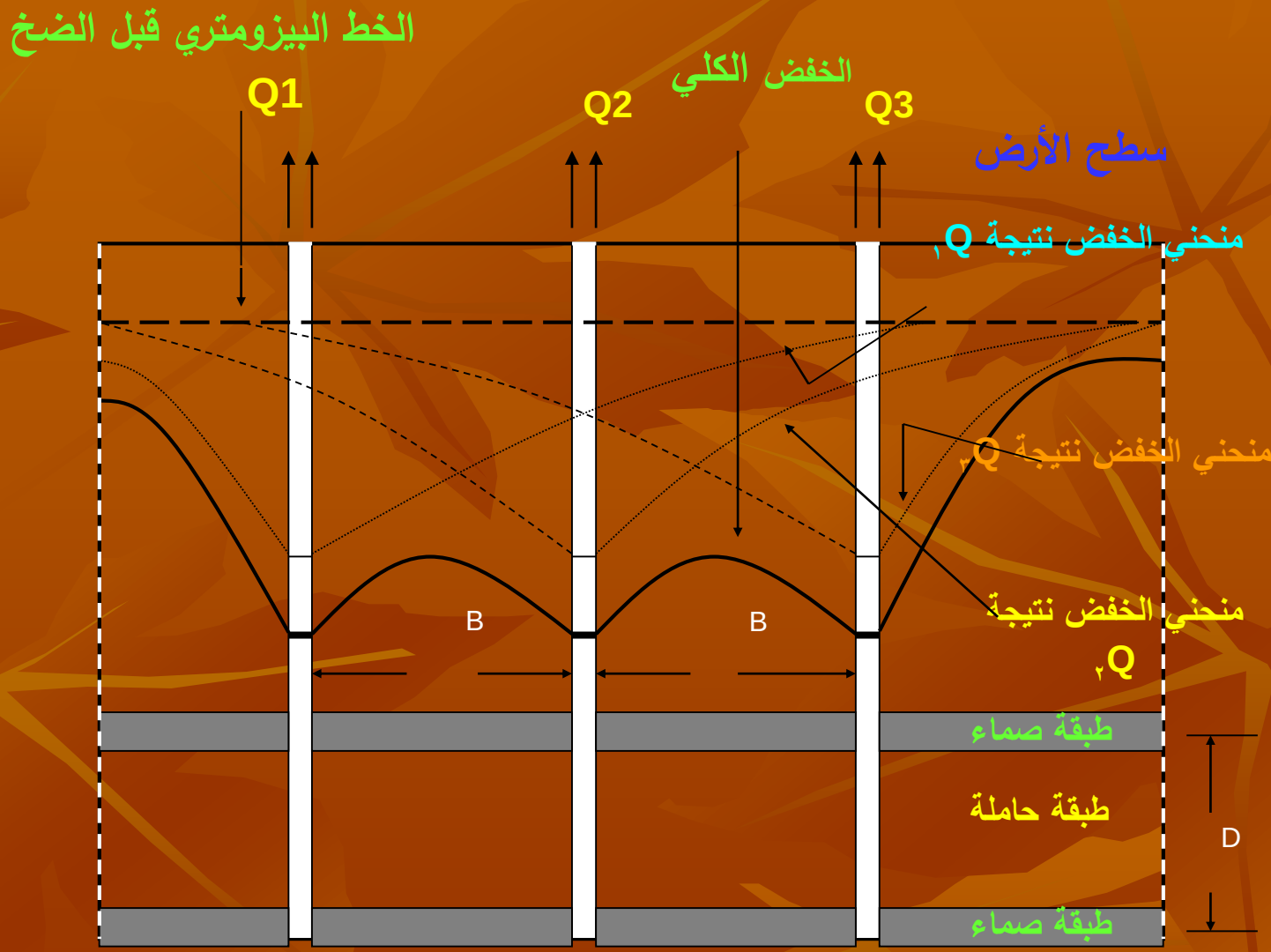
- إذا تم حفر عدة آبار قريبة من بعضها يتقاطع مخروط انخفاض سطح الماء لكل منها مع الآخر.
- وهذا يؤثر على مستوى الماء فيها وعلى مقدار تصرفاتها.
- يمكن تقدير خفض مستوى الماء للآبار المتداخلة (Zt) عند أي نقطة.
- شرط أن تكون تصرفات الآبار معلومة أو العكس، أي يمكن تقدير مقدار التصرف إذا كان مقدار الانخفاض معلوم.

- الانخفاض في مستوى الماء عند أي نقطة ضمن دائرة التأثير الناتجة عن التصرف من عدة آبار موجودة على خط مستقيم يساوي مجموع الخفض الناتج عن كل الآبار:

$$Zt = Z1 + Z2 + Z3 + \ldots\ldots Zn$$

Zt= الخفض الكلي في مستوى الماء الناتج من مجموعة الآبار المتداخلة

-


الخط البيزومتري قبل الضخ
Q1
Q2
الخفض الكلي
Q3
سطح الأرض
منحني الخفض نتيجة Q١
منحني الخفض نتيجة Q٣
منحني الخفض نتيجة Q٢
B
B
طبقة صماء
طبقة حاملة
طبقة صماء
D

الخفض في حالة التدفق المستقر

- الطبقات المحصورة

$$Z_t = h_e - h_i = \sum_i^n \frac{Q_i}{2\pi kD}.\ln\frac{r_{ei}}{r_i}$$

ri = المسافة من البئر رقم (i) إلى النقطة المطلوب حساب مقدار الخفض عندها (Zt)

rei = نصف قطر دائرة تأثير البئر رقم (I)

Qi = التصرف من البئر رقم (i)

hi = ارتفاع الماء عن الطبقة الصماء عند النقطة المطلوب حساب الخفض عندها نتيجة لذلك البئر فقط

طبقة غير محصورة

$$h_e^{\,2} - h^2{}_i = \frac{Q_i}{\pi k} \ln \frac{r_{ei}}{r_i} = \mathrm{C_i}$$

الخفض الناتج يساوي:

Zi = he - hi

مقدار الخفض الكلي عند النقطة المحددة يساوي:

$$Z_t = \sum Z_i = \sum_i^n (\sum h_e - \sqrt{h_e^{\,2} - C_i})$$

تأثير التداخل على تصرف الآبار

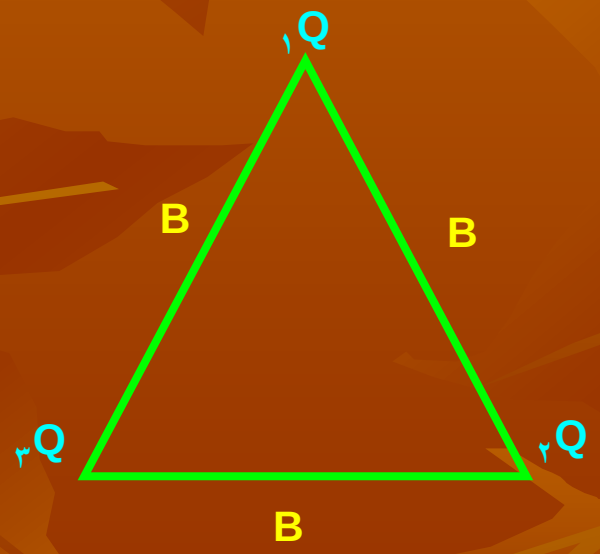
- الطبقات المحصورة (الارتوازية)

١- في حالة بئرين متشابهين تماماً (أقطارهما متساوية، والضخ، وانخفاض مستوى الماء فيهما بنفس الوقت) تفصلهم مسافة تساوي (B):

$$Q_1 = Q_2 = \frac{2\pi kD(h_e - h_w)}{\ln\left(\frac{r_e^{\,2}}{r_w . B}\right)}$$

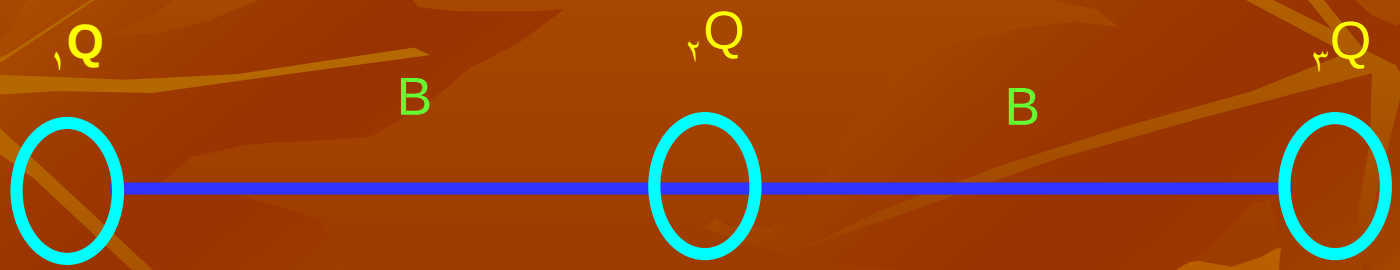
٢- ثلاثة آبار متشابهة تفصلهم مسافة (B) ومواقعها يشكل مثلث متساوي الأضلاع:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \frac{2\pi kD(h_e - h_w)}{\ln\left(\frac{r_e^{\,3}}{r_w . B^2}\right)}$$



- ٣- في حالة ثلاثة آبار متشابهة وعلى خط مستقيم تفصلها مسافة (B) يكون التصرف في الآبار الخارجية كما يلي:

$$Q_1 = Q_3 = \left[\frac{2\pi kD(h_e - h_w)\ \ln\left(\frac{B}{r_w}\right)}{2\ln\left(\frac{r_e}{B}\right)\ln\left(\frac{B}{r_w}\right) + \ln\left(\frac{B}{2r_w}\right)\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)} \right]$$



- التصرف من البئر الوسطى يساوي:

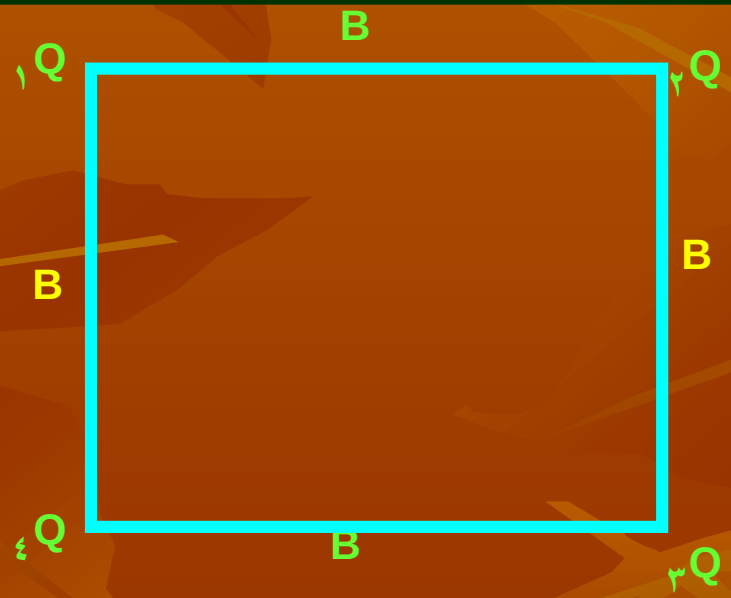
$$Q_2 = \left[\frac{2\pi kD(h_e - h_w)\ \ln\left(\frac{B}{2r_w}\right)}{2\ln\left(\frac{r_e}{B}\right)\ln\left(\frac{B}{r_w}\right) + \ln\left(\frac{B}{2r_w}\right)\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)} \right]$$

التصرف الكلي من هذه الآبار يساوي:

Qt = Q1 + Q2 + Q3.

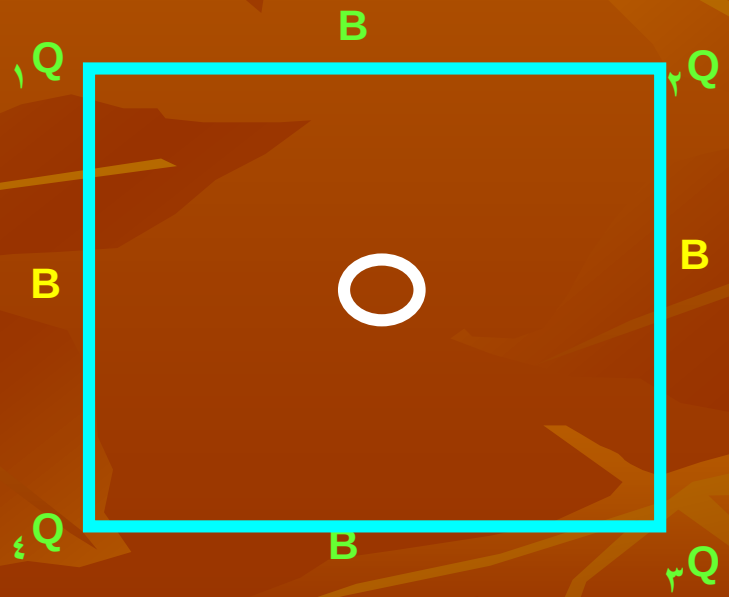
٤- أربعة آبار على شكل مربع طول ضلعه (B):

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \frac{2\pi kD(h_e - h_w)}{\ln\left(r_e^{\,4} \Big/ \sqrt{2}\, r_w B^3\right)}$$



- بئر تقع في وسط الآبار الأربعة يكون التصرف من الآبار في الزوايا:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \frac{2\pi k D (h_e - h_w) \ln\left(B / \sqrt{2}\, r_w\right)}{4 \ln\left(\sqrt{2}\, r_e / B\right) \ln\left(B / \sqrt{2}\, r_w\right) + \ln\left(r_e / r_w\right) \ln\left(B / 4\sqrt{2}\, r_w\right)}$$



ملاحظة

- يمكن تعديل المعادلات السابقة كي تناسب الطبقات الحرة

وذلك بالتعويض عن قيم he بمقدار (he)2/2D

- وعن hw بمقدار (hw)2/2D.

اختراق البئر للطبقة الحاملة جزئياُ

- إن الفرضيات التي تم الإستاد عليها في استنتاج معادلات تقدير التصرف من الآبار كانت مبنية أساسا على أن البئر يخترق كامل الطبقة الحاملة.
- ولكن هناك حالات عديدة يخترق البئر الطبقة جزئياً.

لذا لا يمكن استخدام المعادلات السابقة لحل هذا النوع من الآبار لأن حركة الماء في حالة الاختراق الجزئي تكون ثلاثية الأبعاد نحو البئر، وكمية التصرف اكبر من الاختراق الكامل.

معادلات الاختراق الجزئي

١-الطبقات الحرة

- التصرف من بئر يخترق الطبقة جزئيا:

$$Q_p = \left[\frac{\pi k\left(h_e{}^2 - h_w{}^2\right)}{\ln\frac{r_e}{r_w}}\right]\left[1 + 7\sqrt{\frac{r_w}{2h_s}}.\cos\frac{\pi h_s}{2h_e}\right]$$

مقدار انخفاض سطح الماء الأرضي في هذا النوع من الآبار:

$$h_e - h_w = \frac{Q_p}{4\pi k}\left[\frac{2}{h_s}.\ln\frac{\pi h_s}{2r_w} + \frac{0.2}{h_e}\right]$$

٢- الطبقات المحصورة

$$Q_p = \left[\frac{2\pi k h_s (h_e - h_w)}{\ln \frac{r_e}{r_w}}\right]\left[1 + 7\sqrt{\frac{r_w}{2h_s}}.\cos\frac{\pi h_s}{2D}\right]$$

ومعادلة تقدير انخفاض منسوب الماء الأرضي هي:

$$h_{2h_e} - h_w = \frac{Q_p}{2\pi k}\left[\frac{1}{h_s}.\ln\frac{\pi h_s}{2r_w} + \frac{0.1}{D}.\ln\frac{r_e}{2D}\right]$$

حيث أن:

Qp= التصرف من البئر التي تخترق الطبقة الحاملة جزئياً

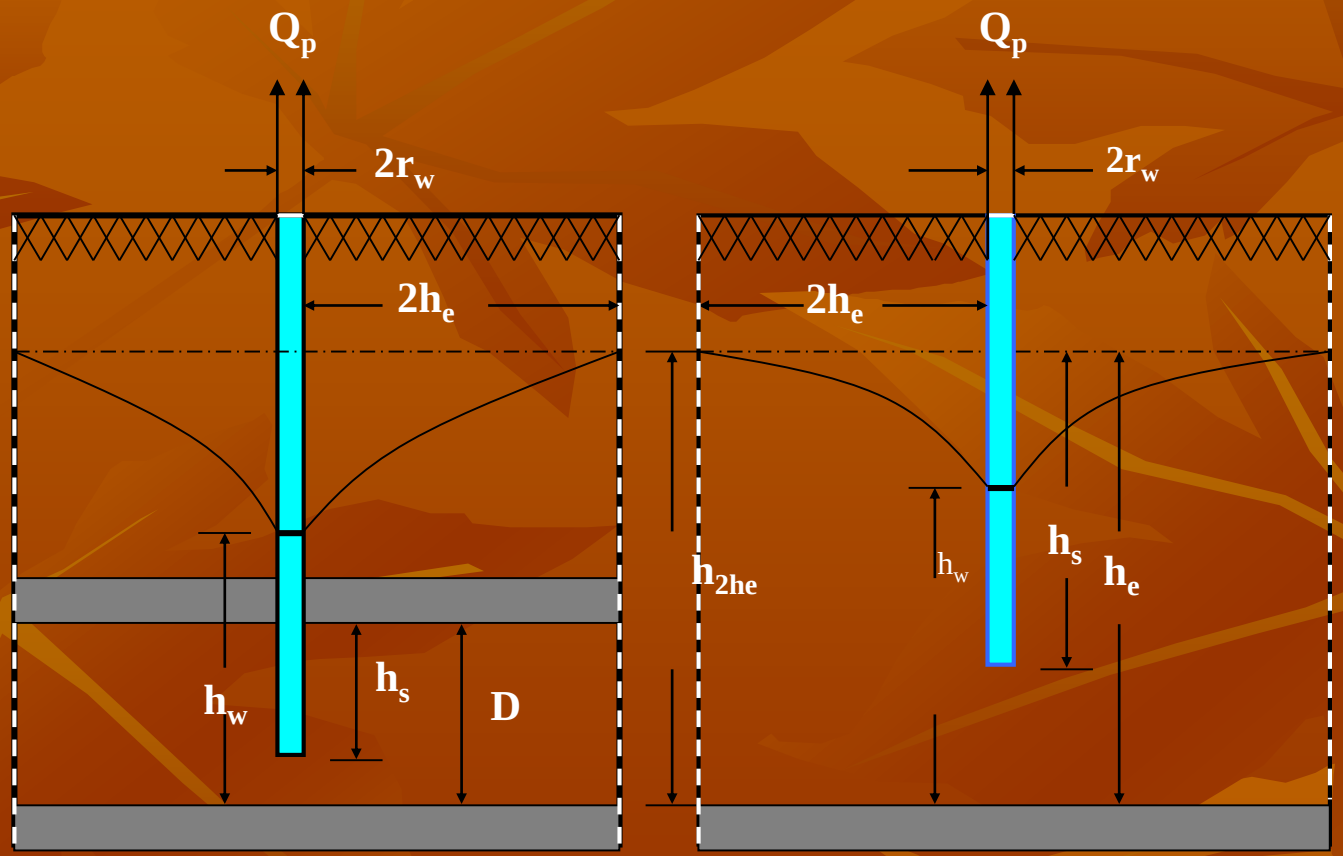
he = العمق الكلي للطبقة الحاملة أسفل الماء الأرضي قبل الضخ

hs = عمق البئر الفعلي تحت سطح الماء

h2he= ارتفاع سطح الماء الأرضي فوق الطبقة الصماء عند مسافة أفقية تبعد عن البئر بمقدار يساوي ضعف he.

(ب) طبقة محصورة

(أ) طبقة حرة



الجريان الكروى نحو البئر

- عندما يخترق البئر قمة الطبقة الصماء العلوية فقط يكون hs مساوياً صفر، وهذه تعتبر حالة خاصة من الاختراق الجزئي

- وعليه يمكن تقدير التصرف (Qs) من مثل هذه الآبار من المعادلة التالية:

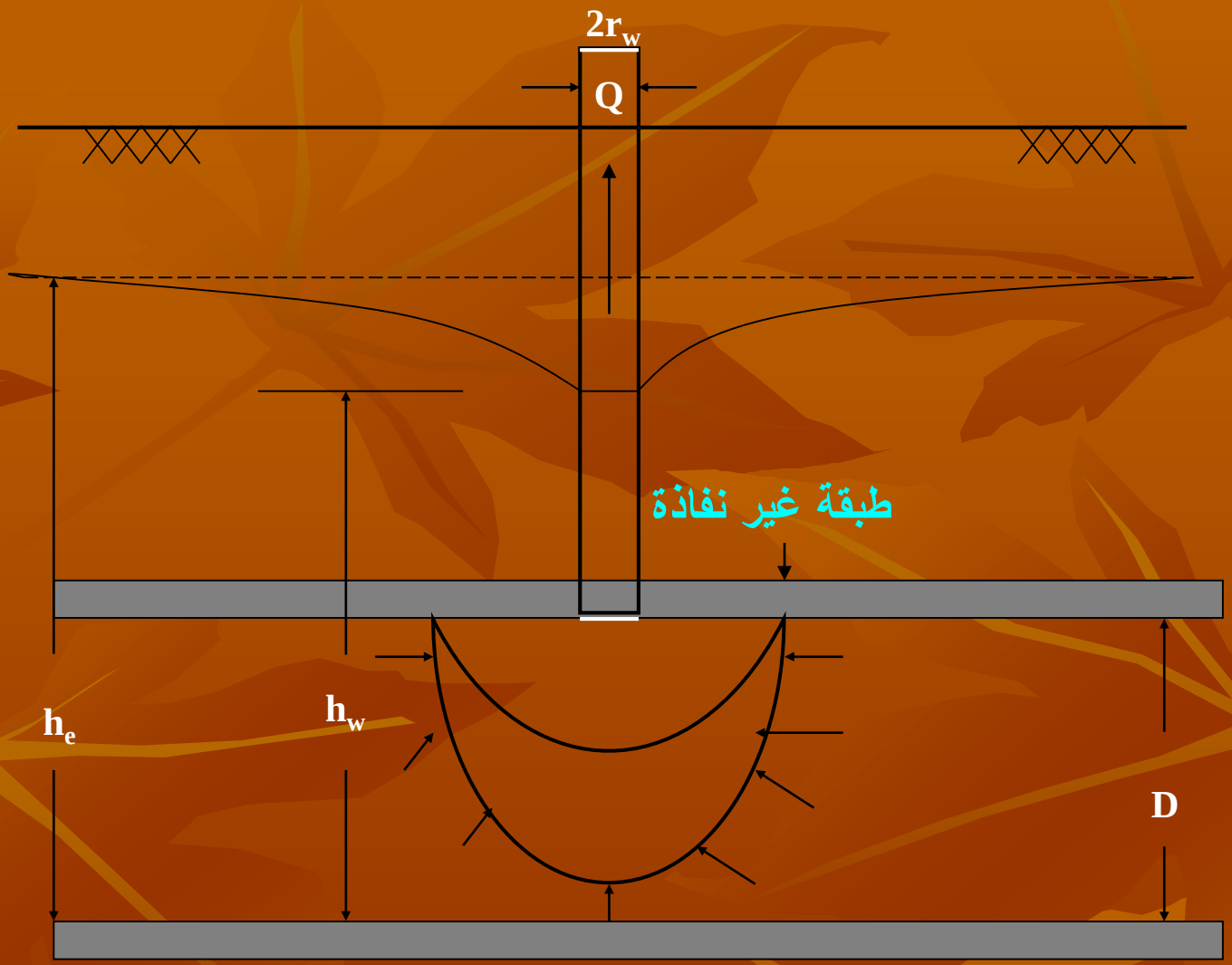
$$Q_{sý} = 2\pi k.r_w\left(h_e - h_w\right)$$

- بمقارنة التصرف الكروي نسبة إلى التصرف من الآبار التي تخترق كامل الطبقة نحصل على ما يلي:

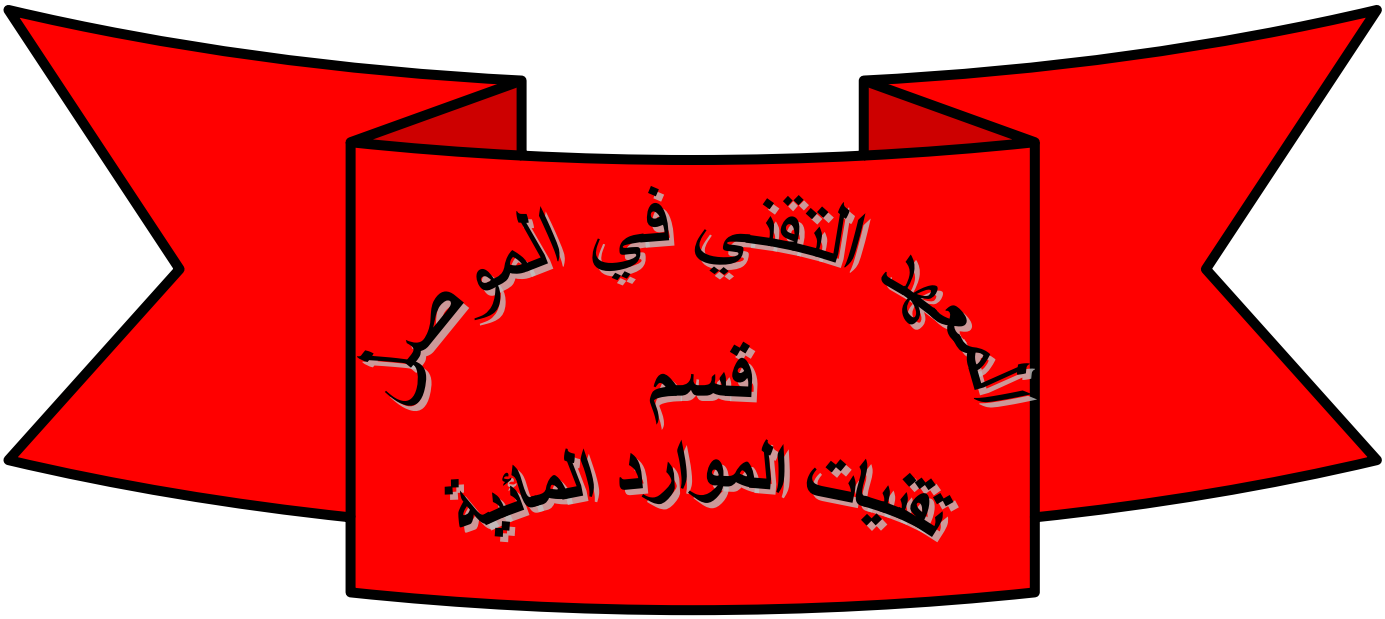
$$\frac{Q_s}{Q} = \frac{2\pi k r_w (h_e - h_w)}{\frac{2\pi k D (h_e - h_w)}{\ln \frac{r_e}{r_w}}} = \frac{r_w \ln \frac{r_e}{r_w}}{D}$$

وبعد ترتيب المعادلة تأخذ الشكل التالي:

$$\frac{Q_s}{Q} = \frac{r_w}{D} . \ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right)$$


$2r_w$
Q
طبقة غير نفاذة
h_e
h_w
D

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ العراق
هيئة التعليم التقني
المعهد التقني/ الموصل



الحقيبة التعليمية
E-Packag^e

لمادة مبادئ الري/ المرحلة الأولى

إعداد
الدكتورة افتخار عبد الجواد العاني
أستاذ مساعد

الوحدة النمطية للإسبوع الثاني و الثالث

١- النظرة الشاملة (Over View):

أ- الفئة المستهدفة (Target Population):-

طلبة المرحلة الأولى في قسم الموارد المائية /فرع الري والبزل.

ب- مبررات الوحدة (Rationale):-

صممت هذه الوحدة النمطية لغرض تعريف التربة ، الصفات الفيزياوية للتربة ، أنواع المياه في التربة ، قابلية التربة لحفظ المياه ، تصنيف التربة.

ت- الفكرة المركزية (Central Ideas):-

أولاً: تعريف التربة.

ثانياً: التعرف على الصفات الفيزياوية للتربة .

ثالثاً: التعرف على أنواع المياه في التربة.

رابعا: التعرف على قابلية التربة لحفظ المياه.

خامساً : التعرف على تصنيف التربة .

ث- أهداف الوحدة (Objectives):-

سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن:

١. يعرف التربة.

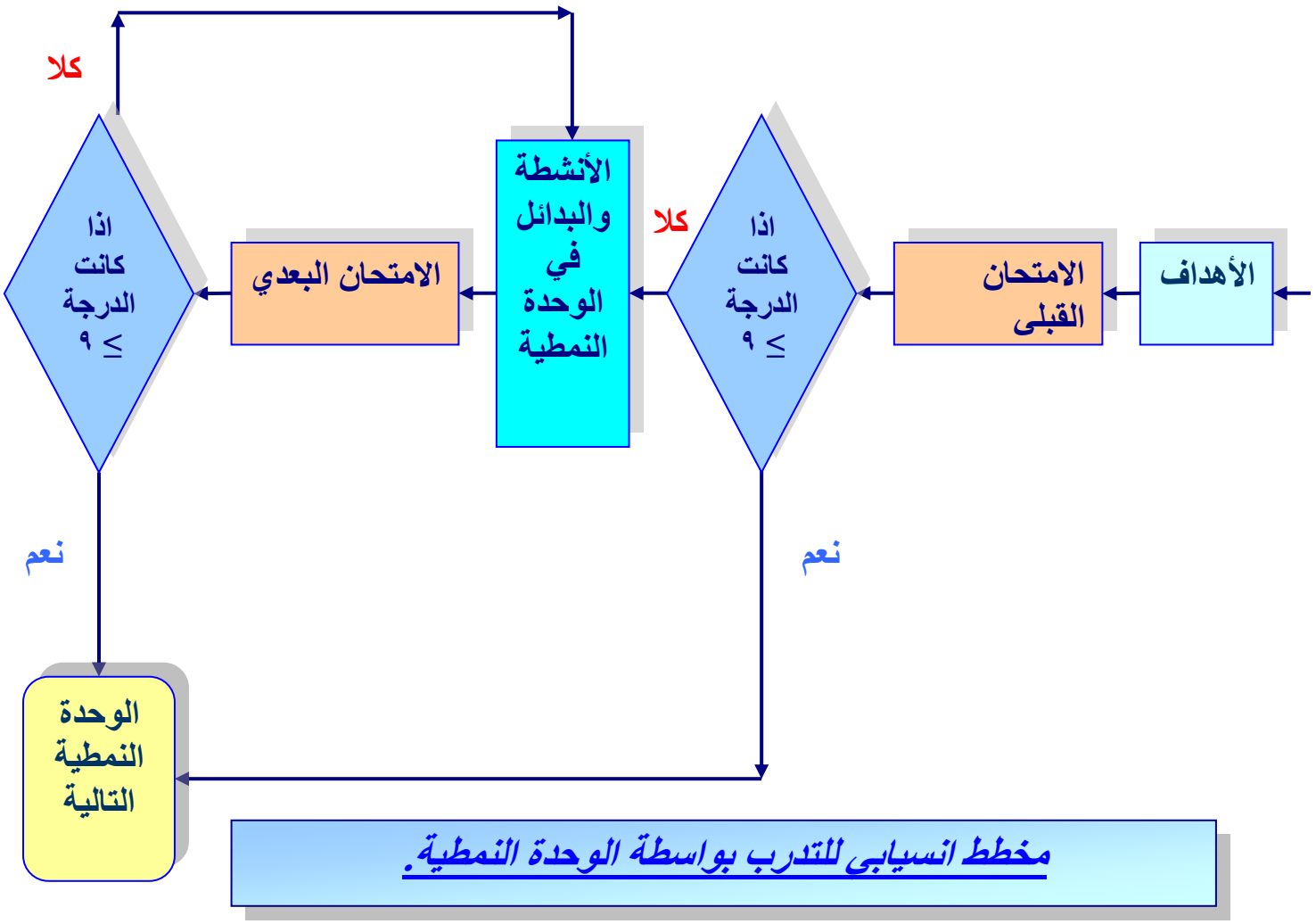
٢. يتعلم الصفات الفيزياوية للتربة.

٣. يعدد أنواع المياه في التربة.

٤. يتعرف على قابلية التربة لحفظ المياه .

٥. يكون قادر على تصنيف التربة .

جـ - المخطط الانسيابى:



مخطط انسيابى للتدرب بواسطة الوحدة النمطية.

٢- الاختبار القبلي (Pre – Test):

ضع دائرة حول الحرف الذي يسبق الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

١- تعرف نسجة التربة بأنها:
أ- التوزيع النسبي للأحجام المختلفة لمفصولات التربة .
ب- انتظام دقائق التربة بانتظام .
ج - انتظام المسافات البينية لدقائق التربة .
د- لون دقائق التربة.

٢- يتميز كثافة التربة بأنها:
أ- كتلة وحدة الحجوم لدقائق التربة الصلبة .
ب- كتلة وحدة الحجوم لدقائق التربة الصلبة والمسامات .
ت- كتلة وحدة الحجوم التربة .

٣- تعرف كثافة التربة الظاهرية بانها:
أ- كتلة وحدة الحجوم لدقائق التربة الصلبة .
ب- كتلة وحدة الحجوم لدقائق التربة الصلبة مع الفراغات.

٤- تتراوح عادة قيمة الكثافة الحقيقية للتربة :
أ- بين ٢,٥٥-٢,٧٥ .
ب- أقل من واحد .
ج – بحدود ١,٢ – ١,٧٥ .

٥- يقصد بالمسامات البينية:
أ- ذلك الجزء من حجم التربة المملوء بالماء فقط .
ث- ذلك الجزء من حجم التربة المملوء بالماء والهواء .
ج – ذلك الجزء من حجم التربة المملوء بالماء والهواء والتربة.

٦- الماء الشعري هو:
أ- الماء الممسوك بواسطة قوى الشد السطحي فقط .
ب- الماء الممسوك بواسطة قوى الشد السطحي على شكل اغشية مائية حول دقائق التربة .
ج – الماء الممسوك بواسطة المسامات الكبيرة للتربة.

٧- الماء المتيسر هو :
أ- هو الماء الممسوك عند السعة الحقلية.
ب- هو الماء الممسوك عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم .
ج – هو الماء المقيد.
د – الماء الجذبي.

٨- تحصل قوى التماسك في التربة :
أ- بين جزيئات التربة مع بعضها .
ب- بين جزيئات الماء بعضها مع البعض الأخر بفعل الأواصر الهيدروجينية ً.
ج- بين جزيئات التربة والماء .

٩- تصنف التربة معظم الأراضي المروية في الوطن العربي تتركز في المناطق الجافة وشبه الجافة:
أ- لان مناخ الوطن العربي يتصف بقساوته وتغيراته السنوية الكبيرة.
ب- يعتبر نظام الهطول المطري غير مستقر كما إن فعالية الأمطار تعتبر ضعيفة إضافة إلى ارتفاع قيم التبخر.
١٠-تمتاز التربة المفيدة للزراعة بأنها.
أ- بناء كتلي وصفائحي يحدد نمو النبات وحركة الماء.
ب- تربة ذات بناء جيد يسمح باختراق الجذور.
ت- تركيب فتاتي ،جيد لإنبات البذور وذات بناء جيد يسمح باختراق الجذور وبناء عمودي جيد لأغراض البزل

ملاحظة:

١- لكل سؤال درجة واحدة.

٢- يرجى التحقق من سلامة أجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الاختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة ٩ فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة واذهب لدراسة الوحدة التالية. أما في حالة حصولك على درجة أقل من ٩ فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة.

٣-عرض الوحدة النمطية

بعض الاساسيات المتعلقة بالتربة والماء

خصائص التربة الفيزيائية المرتبطة بالري

للخواص الفيزيائية للتربة اهمية كبيرة في استعمالاتها الزراعية والهندسية . إن ادخال أراضي جديدة تحت نظام الزراعة الاروائية يتطلب من المشتغلين بالري والزراعة الالمام بعوامل وخصائص عديدة يتعلق قسم منها بدراسة خصائص التربة الفيزيائية ذات العلاقة بالري ، لذا نجد من الضروري الاحاطة ببعض الخواص المرتبطة إرتباطاً مباشراً بالري وكما يلي .

نسجة التربة Soil Texture (2)

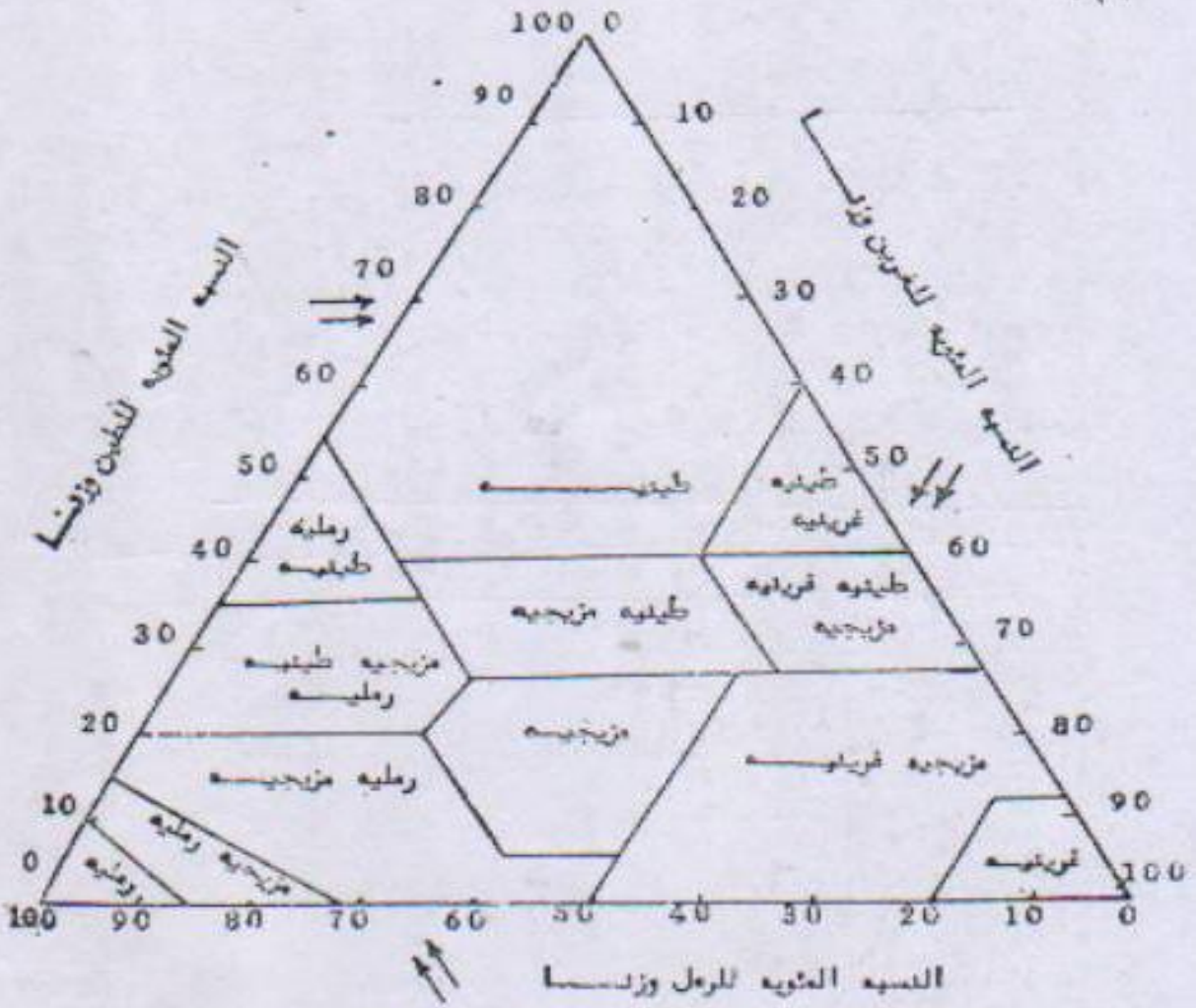
تعرف نسجة التربة بانها التوزيع النسبي للاحجام المختلفة لمفصولات التربة وهي الرمل والغرين والطين . وتشير نسجة التربة الى مدى خشونة او نعومة التربة وسهولة او صعوبة خدمتها . إن معرفة نسب المكونات الاساسية للتربة ذات دلالة كبيرة ، فالتربة التي يسود فيها الطين تكتسب قواما ناعماً وتكون خدمتها صعبة . إن زيادة نسبة الطين يعني زيادة المساحة السطحية النوعية لدقائق التربة مما يزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالماء وزيادة فعاليتها الكيميائية ومحتواها من العناصر الغذائية . بينما تكتسب التربة التي يسود فيها الرمل قواماً خشناً وتسهل خدمتها ، وتؤثر نسبة الدقائق الخشنة تأثيراً مباشراً على الخصائص المائية وتهوية التربة . وعموماً فإن التربة التي تحتوي على نسب متساوية او متقاربة من الرمل والغرين والطين سوف تجمع بلا شك احسن الخصائص التي يفترض توفرها والتي تسهل عمليات الري وترفع من كفاءة نظام الزراعة الاروائية . وتعتبر نسجة التربة عاملاً مهماً الى درجة كبيرة في تحديد عمق الماء الذي يمكن تخزينه في عمق معين من التربة .

تقسم مفصولات التربة حسب احجامها وبالنظامين الامريكي والعالمي كما موضح في الجدول التالي :

جدول (١ ، ٢) تصنيف مفصولات التربة حسب احجامها

مفصولات التربة	القطر الفعال للدقائق ، ملم	
	النظام الامريكي	النظام العالمي
رمل خشن	٢,٠٠ — ٠,٢٥	٢,٠٠ — ٠,٢٠
رمل ناعم	٠,٢٥ — ٠,٠٥	٠,٢٠ — ٠,٠٢
غرين	٠,٠٥ — ٠,٠٠٢	٠,٠٢ — ٠,٠٠٢
طين	اقل من ٠,٠٠٢	اقل من ٠,٠٠٢

يتضح مما سبق بأن التربة تتكون من مجموعة من المفصولات تختلف كثيراً في نسبها واحجامها واشكالها وتتحدد بموجبها اصناف النسجة ، انظر شكل (١ ، ٢).



شكل (١ ، ٢) مثلث تحديد نسجة التربة (عن : العاني ، عبد الفتاح ١٩٨٢)

تركيب التربة (بناء التربة) Soil Structure

يقصد بتركيب التربة بأنه انتظام دقائق التربة الاولية (Primary particles) ومجاميعها (aggregates) في نظام معين . يؤدي الاختلاف في انتظام هذه الدقائق والمجاميع بين تربة واخرى الى اختلاف في احجام واشكال وانتظام المسامات البينية (pore spaces) ، والذي يؤثر بدوره على حركة الماء وقابلية التربة على مسك الماء ونهوية التربة وحرارتها وكثافتها الظاهرية وخصوبتها وفعالية الاحياء الدقيقة ومقاومة التربة لنمو الجذور وتحملها لحركة الالات الزراعية . إن جميع الفعاليات التي يقوم بها الفلاح من الحراثة والعزق والبزل والتسميد واضافة المحسنات ماهي الا محاولات لتغيير تركيب التربة . يمكن تقدير تركيب التربة بمعرفة حجم وشكل ووضوح مجاميع التربة بالدرجة الاساسيةوكذلك ثباتيتها وصلابتها وطبيعة توزيع مسامها . يعتبر تركيب التربة عاملا مهماً في تحديد الكثير من خصائص التربة خاصة طبيعة التوزيع الحجمي للمسام وما لذلك من تأثير على حركة الماء . والشكل (٢ ، ٢) يوضح بعض انواع التركيب الشائعة ومنها اشكال تمثل التركيب الجيد مثل الحبيبي (granular) والرديء مثل التركيب الطبقي او الصفائحي (platy) ويوضح الشكل (٢ ، ٣) علاقة نوع تركيب التربة بنمو النبات وحركة الماء والبزل واختراق الجذور للتربة .

كثافة التربة Soil density

تعرف الكثافة الحقيقية للتربة (particle density) بأنها كتلة وحدة الحجوم لدقائق التربة الصلبة (يشمل الحجم هنا فقط المادة الصلبة) ، وتتراوح عادة لمعظم الترب المعدنية بين ٢,٥٥ – ٢,٧٥ غم/ سم٣ (يعود ذلك الى تقارب كثافات معادن الكوارتز والفلدسبار والسيليكات التي تكون الجزء الاكبر من الترب المعدنية) وتقل عن ذلك بكثير في الترب العضوية نظراً لانخفاض كثافة الدقائق العضوية (كثافة الدبال بحدود ١,٢٧ غم/ سم٣) . أما الكثافة الظاهرية للتربة (Bulk density)فتعرف بأنها كتلة وحدة الحجوم للتربة الجافة (ويشمل الحجم هنا المادة الصلبة والمسامات) .

ترتبط الكثافة الظاهرية اساساً بنسجة وتركيب التربة وعمليات خدمة التربة والمادة العضوية ، وتعكس لنا الكثافة الظاهرية مسامية التربة وسهولة حركة الماء فيها ونهويتها وانتشار الجذور فيها . تكتسب الكثافة الظاهرية للتربة اهمية خاصة للمشتغلين في الري في حساب كميات المياه الواجب اضافتها للتربة لايصال محتواها الرطوبي لحد معين ، ويعبر رياضيا عن الكثافة الحقيقية والظاهرية بالاستعانة بالشكل (٢ ، ٤) .

1. Granular (Crumb) حبيبي او فتاتي

2. platy صفائحي

3. Blocky كتلي

4. a- prismatic منشوري

b- Columnar عمودي

شكل (٢،٢) بعض انواع التركيب الثالثة

تربة ذات تركيب ردي، محدودة في الاستخدامات الزراعية تركيب جيد، مفيد للأغراض الزراعية

بناء كتلي، يجعل نمو النبات صعبًا.

تركيب صفائحي، يحد نمو النبات وحركة الماء.

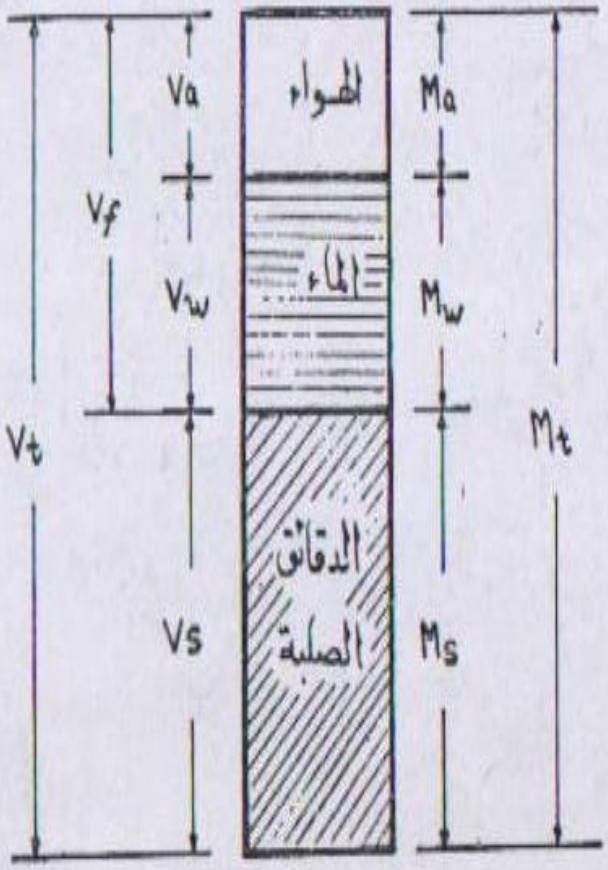
تربة تحتية رديئة البزل

تركيب فتاتي، جيد لنبات الجذور

تربة ذات بناء جيد يسمح باختراق الجذور

بناء عمودي جيد لأغراض البزل.

شكل (٢ ، ٢) علاقة تركيب التربة بنمو النبات وحركة الماء والبزل واختراق الجذور للتربة



M_a = كتلة الهواء

M_w = كتلة الماء

M_s = كتلة الدقائق الصلبة

$M_s + M_w + M_a = M_t$

V_a = حجم الهواء

V_w = حجم الماء

V_s = حجم الدقائق الصلبة

V_f = حجم المسامات

V_t = الحجم الكلي

شكل (٢٠١) مخطط توضيحي لنظام تربة ثلاثي الاطوار

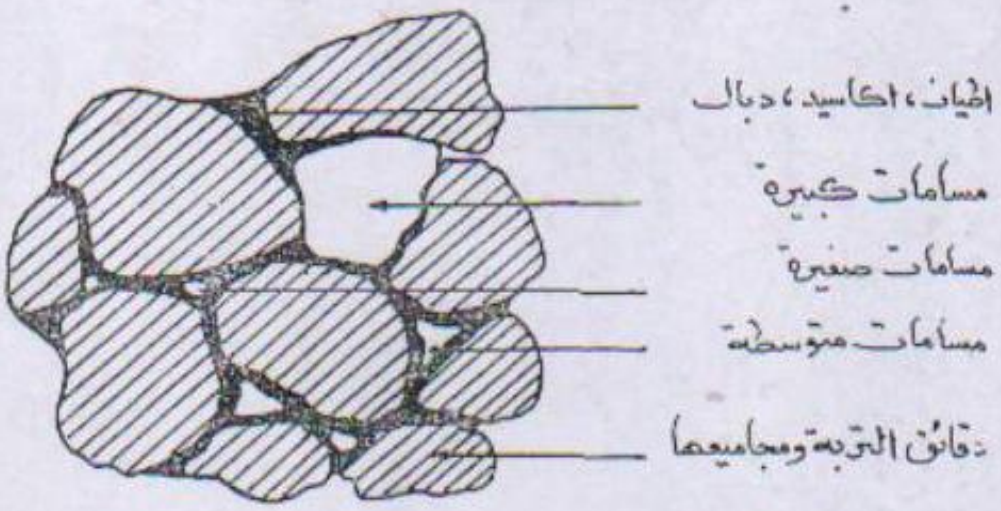
حيث ان الكثافة الحقيقية $(\rho_s) = \frac{M_s}{V_s}$

الكثافة الظاهرية $(\rho_b) = \frac{M_s}{V_t} = \frac{M_s}{V_s + V_w + V_a}$

(3) مسامية التربة والتوزيع الحجمي للمسامات

Total porosity and pore Size distribution

يقصد بالمسامات البينية ذلك الجزء من حجم التربة المملوء بالماء والهواء ، إنظر شكل (٥ ، ٢) . ترتبط مسامية التربة إرتباطاً وثيقاً بتركيب التربة ونسجة التربة ، وتعرف المسامية الكلية للتربة بإنها النسبة المئوية للمسامات في حجم معين من التربة (الحجم الكلي) وهذه المسامات تكون مشغولة بالماء او الهواء او كليهما



شكل (٥ ، ٢) المسامات البينية في التربة

ويعبر عنها $P = \frac{V_L}{V_t} \times 100 = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right) 100$

إن لمسامية التربة استعمالات مختلفة في الاغراض الزراعية والهندسية ولكن من الوجهة العلمية فإن المهم هو التوزيع الحجمي للمسامات وليس المسامية الكلية . وتمتاز الترب الرملية بأن المسامية الكلية لها أقل من الترب الطينية والعضوية ، وتختلف

نسبة ما تحتويه الترب من مسامات حسب نسجتها فالترب الطينية تحتوي على نسب كبيرة للمسامات الصغيرة بينما تحتوي الترب الرملية على نسب كبيرة للمسامات الكبيرة . إن ما تهدف اليه عمليات خدمة التربة من الناحية الفيزيائية هو الحصول على توزيع متجانس لمسامات التربة بحيث تتوازن نسب مساماتها الكبيرة والصغيرة فيستحصل على انسب الظروف لتهوية التربة وحركة الماء فيها وقابليتها على الاحتفاظ بالماء .

علاقة الماء بالتربة :

تصنيف ماء التربة :

يمتاز الماء بامكانية وجوده في الحالة الصلبة والسائلة والغازية ، وتعتبر الحالة السائلة اكثرها اهمية لاغراض الري . يصنف ماء التربة كالآتي :

١ . ماء الجذب (الماء الجذبي) Gravitational water

ويمثل الجزء المسوك في المسامات الكبيرة للتربة ويسمى احياناً بالماء الحر أو ماء البزل ، ويتحرك هذا الماء بحرية تحت تأثير الجذب الارضي ويمكن التخلص منه بدون صعوبة عند توفر ظروف البزل المناسب . يعتبر هذا الماء ذو صلاحية محدودة لاستعمال النبات بالرغم من وجوده بوفرة في التربة

٢ ـ الماء الشعري Capillary water

وهو الماء المسوك بواسطة قوى الشد السطحي على شكل اغشية مائية حول دقائق التربة وفي المسامات الشعرية للتربة،وتزداد كميته بزيادة نسبة دقائق التربة ذات السطوح النوعية الكبيرة . يتراوح الشد الذي يمسك به الماء الشعري مابين السعة الحقلية ومعامل التقييد ، ولايكون جميعه متيسراً للامتصاص من قبل النبات وهو محتجز ضد قوة الجاذبية الارضية .

٣ ـ الماء المقيدُ Hygroscopic water

وهو الماء المسوك بشد عالي الى سطوح الدقائق وخصوصاً الغروية منها بواسطة قوى التجاذب ، ويلتصق تماماً بدقائق التربة بقوة تجعله غير قابل للحركة بتأثير الجاذبية الارضية او قوى الخاصية الشعرية . يبلغ الشد الذي يمسك به هذا الماء

٣١٠٠ كيلو باسكال او اكثر ، ويتحرك على شكل بخار ويعتبر غير متيسر للنبات . وقد يصنف ماء التربة على اساس مدى جاهزيته او تيسره للنبات وكالآتي :

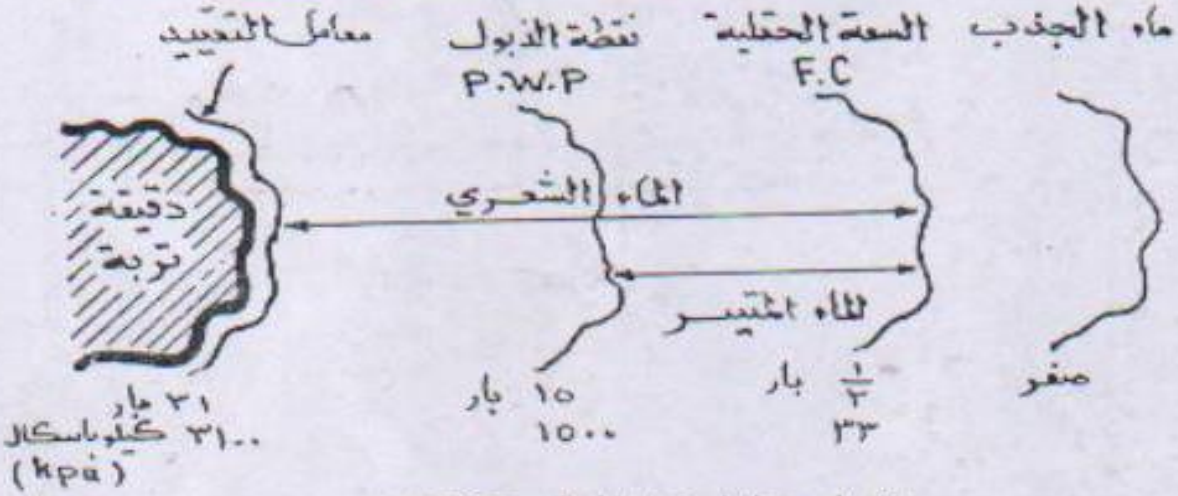
١ . ماء الجذب Gravitational water

٢ . الماء المتيسر Available water

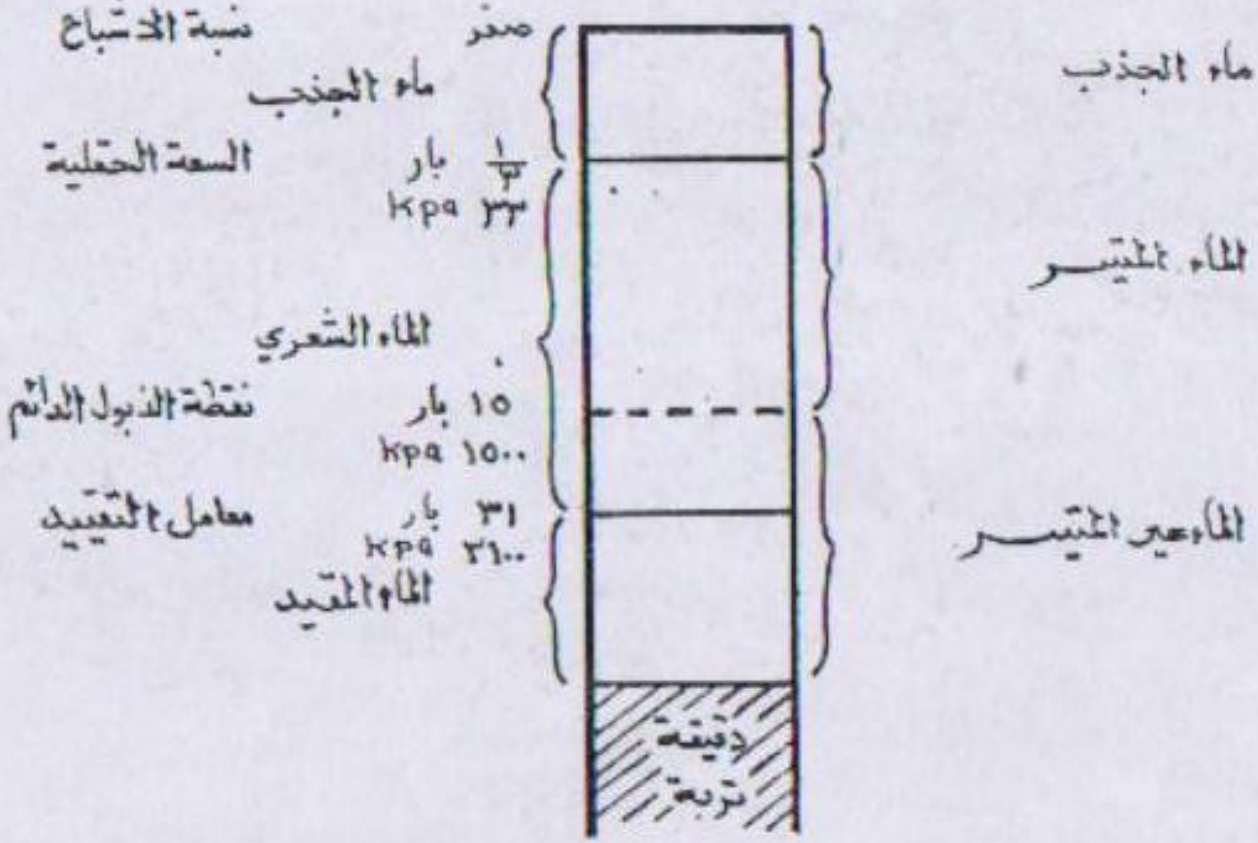
وهو الماء المسوك بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم وهو المصدر الرئيسي للماء المستهلك من قبل النبات ، ويعتبر توفير هذا الماء أحد أهم الاهداف التي ترمي لها عملية الري ، انظر الاشكال (٦ ، ٢ و ٧ ، ٢) .

٣ ـ الماء غير المتيسر Unavailable water

يشمل جميع الماء المسوك بشد اعلى من نقطة الذبول الدائم وهو غير متيسر للامتصاص من قبل النبات .



شكل (٦ ، ٢) طبيعة ارتباط الماء بدقيقة التربة



شكل (٢٠٧) مخطط يوضح اصناف ماء التربة .

على مسك الماء ومعدل استهلاك الماء سيحدد كمية الماء التي ينبغي اضافتها وفترات الاضافة . تتحدد قابلية التربة على مسك الماء بعوامل عدة منها نسجة التربة وتركيبها والمادة العضوية . ان كل العوامل التي ذكرت ستحدد كمية الماء الذي يجب تجهيزه والذي يمكن أن يمسك من قبل التربة . يمسك الماء في التربة بفعل ظاهرتي التماسك والتلاصق ، ويعرف التماسك (Cohesion) بأنه ارتباط جزئيات الماء بعضها مع البعض الآخر اما التلاصق (adhesion) فإنه ارتباط دقائق التربة مع جزئيات الماء . والجدول التالي يبين قابلية بعض الترب على مسك الماء مقدرة بوحدات سم ماء لكل 1 متر تربة وعند حدود شد معينة .

جدول (٢ ، ٢) قابلية بعض الترب على مسك الماء .

النسجة	عمق الماء الممسوك ، سم		
	السعة الحقلية ٣٣ كيلو باسكال*	نقطة الذبول الدائم ١٥٠٠ كيلو باسكال	الماء الجاهز للنبات ، سم/ متر
رملية	١٠,٥	٢,١	٨,٤
مزيجية	١٩,٠	٤,٦	١٤,٤
طينية	٣٠,٥	١٠,٥	٢٠,٠

* كيلوباسكال = ١٠ ملبيار .

٥ ـ معامل التقييد Hygroscopic coefficient

يطلق على نسبة الرطوبة المتبقية في التربة بعد أن يفقد منها الماء الممسوك في المسامات الكبيرة والصغيرة ويبقى فقط بعض الماء المحيط بالدقائق الصغيرة والغروية . يمسك هذا الماء في التربة بشد عالي وتكون حركته على شكل بخار ماء فقط .

بعض الاصطلاحات المعبرة عن المحتوى الرطوبي للتربة :

١ ـ نسبة الاشباع Saturation percentage

عندما تمتلىء جميع مسامات التربة بالماء تكون قد وصلت الى سعتها التشبعية او الى قابليتها العظمى على مسك الماء (maximum water holding capacity) ، ويكون الشد الرطوبي عند هذا الحد تقريباً مساوياً الى الصفر .

٢ ـ السعة الحقلية (F.C) Field capacity

يطلق هذا المصطلح على المحتوى الرطوبي الذي تحتفظ به التربة بعد ازالة ماء الجذب الارضي وهذا يحصل بعد مرور ٢ ـ ٣ أيام من الري . عندئذ تكون معظم المسامات الدقيقة في التربة مملوءة بالماء بينما تكون المسامات الكبيرة مملوءة بالهواء . ترجع اهمية السعة الحقلية الى انها تمثل الحد الاعلى للماء المتيسر للنبات ، ويكون الشد الرطوبي عند هذه النقطة بين $\frac{1}{10}$ ـ $\frac{1}{3}$ ضغط جوي (١٠ كيلو باسكال ـ ٣٣ كيلو باسكال) وحسب نسجة التربة .

٣ ـ نقطة الذبول الدائم (P.W.P) Permanent wilting point

يطلق على المحتوى الرطوبي للتربة عندما تذبل النباتات ذبولاً دائماً « نقطة الذبول الدائم » او معامل الذبول (wilting Coefficient) حيث لا يستعيد النبات نموه حتى بعد وضعه في جو مشبع بالماء ، وتمثل نقطة الذبول الدائم الحد الادنى من رطوبة التربة المتيسرة . ان انخفاض الرطوبة عن هذا الحد يجعل النبات غير قادر على الحصول على كمية من الماء تكفي لاستمرار نموه . وعموماً تقدر طاقة الشد الرطوبي للتربة عند نقطة الذبول الدائم بحوالي ١٥ ضغط جوي (١٥٠٠ كيلوباسكال) .

٤ ـ الماء المتيسر Available water

لقد اشرنا فيما سبق بأن الماء المتيسر يطلق على المحتوى الرطوبي للتربة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ، ويكون متيسراً للامتصاص من قبل النبات . وبصورة عامة فإن الترب ذات النسجات الناعمة تحتفظ بمديات واسعة من رطوبة التربة بين حدي السعة الحقلية ونقطة الذبول وهذا يرجع الى إنها تحتوي على نسب كبيرة للمسامات الصغيرة الشعرية وبعكس ذلك للترب الرملية . إن قابلية التربة

العلاقة بين رطوبة التربة والشد الرطوبي :

يعبر عن قوى شد الماء في الترب غير المشبعة بصيغ مختلفة ، ويعرف الشد الرطوبي للتربة بأنه القوة المسلطة على وحدة المساحة لازالة الماء من التربة . يمكن قياس الشد الرطوبي في التربة بعدة وحدات منها الضغط الجوي والبار حيث ان :

1 ضغط جوي = ١٠٣٦ سم ماء
٧٦,٣٩ سم زئبق
= ١,٠١٣ × ٦١٠ داين/ سم٢
1 بار = ٦١٠ داين/ سم٢
= ١٠٢٣ سم ماء
= ١٠٠٠ ملبيار
= ١٠٠ كيلو باسكال

إن معرفة علاقات الشد الرطوبي تساعد في معرفة المحتوى الرطوبي للتربة ولو عدنا الى الشكل (٦ ، ٢) لامكن ملاحظة أن الشد الرطوبي ينخفض كلما ابتعدنا عن سطح دقيقة التربة الى أن يصل بحدود الصفر عند التشبع وهذا يعني أن الشد الرطوبي للتربة ينخفض مع زيادة نسبة المحتوى الرطوبي للتربة .

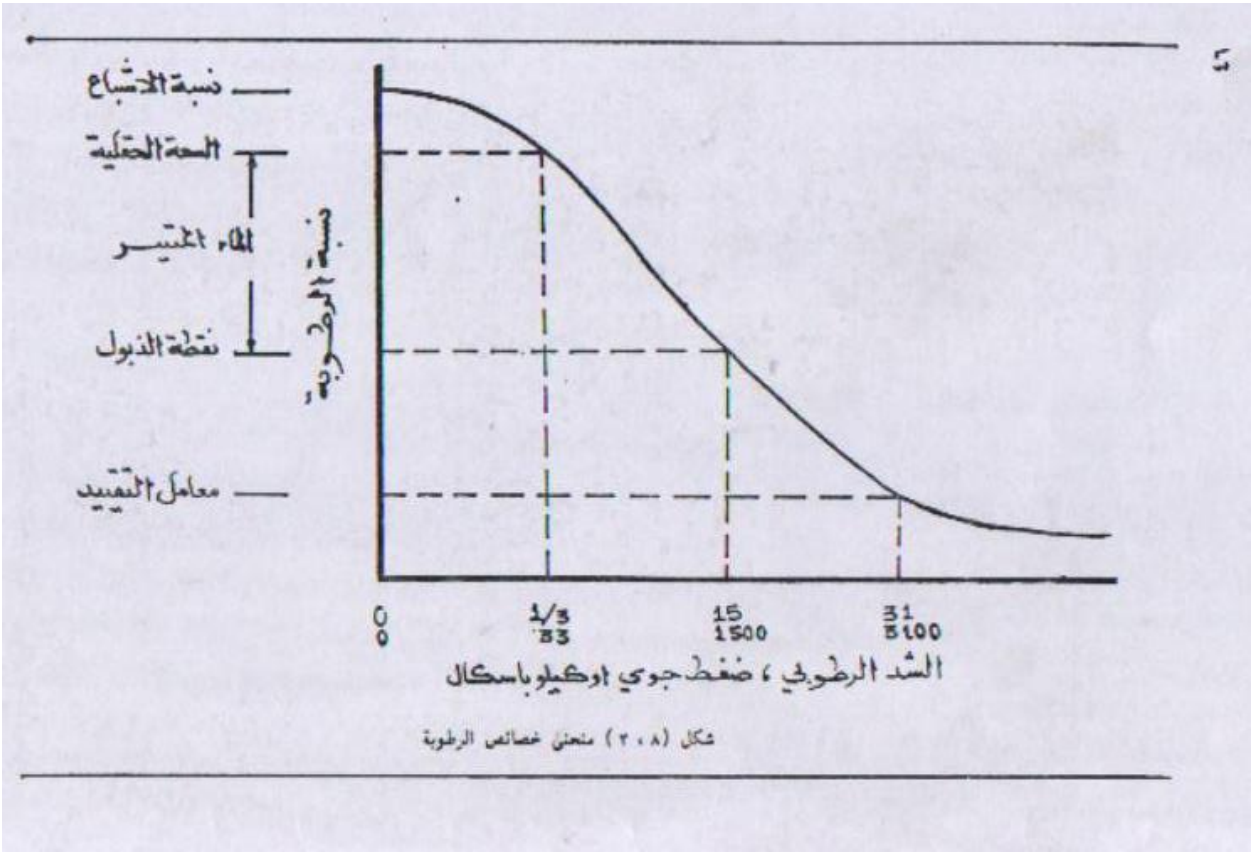
وعند تمثيل الشد الرطوبي لنسب مختلفة من رطوبة التربة نحصل على منحنى يسمى منحنى خصائص الرطوبة (Moisture characterstic curve) ، لاحظ شكل (٨ ، ٢) .

تختلف اشكال منحنيات خصائص الرطوبة تبعاً لاختلاف الترب من حيث تراكيبها ونسجاتها ، حيث تمسك الترب الناعمة النسجة نسب اعلى من الرطوبة عند مديات معينة من الشد الرطوبي مقارنة بالترب الخشنة النسجة وهذا يرجع الى زيادة نسب مساماتها البينية ومساحاتها السطحية النوعية واحتوائها على نسب اعلى من الدقائق الصغيرة الحجم مما يزيد من قابليتها على مسك الماء .

يمكن استخدام منحنيات خصائص الرطوبة لتقدير كميات مياه الري الواجب اضافتها ومعرفة مدى الحاجة الى تقارب فترات الري .

القوى التي تمسك الماء في التربة

تعتبر حركة الماء في التربة من المواضيع الاساسية الواجب الالمام بها من قبل المتخصصين في علوم التربة والري والبزل لما لها من اهمية تطبيقية في الاغراض



شكل (٢٠٨) منحنى خصائص الرطوبة

الزراعية والهندسية . وسنحاول هنا تفهم القوى المؤثرة على مسك الماء في التربة وحركة الماء تحت الظروف المشبعة وغير المشبعة . هنالك نوعان من القوى المؤثرة على مسك الماء في التربة هما :

١ ـ قوى التلاصق adhesion forces

وتعرف بأنها القوى الناتجة عن تجاذب جزيئات الماء مع دقائق التربة ، وهذا يحصل بسبب وجود شحنات سالبة على سطوح دقائق التربة تجذب اليها جزيئات الماء المستقطبة بقوة تسمى قوة التلاصق .

٢ ـ قوى التماسك Cohesion forces

يحصل التماسك بين جزيئات الماء بعضها مع البعض الآخر بفعل الأواصر الهيدروجينية ، إن قوة التجاذب بين جزيئات الماء تسمى بقوة التماسك . وتؤثر قوتا التلاصق والتماسك على كل من قابلية التربة على مسك الماء وحركة الماء في التربة . تتحدد الطاقة التي يمسك بها ماء التربة بوقع جزيئات الماء من سطوح الدقائق الصلبة فكلما بعدت قل التجاذب وقل مقدار الطاقة التي يمسك بها ماء التربة . فاذا اعتبرنا طاقة الماء عند سطح الماء الحر تساوي صفر فإن قيمة طاقة الماء الممسوك في التربة تكون سالبة او تحت الصفر ، بمعنى انه كلما زادت القوة التي يمسك بها ماء التربة كلما انخفضت طاقته . تعتمد كمية الرطوبة المسوكة في التربة والطاقة التي يمسك بها الماء وحركته في التربة على مجموع مسامات التربة وتوزيعها الحجمي وهذا مرتبط باحجام واشكال وتنظيم دقائق ومجاميع التربة . لذا تزداد قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء كلما صغرت احجام مساماتها .

طاقة ماء التربة

عرض Buckingham عام ١٩٠٨ فكرته القائلة بأن حركة الماء خلال التربة تنشأ عن فرق الجهد الذي يمثل القوة الدافعة للحركة . تتطلب دراسة حركة الماء في التربة تفسير ظواهرها استناداً لمفاهيم الطاقة ، وفي الموائع فإن الطاقة توجد في صورتين .

١ ـ الطاقة الحركية
٢ ـ الطاقة الكامنة

٤-الاختبار البعدي (Post – Test):

- (١) ماذا نقصد بالري .
- (٢) عدد مهمات علم الري .
- (٣) عدد مصادر المياه في العراق .
- (٤) عدد اغراض الري .
- (٥) عدد مميزات الأمطار المستفادة منها .

مفاتيح الاجابة على الاختبارات

الاختبار القبلي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
١	ا
٢	ت
٣	ب
٤	ا
٥	ث
٦	ب
٧	ب
٨	ب
٩	ب
١٠	ت

المصادر

١.	الطيف ،نبيل إبراهيم وعصام خضير ألحديثي " الري أساسياته وتطبيقاته "وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ،جامعة بغداد ،١٩٨٨

الوحدة النمطية للإسبوع الأول

١- النظرة الشاملة (Over View):

أ- الفئة المستهدفة (Target Population):-

طلبة المرحلة الأولى في قسم الموارد المائية /فرع الري والبزل.

ب- مبررات الوحدة (Rationale):-

صممت هذه الوحدة النمطية لغرض تعريف السعة الحقلية، نقطة الذبول، الإشباع، الماء المتوفر وغير المتوفر.

ت- الفكرة المركزية (Central Ideas):-

أولاً: تعريف السعة الحقلية ونقطة الذبول والإشباع.

ثانياً: التعرف على الماء المتوفر وغير المتوفر.

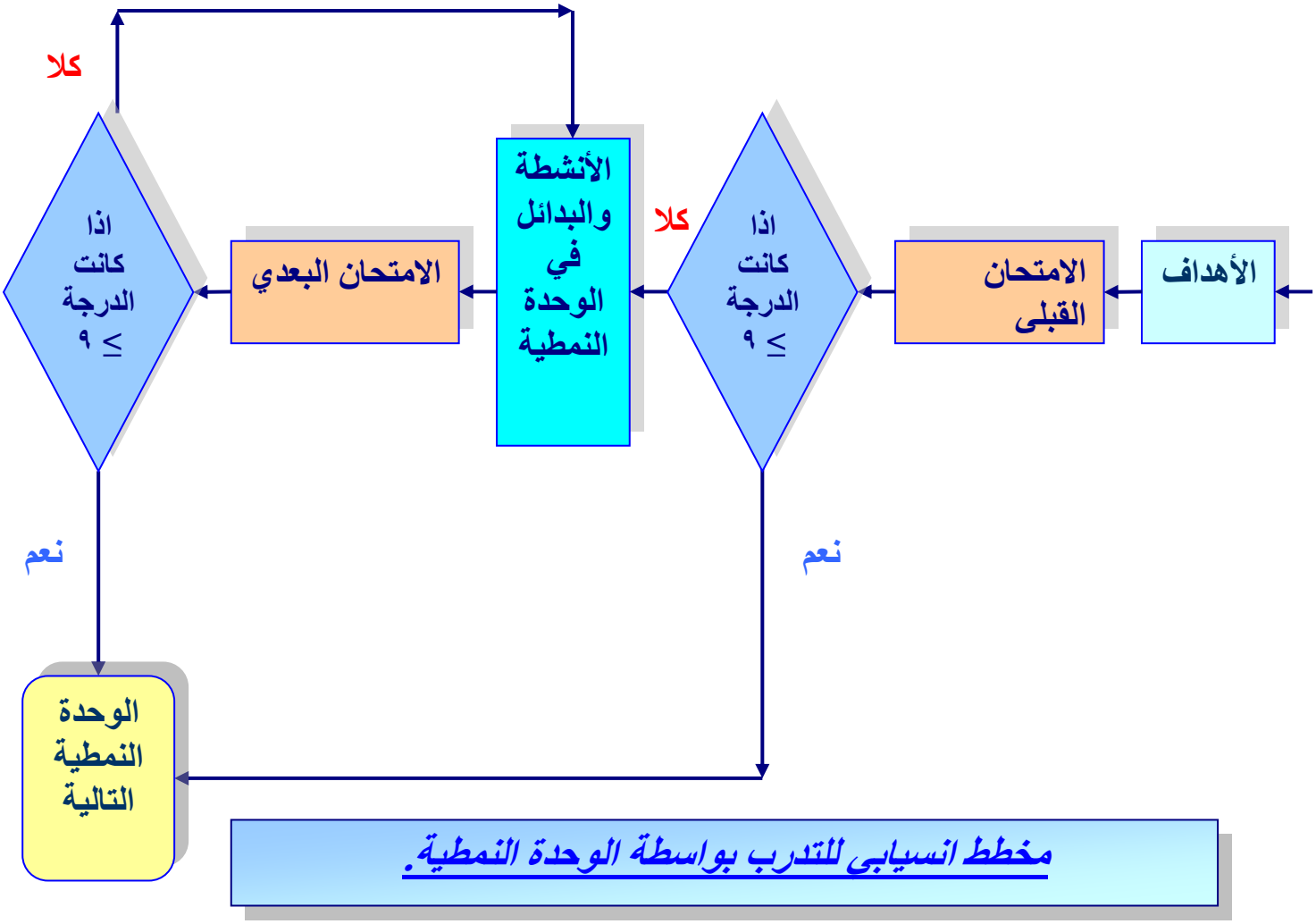
ث- أهداف الوحدة (Objectives):-

سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن:

١. يعرف السعة الحقلية ونقطة الذبول والإشباع.

٢. يتعرف على الماء المتوفر وغير المتوفر.

جـ - المخطط الانسيابي:



٢- الاختبار القبلي (Pre – Test):

ضع دائرة حول الحرف الذي يسبق الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

١- يعرف الري بأنه:
أ- إضافة الماء للتربة فقط.
ب- إضافة الماء للتربة بقصد إمدادها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات .
ج - إضافة الماء للتربة لتأمين المحصول ضد فترات الجفاف القصيرة المدى .
د- إضافة الماء للتربة لتقليل خطورة تصلب القشرة السطحية للتربة .
ذ - إضافة الماء للتربة لتحقيق الأغراض السابقة كلها .

٢- يتميز علم الري بـ:
أ- علم يبحث في مصادر مياه الري وطرق التحكم بها واستغلالها وإيصالها للحقول الزراعية .
ب- علم يبحث في مصادر مياه الجوفية والري .

٣- تتمثل مصادر المياه في الطبيعة بـ:
أ- مياه ساقطة فقط.
ب- مياه سطحية وتحت السطحية .
ج- مياه السقيط والمياه السطحية والجوفية .

٤- تغطي المياه في الطبية من مساحة الكرة الأرضية حوالي:
أ- ٦٠% .
ب- ٧٠% .
ج – ٧٥% .
د – ٧١% .

٥- تتمثل الثروة المائية في العراق ب :
أ- مياه الأمطار فقط .
ب- مياه الأمطار والثلوج .
ج – مياه البحيرات والاهوار والينابيع والآبار .
د – كافة المصادر التي ذكرت سابقا.

٦- تكمن مشكلة الري في العراق :
أ- عدم توفر مياه ري كافية .
ب- سوء ادارة عمليات الري .
ج – عدم توفر مياه ري وسوء ادارة عمليات الري

٧- يتم استخدام الزراعة الاروائية في :
أ- المناطق الجافة فقط.
ب- المناطق الجافة وشبه الجافة.
ج – المناطق الرطبة وشبه الرطبة.
د – كافة المناطق.

٨- يصنف المناطق مناخياً من حيث معدلات سقوط الأمطار :
أ- مناطق جافة، مناطق شبة جافة، مناطق شبه رطبة، مناطق رطبة.

ب- مناطق جافة، مناطق شبة جافة، مناطق شبه رطبة، مناطق رطبة، مناطق أكثر رطوبة، مناطق رطبة جداً.
ج-.مناطق رطبة جداً، مناطق جافة جداً.

٩- خصائص المطار للاستفادة منها يجب أن تكون :
أ- كافية لتعويض النقص الحاصل في المحتوى الرطوبي للتربة في منطقة الجذور.
ب- كافية لنمو النبات ومتقاربة السقوط ولاتزيد معدلات سقوطها عن معدل غيض الماء في التربة .

١٠- معظم الأراضي المروية في الوطن العربي تتركز في المناطق الجافة وشبه الجافة:
أ- لان مناخ الوطن العربي يتصف بقساوته وتغيراته السنوية الكبيرة.
ب- يعتبر نظام الهطول المطري غير مستقر كما إن فعالية الأمطار تعتبر ضعيفة إضافة إلى ارتفاع قيم التبخر.

ملاحظة:

١- لكل سؤال درجة واحدة.

٢- يرجى التحقق من سلامة أجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الاختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة ٩ فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة واذهب لدراسة الوحدة التالية. أما في حالة حصولك على درجة أقل من ٩ فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة.

٣-عرض الوحدة النمطية

منطقة الماء في التربة

هناك منطقتين في التربة :

١. منطقة غير مشبعة (Unsaturated Zone)

وتحتوي على هواء ماء .

– المنطقة الغير المشبعة هي المنطقة الصالحة لزراعة النبات.

– الخط الذي يفصل بين المنطقة المشبعة والمنطقة غير المشبعة يسمى منسوب المياه الجوفية .

– المصدر الأول لوجود الماء في المنطقة الغير مشبعة

- **الأمطار**
- **المياه الجوفية**

– العامل الأساسي لوجود الماء في المنطقة الغير المشبعة هي الخاصية الشعرية .

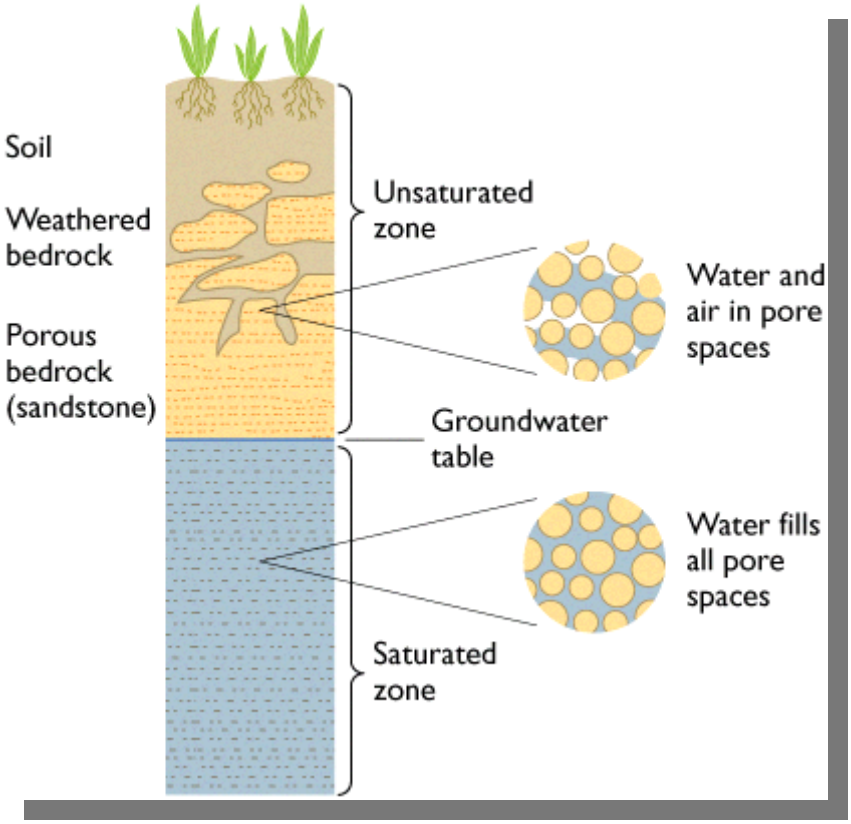
– مجرى الماء في المنطقة الغير المشبعة يكون بطيء متعدد الجهات والقوة المؤثرة عليه هي القوة الشعري.

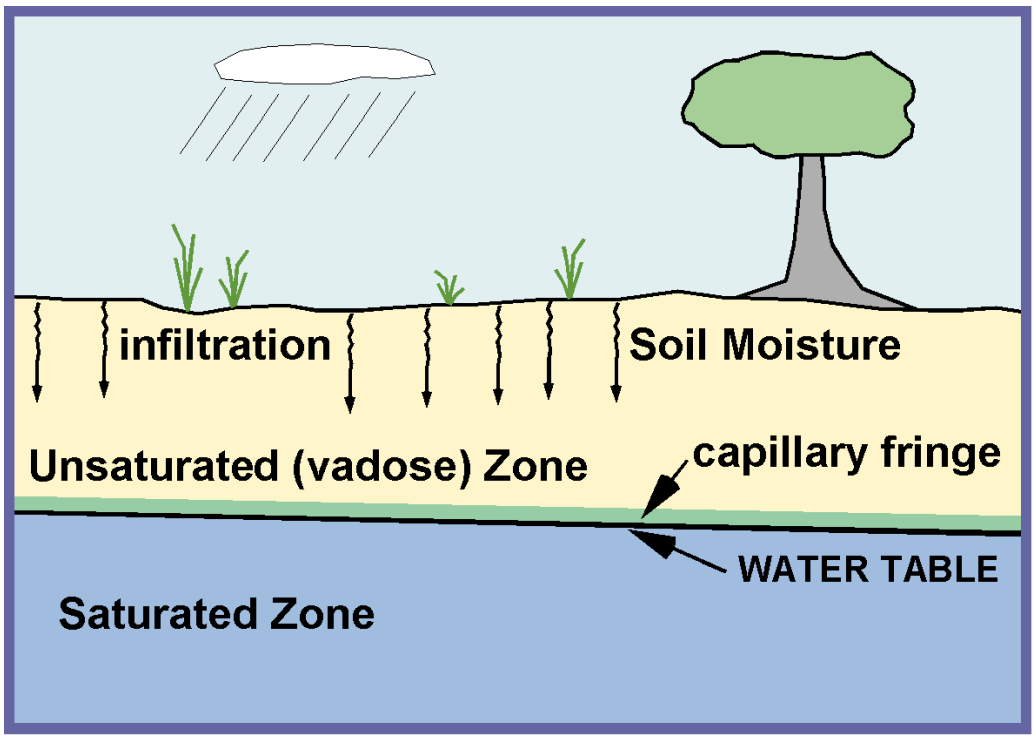
٢. منطقة مشبعة (Saturated Zone)

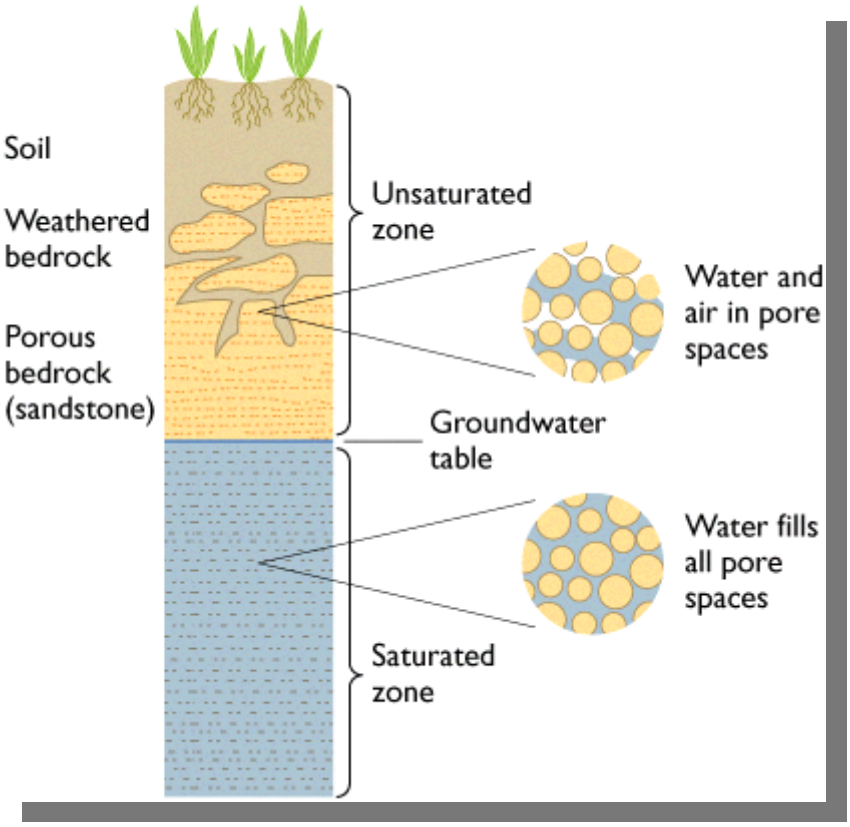
وتحتوي على ماء فقط

(في كل الفراغات لا يوجد سوى الماء)

– مجرى الماء في المنطقة المشبعة يكون لأسفل و القوة المؤثرة عليه هي قوة الجاذبية.


Soil
Weathered bedrock
Porous bedrock (sandstone)
Unsaturated zone
Water and air in pore spaces
Groundwater table
Water fills all pore spaces
Saturated zone


infiltration
Soil Moisture
Unsaturated (vadose) Zone
capillary fringe
WATER TABLE
Saturated Zone



- **السعة الحقلية : FC =(Field capacity)**

هي حالة الرطوبة في حاله وجود بلل كامل وخروج الماء الزائد منها .

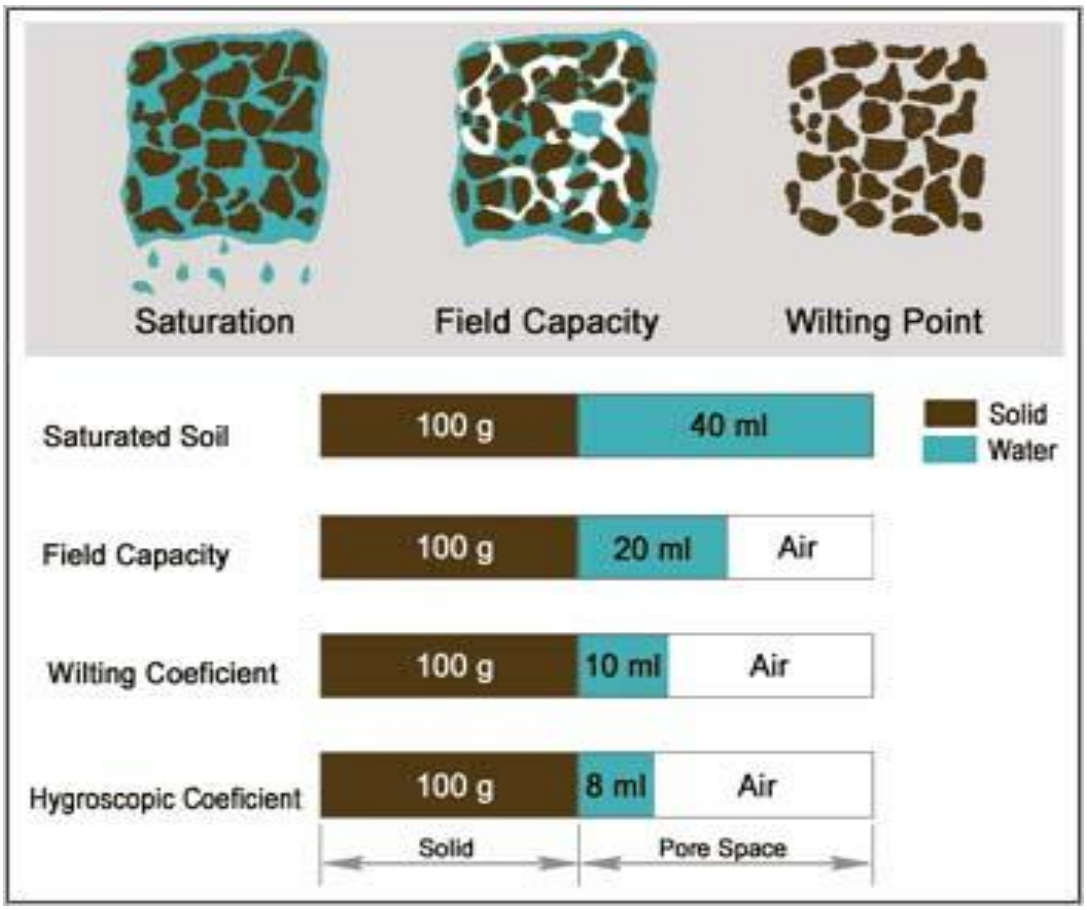
- **نقطة الذبول الدائم : WP =(Wilting point)**

هي حاله الرطوبة عندما يكون الماء المتوفر للنبات غير موجود.

- **الماء المتوفر للنبات:AW = (Available water)**

هو نسبة الماء في التربة المتوفرة الصالحة للنبات .

AW = (FC - WP)

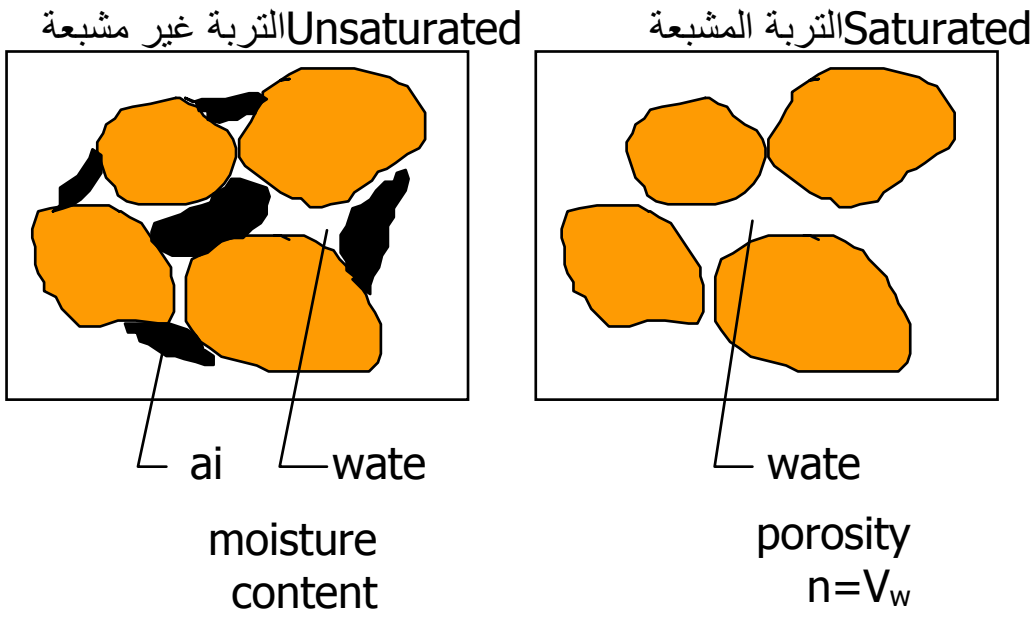


- **المحتوى الرطوبي :** moisture content

هي عبارة عن كمية الماء الموجودة في التربة.

- **المسامية** (Porosity) = ***ليس لها وحدة (نسبة مئوية)***

- ***المحتوى الرطوبي في عينة تربة غير مشبعة*** moisture content ***=ليس لها وحدة (نسبة مئوية)***


التربة غير مشبعةUnsaturated
التربة المشبعةSaturated
ai
wate
wate
moisture
content
porosity
n=Vw

الاحتياجات المائية
(التبخر – نتح)
(المعادلات التجريبية)

المناخ:

يتحكم موقع مصر فى شمال شرق القارة الأفريقية على حافة الصحراء الكبرى فى نوع المناخ السائد بها، وتقع مصر بين خطى عرض ٢٢، ٣٢ درجة شمالا يؤدى لتغير الظروف المناخية من المناخ الحار تحت الاستوائى جنوبا إلى المناخ المعتدل شمالا على ساحل البحر الأبيض المتوسط.

يمكن التعبير عن المناخ فى مصر من خلال ذلك التنافس الواضح بين المناخ ذو الرياح الجافة الساخنة الآتية من الصحراء الكبرى والرياح الشمالية البحرية.ويسود المناخ الحار الجاف القارى معظم شهور السنة، ما عدا فترة الشتاء والتى تسود فيها الرياح الشمالية التى تجلب معها الأمطار.

يتحكم فى مناخ مصر عدة متغيرات مختلفة مثل:

درجة الحرارة ، والرطوبة، كمية الأمطار المتساقطة سنويا والتى لها أهمية كبيرة خاصة عند التغيرات الواضحة فى تلك المعايير وأثرها على النشاط الزراعى.

١- درجة الحرارة

نظرا لموقع مصر الجغرافى فإن متوسط درجة الحرارة السنوية المسجلة يتراوح بين ٢٠ - ٢٥ درجة مئوية . وتظهر الاختلافات الكبيرة فى درجات الحرارة بين الصيف والشتاء بالإضافة للمناطق الساحلية والمناطق الداخلية.

يختلف متوسط درجة الحرارة العظمى المسجلة فى محطات الارصاد الجوية على الساحل من ١٨ - ١٩ درجة مئوية إلى ٣٠ - ٣١ درجة فى يوليو وأغسطس

وفى كل الأحوال فإن متوسط درجة الحرارة الشهرية لا تظهر تلك الاختلافات الواضحة اليومية فى درجات الحرارة فى بعض أوقات السنة فى مصر والتى غالبا ما تظهر فى الربيع وبداية موسم الصيف حيث تسود رياح الخماسين.

٢- معدل سقوط الأمطار والتبخر - نتح

يقل معدل سقوط الأمطار فى مصر ويتركز بطول الساحل الشمالى. ويبدأ موسم الشتاء فى مصر من أكتوبر حتى مايو حيث أن تلك الأمطار تكون خفيفة وعلى هيئة رذاذ. وتستمر فترة سقوط الأمطار عادة من يوم إلى أربعة أيام وكنتيجة لظروف معينة فقد يزداد سقوط الامطار فى فترة معينة إلا أن ذلك يشكل استثناءا من القاعدة. وقد سجلت الأمطار فى يوم ما فى الاسكندرية سقوط نحو ٤٧,٩ مم وفى الجيزة ٥٣,٢ مم.

يبلغ أعلى كمية للأمطار المتساقطة فى موسم الشتاء ١٨٠ مم وسجلت حول الاسكندرية. كما يتساقط على شريط الساحل الشمالى الغربى بين ١٢٠ - ١٥٠ مم. وبالاتجاه شرق الاسكندرية تنخفض كمية الأمطار المتساقطة سنويا إلى ٨٠ مم فى بورسعيد. أما فى المناطق الداخلية فإن هناك انخفاضا حادا يصل إلى ٥٠ مم فى منطقة وسط الدلتا. هذا وبمرور الوقت فقد وصل اجمالى كمية الأمطار المتساقطة على القاهرة فى الموسم إلى ٢٢ مم ويستمر الانخفاض فى كمية الامطار المتساقطة بالاتجاه جنوبا فى المناطق الداخلية لتصل عند أسوان إلى ١ مم .

٣- مفهوم الرطوبة Humidity

لكمية بخار الماء في الهواء أهمية كبيرة بالنسبة لكافة الظاهرات المائية ،، وتزداد قدرة الهواء على حمولته من بخار الماء بازدياد درجة حرارته .
ومصدر بخار الماء الجوي يتمثل في المسطحات المائية ، والنباتات ،وسطح الارض الرطب ، حيث تتبخر المياه من تلك الاجسام وينتقل البخار الى الجو .

ويعبر عن حالة الجو الرطوبية بعدة أشكال (*):

١ـ ضغط بخار الماء ؛ ويعبر عن قوة الضغط التي يمارسها بخار الماء الموجود في الجو على وحدة المساحة ، ويصل بخار الماء أقصاه عندما يكون الهواء مشبعا ببخار الماء (ضغط بخار الماء المشبع).

٢ـ نقص الاشباع ؛ وهو مقدار الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع وبين ضغط بخار الماء الموجود فعلا في الهواء .

٣ـ الرطوبة النسبية ؛ هي النسبة بين كتلة بخار الماء الموجود في حجم من الهواء الى كتلة بخار الماء اللازمة لتشبع حجم الهواء هذا عند درجة الحرارة نفسها .

الرطوبة النسبية =(ضغط بخار الماء الفعلي/ ضغط بخار الماء المشبع)*١٠٠

طرق تقدير البخر– نتح بالمعادلات التجريبية .

أ) معادلات تعتمد على عوامل مفردة.

ب) معادلات تعتمد على عوامل مزدوجة.

جـ) معادلات تعتمد على عوامل متعددة.

أ) معادلات تعتمد على عوامل مفردة

١ – معادلة ثورن ثوايت Thorn thwaite method

ويتم من خلالها حساب الاستهلاك المائى الكامن Potential Evapotranspiration بالاعتماد على عامل واحد وهو درجة الحرارة عن طريق المعادلة الآتية :-

$$ETp = -1.6(10T / I)^{a}$$

حيث :-

T = المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة (درجة مئوية)

I = دليل الحرارة السنوى وهو عبارة عن جميع قيم (i) الشهرية ولمدة اثنى عشر شهراً حيث

$$i = (T/5)^{1.514}$$

= معامل يتباين من موقع الى اخر طبقاً لطبيعة المناخ ويمكن حسابه من :-

$$a = 6.75\,X\,10^{-7} * I^{3} - 7.71\,X\,10^{-5} * I^{2} + 1.79\,X\,10^{-2} * I + 0.49239$$

– معادلة لورى – جونسون Lowry – Johnson

تستخدم لتقدير الاستهلاك المائى للمساحات الشاسعة من الاراضى للفترات السنوية الطويلة نتيجة وجود علاقة طردية بين الحرارة المؤثرة effective heat والاستهلاك المائى.

$$Et = 0.8 + 0.156\ F$$

حيث أن :-

Et : الاستهلاك المائى (بالقدم)

F : الحرارة المؤثرة بالالف يوم – درجة حرارة فهو نهايتية

ب) معادلات تعتمد على عوامل مزدوجة.

١) – معادلة بلانى – كردل Blany – Criddle method

حيث تعتمد هذه الطريقة على العلاقة الثنائية بين متوسط درجة حرارة الهواء والنسبة المئوية لعدد ساعات النهار وعلاقة ذلك بالاستهلاك المائى للمحصول.

$$Et = 0.457\,k \sum p\,(t + 17.8)$$

حيث :-

Et = الاستهلاك المائى خلال فترة نمو المحصول
(بالملم / يوم اشهر معين)

K = معامل خاص بالمحصول حيث ان

P = عدد الساعات المضيئة خلال الشهر المحدد / عدد الساعات المضيئة خلال العام × ١٠٠

) – معادلة جنسين هيس Jensen and Haise

وتستخدم لتقدير الاستهلاك المائى الكامن بالاعتماد على العلاقة الثنائية بين الاشعاع ذو الموجة القصيرة ودرجة حرارة الهواء.

$$Etp = (0.025\,T + 0.08)\frac{Hsh}{59}$$

حيث أن :-

Etp = الاستهلاك المائى الكامن (مم/يوم).

Hsh = الاشعاع ذو الموجة القصيرة القادم (كالورى / سم / يوم).

T = درجة حرارة الهواء (مئوى).

) معادلة Hargreaves

تستخدم معادلة Hargreaves فى تقدير ETo عند عدم توافر أى من بيانات الإشعاع الشمسى او الرطوبة النسبية وتقدر كالتالى

$$ET_o = 0.0023(T_{mean} + 17.8)\,(T_{\max} - T_{\min})^{0.5}\,R_a \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث :-

ET0 = البخر نتح القياسى mm day-1

Tmean= درجة حرارة الهواء المتوسط C 0

Tmax = اقصى درجة حرارة للهواء C 0

Tmin = اقل درجة حرارة للهواء C 0

Ra = مقدار الاشعاع الخارج من الارض M J m-2 day

جـ) معادلات تعتمد على عوامل متعددة.

معادلات بنمان

تم اعتماد معادلة بنمان مونتيث المعدلة (معادلة ٦) (FAO (Penman Monteith (Allen et al., 1998)) في قياس التبخر نتح المرجعي وبالاعتماد على برنامج Cropwat (Smith, 1992).
نستطيع تقدير الاستهلاك المائي للمحصول.

معادلات بنمان مونتيث المعدلة Penman Monteith

طريقة معادلة Penman-Montenith أقرت فى عام ١٩٩٠ من منظمة الأغذية التابعة للأمم المتحدة FAO كطريقة قياسية فى حساب بخر – نتح المرجعى وكذلك طريقة حساب المعاملات داخل المعادلة

وقد اعتبرت طريقة معادلة Penman-Montenithطريقة قياسية لاستخدامها قيم حقيقية لاستهلاك المحصول المرجعى وهو العشب فى مناطق متعددة فى العالم، ومن ناحية اخرى يوصى باستخدام هذه الطريقة فى مدى معين من البيانات المناخية الحاجة لاستخدام طرق حسابية أخرى ووضع أسس ثابته وواضحة ومقبولة كونياً احساب الاحتياجات المائية للمحصول. وتستخدم هذه الطريقة البيانات المناخية القياسية والتى قياسها بسهولة أو استنتاجها من القياسات الشائعة وقد عممت طريقة الحساب البيانات المتاحة ومدة الحسابات وكذلك هناك طرق لاستنتاج بيانات المناخ المفقودة. وقد اخذ فى الاعتبار تظليل المحصول والمقاومة الهوائية عند حساب معامل المحصول Kc ويعتبر هذا المعامل هو تجميع للاختلافات الطبيعية والفسيولوجية بين المحاصيل المختلفة هناك طريقتان لإيجاد تبخر- نتح المحصول من تبخر – نتح المرجعي، احدها دمج العلاقة بين تبخر- نتح المحصول وتبخر – نتح المرجعى فى معامل واحد وهو Kc والثانية هو تقسيم المعامل إلى معامل التبخر Ke ومعامل النتح Keb ويعتمد اختيار طريقة حساب معامل المحصول على الغرض من الحساب ومدة الحساب (مدة التقدير)، وهناك بعض الطرق ضبط معامل المحصول والمستنتجة من الظروف القياسية.

خلال الخمسون سنة ماضية تم تطوير عدد كبير من الطرق التجريبية لتقدير التبخر – نتح من متغيرات المناخ. وعادة تخضع تلك الطرق لمعايرة محلية دقيقة وتصبح محدودة التطبيق فى ظروف وغالباً فلا احتياج لبيانات التبخر – نتح على فترات قصيرة فى تخطيط المشاريع الزراعية وجدولة الري. ولهذا أصدرت منظمة الزراعية والأغذية التابعة لمنظمة الأمم المتحدة FAO نشرة رقم ٢٤ والتى تخدم المستخدمين باختلاف البيانات المتوفرة لديهم وقد أوصت بأربعة طرق لحساب التبخر – نتح المرجعية وهى: طريقة بلانى – كديدل Blaney-Criddle ، والأشعاع Radiation بنمان المعدلة Modified Penman وطريقة وعاء البخر Pan Evaporation

وأعطت طريقة بنمان المعدلة أقل خطأ باستخدام محصول العشب كمحصول مرجعى، ومن المتوقع ان تعطى طريقة وعاء التبخر نتائج محلية جيدة معتمدة على موقع الوعاء.
ويوصى باستخدام طريقة الإشعاع فى حالة المساحات التى يتوفر بها قياسات درجة الحرارة، وسطوح الشمس، والغيوم او الاشعاع ولاتتوفر قياسات الرطوبة وسرعة الرياح.
وأخيراً فإن توصيات تلك النشرة باستخدام طريقة بلانى – كريدل فى المساحات المتوفر بها بيانات درجة الحرارة فقط. وهذه الطرق جميعها تستخدم لتقدير البخر – نتح المرجعى على فترة زمنية عشرة أيام أو شهرية ولا تستخدم فى التقدير اليومى أو كل ساعة فطريقة بلانى – كريدل تستخدم للتقديرات الشهرية أو مدة اكبر من ذلك، وطريقة وعاء التبخر يمكن استخدامها للتقدير كل ١٠ ايام أو اكثر. وبعض الدراسات الحديثة أظهرت الضعف فى استخدام تلك الطرق وحيث أن نتائج الأبحاث اكدت على تأثير المكان وظروف القياس فأصبح من الواضح ان الطريقة المعروقة لا تسلك نفس السلوك فى أماكن اخرى فى العالم.
وجد أن الأنحرافات بين القيم المحسوبة والقيم المشاهدة غالباً أعلى فى طريقة بنمان المعادلة وتصل الزيادة فى التقدير إلى حوالى ٢٠% لظروف التبخر السيئة

وأوضحت دراسات متعددة حديثة كيفية تعديل الطريقة المتبعة فى نشرة FAO رقم ٢٤ لملائمة الظروف المختلفة وكانت خلاصة تلك الأبحاث فى النقاط التالية:

طريقة بنمان تحتاج لمعايرة محلية لدالة الرياح لتحقق نتائج أكثر رضا.

طريقة الإشعاع تعطى نتائج جيدة فى الأجواء الرطبة حيث يقل تأثير مكون الأبيروديناميك (Acerodynamic) ولكن فى الأجواء القاحلة تعطى نتائج اقل من المتوقع للبخر-نتح.

طرق درجات الحرارة مازالت تجريبية وتحتاج معايرة محلية لتعطى نتائج افضل الاستثناء طريقة (Hargreaves, 1985) فيمكن استخدامها عالمياً بصورة افضل.

أظهرت طرق وعاء البخر القصور فى التنبؤ بقيم بخر – نتح المحصول من بخر سطح مائى مكشوف. فهذه الطرق تعتمد على ظروف التشغيل والمحددات المناخية فى المنطقة.

أثبتت طريقة بنمان – مونتيث Penman-Monteith approach الدقة النسبية فى الاجواء الرطبة والقاحلة على السواء.

ومن هنا ظهرت الحاجة لاستنباط صيغة قياسية لحساب البخر – نتح المرجعى. وقد اتفق على أن طريقة Penman-Monteith approach هى الطريقة القياسية والتى اثبتت قابليتها للتطبيق مدى واسع من الأماكن والظروف الجوية وكذلك للتقدير على الفترات الصغيرة ولايوصى باستخدام أى من الطرق الاخرى.

صياغة معادلة بنمان – مونتيث

Formulation of The Penman-Monteith approach

جمع بنمان ١٩٤٨ طريقتى اتزان الطاقة وانتقال الكتلة لتكوين معادلة لحساب البخر من سطح مائى مكشوف باستخدام النتائج المناخية لسطوح الشمس، درجة الحرارة ، الرطوبة وسرعة الرياح وبعد ذلك قام عدد من الباحثين بتطوير تلك الطريقة لتستخدم من الأسطح النباتية بإدخال عوامل المقاومة. وميز مصطلح المقاومة بين المقاومة الإيروديناميكية وعوامل المقاومة السطحية وعادة ماتجمع عوامل المقاومة السطحية فى معامل واحد والذى يعمل على التوالى مع المقاومة الإيروديناميكية. وتعبر مقاومة السطح rs مقاومة سريان البخار خلال فتحات ورق النبات وبين الأوراق وسطح التربة. أما المقاومة الإيروديناميكية ra فتصف مقاومة النبات لسريان الهواء على سطح النبات، وعلى الرغم من تعقيد وصف عملية التبادل خلال الطبقات النامية بعاملى المقاومة لكن يمكن الحصول على ارتباط جيد بين معدلات البخر – نتح المحسوبة والمقاسة ويمكن تلخيص تلك العوامل فى الشكل التوضيحي رقم (٣).

ويمكن كتابة معادلة بنمان – مونتيث

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \dfrac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma\left(1 + \dfrac{r_s}{r_a}\right)}$$

وتشمل معادلة بنمان – مونتيث جميع العوامل التى تتحكم فى تبادل الطاقة وتدفق الحرارة الكامنة (البخر – نتح) من غطاء نباتى ممتد. معظم هذه العوامل يمكن حسابها بسهولة من بيانات المناخ ويمكن استخدام هذه المعادلة بصورة مباشرة لحساب بخر – نتح أى محصول حيث ان المقاومة السطحية والإيروديناميكية هى صفى خاصة بالمحصول.

المقاومة الايروديناميكية Aerodynamic resistance (ra)

يتم إيجاد انتقال الحرارة والبخار من سطح البخر الى الهواء اعلى النبات من المعادلة التالية

$$r_a = \frac{\ln\left[\frac{z_m - d}{z_{om}}\right]\ln\left[\frac{z_h - d}{z_{oh}}\right]}{k^2 u_z}$$

هذه المعادلة مقيدة بظروف الثبات حيث تتبع درجة الحرارة، الضغط الجوى وسرعة الرياح الظروف الإديباتيكية (لايوجد تبادل حرارى). وتطبيق هذه المعادلة على الفترات القصيرة (ساعة أو اقل) قد يحتاج الى تصحيح لمعالجة الثبات. ولكن عند التنبؤ بالبخر – نتح المرجعى فى سطح جيد الابتلال فيكون التبادل الحرارى قليل مما يعنى عدم الحاجة لمعامل تصحيح الثبات وقامت عدة دراسات بتحديد طبيعة وشكل الرياح حول النبات وقد بينت تلك الدراسات اهمية ارتفاع الإزاحة المبدئى وكذلك ارتفاع الخشونة فى حالة كون السطح مغطى بالنبات وتعتمد تلك العوامل على تركيبة النبات وارتفاعه ولسهولة إيجاد تلك العوامل لمحصول العشب فقد تم اتخاذه كمحصول مرجعى.

مقاومة السطح الكلية (Bulk) surface resistance (rs)

تصف مقاومة السطح الكلية مقاومة سريان البخار خلال النبات وبخر سطح التربة وحيث أن النباتات لا تغطى سطح التربة كاملاً فإن معامل المقاومة يشمل بالتأكيد البخر من سطح التربة. إذا كان النبات لايقوم بعملية النتح عند معدل الجهد فتعتمد المقاومة على حالة ماء النبات. وقد تم قبول التقريب التالى لهذه العلاقة (مقاومة السطح الكلية) للغطاء النباتى الكثيف.

$$r_s = \frac{r_l}{LAI_{active}}$$

دليل مساحة الورقة Leaf Area Index (LAI) هى كمية لابعدية تعبر عن المساحة العلوية للورقة لكل وحدة مساحة من التربة اسفلها ويعبر عنها م٢ مساحة ورقة لكل م٢ من المساحة الأرضية. ويعبر دليل مساحة الورقة عن مساحة الورقة التى تشارك فى انتقال الحرارة والبخار. وتختلف قيم هذه الدليل باختلاف المحصول ولكن قيم بين ٣ : ٥ هى الاكثر شيوعاً للمحاصيل الناضجة. وتتغير قيم هذا الدليل للمحصول الواحد اثناء النمو كما هو موضح فى الشكل رقم (٤) لمحصول الذرة كمثال. ويعتمد ايضاً بالإضافة إلى نوع المحصول على كثافته.

ومقاومة الفتحات هى متوسط مقاومة الأوراق منفردة وهى خاصية للمحصول وتختلف من نوع لاخر، وهى عادة تزداد بزيادة عمر النبات إلى النضج التام وهناك نقص فى المعلومات الموحدة عن تغير هذه المقاومة مع الزمن لمختلف المحاصيل والمعلومات الموجودة فى الأدبيات تعالج هذه النقطة من الناحية الفسيولوجية. تتأثر مقاومة الفتحات بالظروف الجوية وتيسر الماء ويختلف تأثرها بهذه العوامل من محصول لاخر وأن كانت تزداد بافجهاد المائى للمحصول أو التيسر المحدود لماء التربة. وأظهرت بعض الدراسات أن مقاومة الفتحات تتأثر نوعاً بشدة الإشعاع، درجة الحرارة وفرق ضغط البخار.

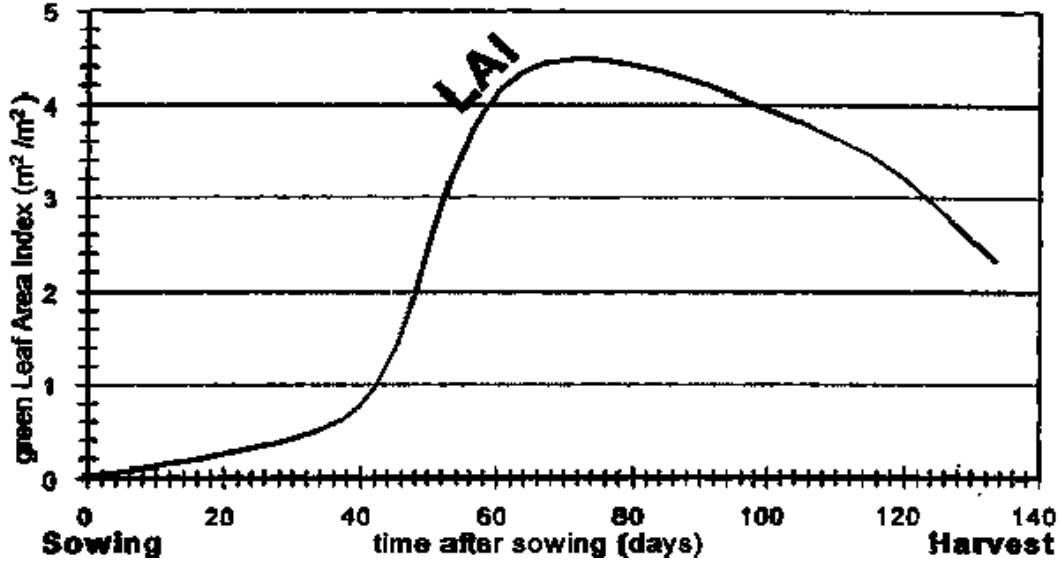
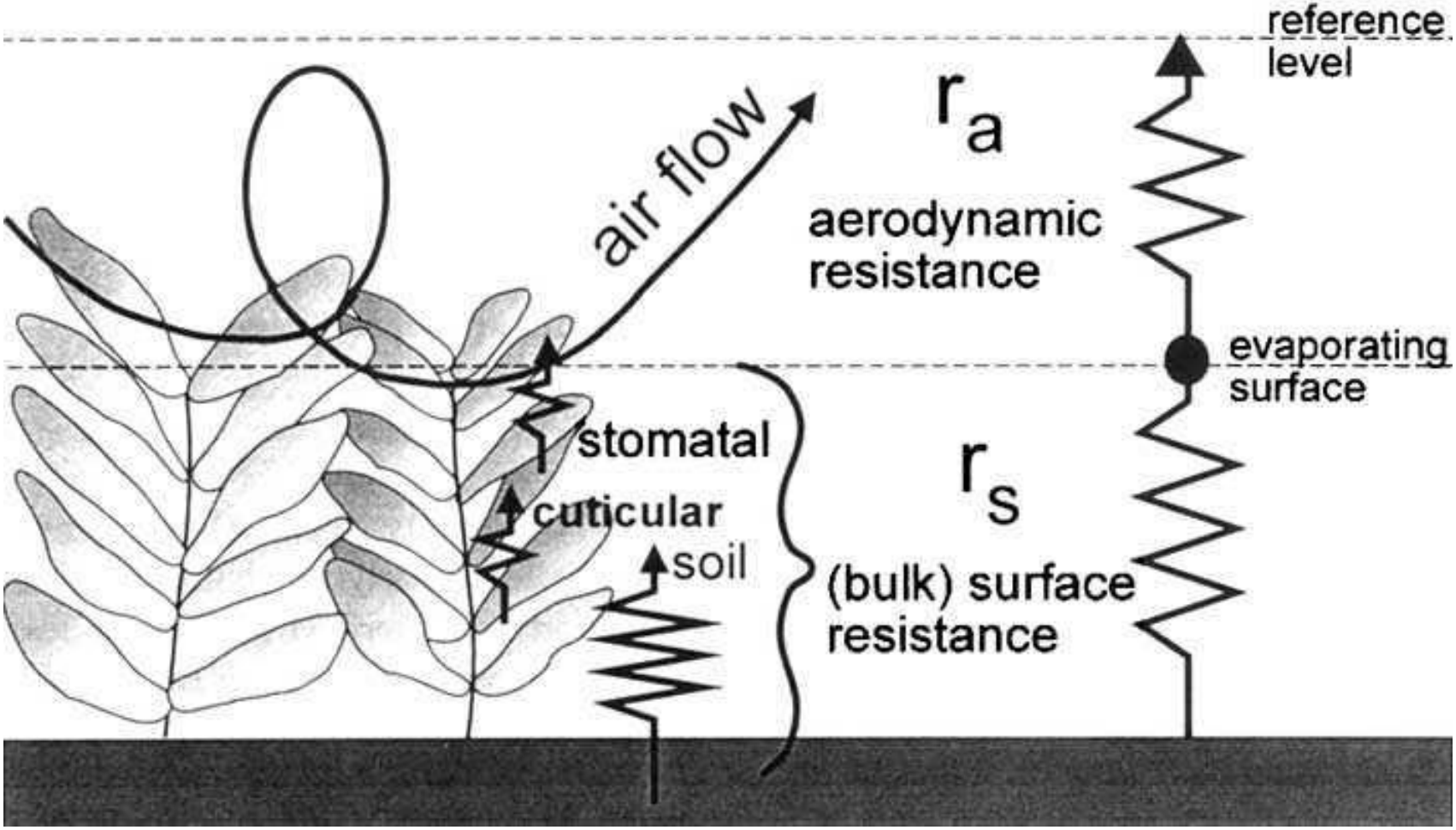


FIGURE 4. Typical presentation of the variation in the active (green) Leaf Area Index over the growing season for a maize crop

FAO Penman-Monteith Equation

Simplified representation of the surface and aerodynamics for water vapor flow.



السطح المرجعى Reference Surface

ظهر الاحتياج لتعريف سطح مرجعى لتحاشى تعريف معاملات بخر منفصلة لكل محصول ولكل مرحلة نمو. فمعدلات البخر – نتح للمحاصيل المختلف ترتبط بالبخر – نتح من سطح مرجعىETo بمعامل المحصول. وقد استخدم سطح مائى مكشوف كسطح مرجعى ولكن للاختلافات فى الديناميكا الهوائية، التحكم النباتى وخصائص الإشعاع كان هناك تحدي كبير فى إقامة علاقات بين البخر – نتح وقياسات بخر الماء الحر. وربط البخر – نتح المرجعى بمحصول معين يجسد العلاقات البيولوجية والعمليات الطبيعية للبخر – نتح من سطح المحصول. ومحصول العشب او البرسيم الحجازي يعتبر محصول جيد وذلك لصفاته الإيروديناميكية والخصائص السطحية وايضاً قبوله على نطاق واسع كسطح مرجعى. وحيث أن مقاومة انتشار البخار تعتمد بصورة كبيرة على ارتفاع النبات، وتغطية الأرض، دليل مساحة الورق، وظروف رطوبة التربة فيجب وضع تعريف ثابت ومحدد للمحصول المرجعى. فالتغير فى ارتفاع المحصول يؤدى الى اختلافات فى الخشونة ودليل مساحة الأوراق مما يترتب عليه تغير ملحوظ فى المقاومة الإيروديناميكية بمرور الزمن، بالإضافة الى تأثير الإجهاد المائى ودرجة تغطية الأرض على المقاومة وعلى معامل الانعكاسAlbedo . ولتجنب مشاكل المعايرة الموضعية والتى تتطلب جهداً ومالا للاجراء الدراسات اللازمة فقد تم افتراض محصول مرجعى (عشب) .

هناك عدة صعوبات فى اتخاذ العشب كمحصول مرجعى ناتجة من العشب من الناحية المورفولوجية يؤثر بصورة معنوية العشب اثناء الموسم الدافىء عنه فى الموسم البارد. ففى الموسم البارد فغن درجة التحكم فى فتحات خروج البخار من الأوراق تكون اقل يؤدى هذا الى ارتفاع معدل البخر – نتح وقد توجد صعوبات فى نمو العشب اثناء الموسم البارد فى المناطق القاحلة او الاستوائية. ونتيجة لدراسات عديدة فقد تم الاتفاق على تعريف السطح المرجعى بانه " سطح لمحصول افتراضى بارتفاع ٠,١٢ متر ومقاومة سطحية ٧٠ ث.م ـ١ وقيمة Albedo تساوى ٠,٢٣ ويشابة هذا سطح ممتد لعشب بارتفاع منتظم، جيد النمو، ذو تغطية كاملة للأرض وبه ماء كاف. وترجع الحاجة إلى كون السطح ممتد ومنتظم هو فرضية أن جميع التدفقات ذات اتجاه واحد

معادلة بنمان – مونتيث لمنظمة الأغذية والزراعة

FAO Penman – Monteith Equation

اتفق العلماء على تبنى ضم معادلة بنمان – مونتيث مع تعريف السطح المرجعى للبخر – نتح وسميت معادلة بنمان – مونتيث لمنظمة الغذية والزراعةFAO Penman – Monteith Equation وكذلك طرق حساب المعاملات المختلفة.

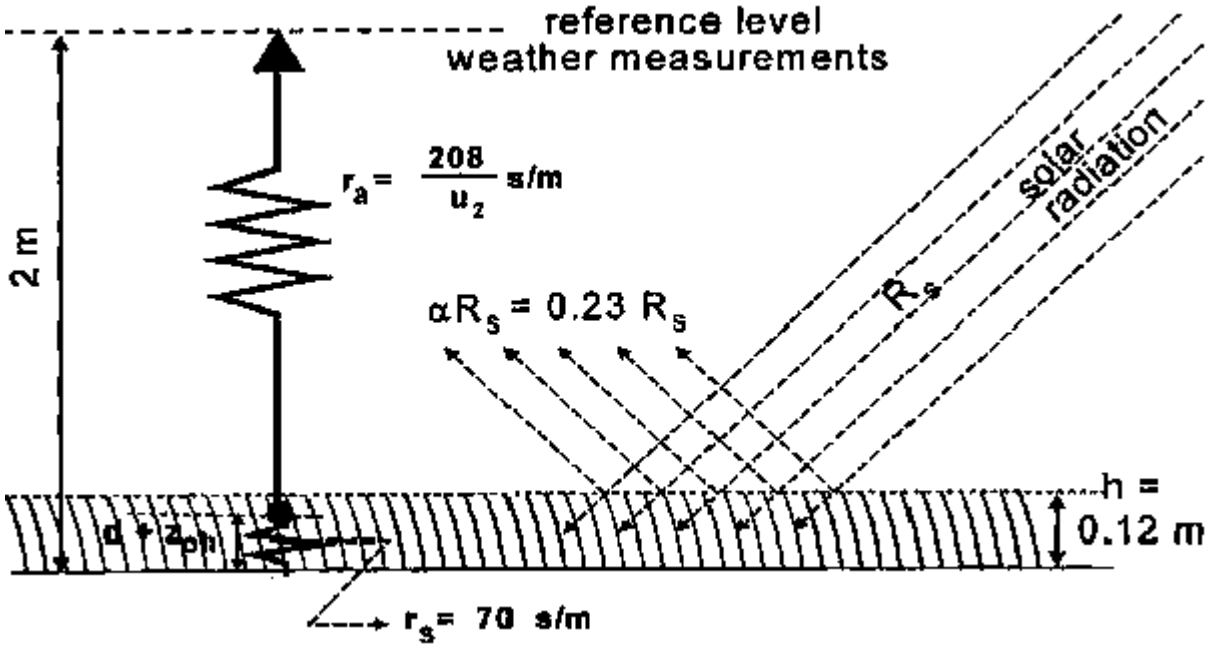


FIGURE 5. Characteristics of the hypothetical reference crop

وبأستخدام تعريف السطح المرجعى ومعادلة المقاومة الإيروديناميكية ومعادلة المقاومة السطحية الكلية يمكن استنتاج المعادلة التالية.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

= التبخرنتح المرجعي للمحصول (مم/يوم)

Rn = صافي الاشعاع عند سطح المحصول (ميكا جول/م٢/يوم)

G = تدفق حرارة التربة (ميكا جول/م٢/يوم)

T = متوسط درجة الحرارة (oم)

U2 = سرعة الريح مقاسة عند ارتفاع ٢ م (م/ثانية)

ea-ed = النقص في ضغط البخار (كيلو باسكال)

Δ = انحدار منحنى ضغط البخار (كيلو باسكال/oم)

γ = ثابت الرطوبة (كيلو باسكال/oم)

٩٠٠ = عامل تحويل

تستخدم هذه المعادلة البيانات المناخية للإشعاع الشمسى، درجة حرارة الهواء، الرطوبة وسرعة الرياح ولسلامة الحسابات فإن القياسات يجب أن تكون على ارتفاع ٢ متر من السطح الممتد للعشب ذو الماء الكاف.

البيانات Data

تتطلب معادلة بنمان – مونتيث لمنظمة الأغذية بيانات يومية، أسبوعية وشهرية لدرجات الحرارة، الإشعاع وسرعة الرياح فى موقع القياس. ومن الضرورى ضبط وحدات القياس وتستخدم الوحدات العالمية وعند استخدام اجهزة تعمل بوحدات مختلفة يجب استخدام معاملات التحويل.

الموقع Location

يجب تعريف المكان بارتفاعه عن سطح البحر (م) وخط العرض بالدرجات شمالاً أو جنوباً وهذه البيانات مطلوبة لضبط بعض معاملات المناخ لحساب الإشعاع الخارجى (Ra) وفى بعض الأحيان ساعات السطوح (N). ويعبر عن خط العرض عند الحسابات بالحساب الزاوي (الدرجات العشرية × 180 / Л). والقيم الموجبة تستخدم لنصف الكرة الأرضية الشمالي والقيم السالبة للنصف الجنوبي.

درجة الحرارة Temperature

يستخدم متوسط درجات الحرارة العظمى ومتوسط درجات الحرارة الدنيا اليومية بالدرجات المئوية فى المعادلة. وعند توافر المتوسط اليومى فقط يؤدى هذا لتقدير اقل لـET0 وذلك لكون علاقة درجة الحرارة وضغط البخار المشبع غير خطية. فبأستخدام القيمة المتوسطة لدرجة الحرارة يعطى قيمة اقل لضغط البخار المشبع es ومن ثم الفرق فى ضغط البخار(es–ea) فيؤدى إلى تقدير أقل للبخر – نتح المرجعى.

الرطوبة Humidity

المطلوب المتوسط اليومى لضغط البخار الحقيقى ea بوحدات كيلوبسكال. وعند عدم توفر هذه القيمة (أو الصعوبة فى القياس) يمكن اشتقاقها من الطوبة النسبية العظمى والدنيا (%) والبيانات السيكروميترية (درجة الحرارة الجافة والرطبة بالدرجات المئوية) أو درجة حرارة نقطة الندى.

الإشعاع Radiation

المطلوب متوسط صافى الإشعاع معبراً بوحدات ميجاجول. م -٢ . يوم – ١ . وعادة تلك البيانات غير متوفرة ولكن يمكن اشتقاقها متوسط إشعاع الموجات القصيرة والمقاسة بجهاز البيارنومتر أو من المتوسط اليومى لسطوح الشمس (ساعة يوم – ١).

سرعة الرياح Wind Speed

المطلوب المتوسط اليومى لسرعة الرياح مقاسة بالمتر. ثانية – ١ عند ارتفاع ٢ متر من مستوى الأرض. ومن الضرورى تعريف ارتفاع القياس لما له من أهمية عند الحسابات فيستخدم معامل تصحيح للأرتفاع القياسى.

وقد قامت منظمة الفاو (FAO) لتطوير برنامج للحاسب الآلي يتم من خلاله حساب البحرنتخ القياسي(ETO) وفيما يلي تعريف للبرنامج وكيفية حساب ETOباستخدامه وسمي هذا البرنامج (Cropwat).
لقد أصدرت الفاو(FAO) عدة إصدارات من برنامج الـ cropwat والتي منها ما يعمل تحت نظام التشغيل windows, Doc والـLinux أيضاً وهو البرنامج يعمل على أو يقوم بعده وظائف وهي :-
البحرنتخ القياسي ETO إستنداداً على معادلة Penman Monteith
إنتاج منحنيات خطية لكل من درجات الحرارة أو الأمطار أو الرطوبة النسبية وساعات سطوع الشمس والتي يقوم المستخدم بإدخالها في صورة تقارير نصية.

ويتم ذلك عن طريق الآتي:

الشريط الرئيسي للبرنامج وذلك عن طريق الضغط على (Input date) والذي عند الضغط عليه تتدلي من القائمة الفرعية وبها مدخلات هذا البرنامج أو العناصر التي يتم إدخالها للبرنامج وهي:

بيانات المناخية(درجة حرارة صغري وعظمي – سرعة الرياح – رطوبة نسبية – عدد ساعات سطوع الشمس وخط الطول ودائرة العرض والارتفاع عن سطح البحر)

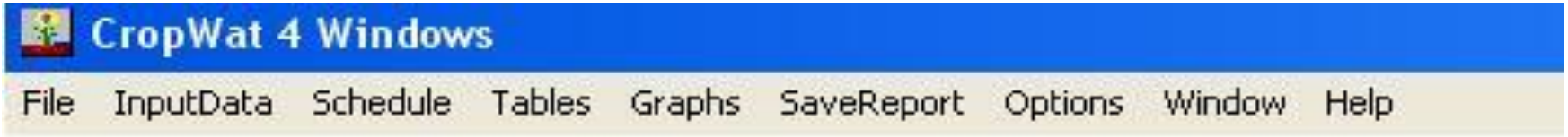
بيانات البخر تتم لكل شهر من شهور السنة

الأمطار (معدل سقوط الأمطار) الكلي (مم/يوم)

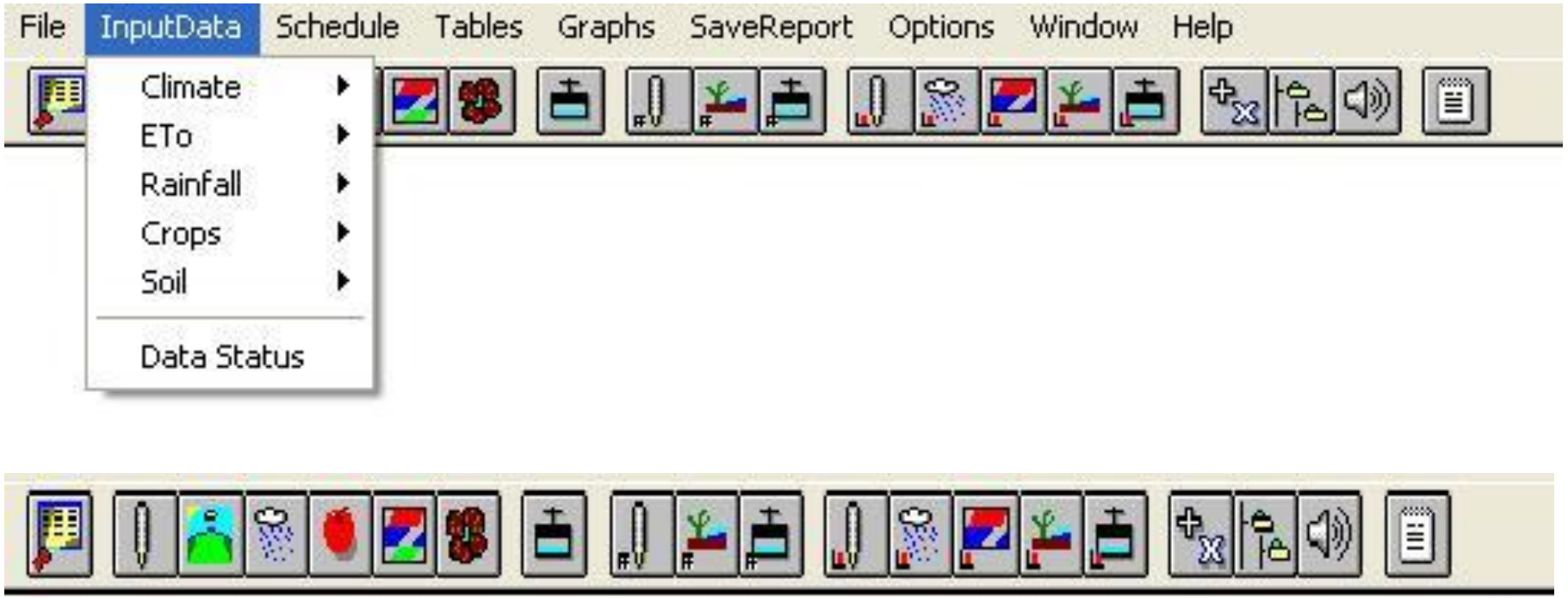
معامل المحصول لمراحل النمو(قيمة معامل المحصول لمراحل النمو المختلفة)

نمط المحصول (وحدة الزراعة – وإن كان متعدد أو واحد فقط).

التربة : (المحتوي الرطوبي – والبوصن – أقصي معدل لنفاذية الأمطار).



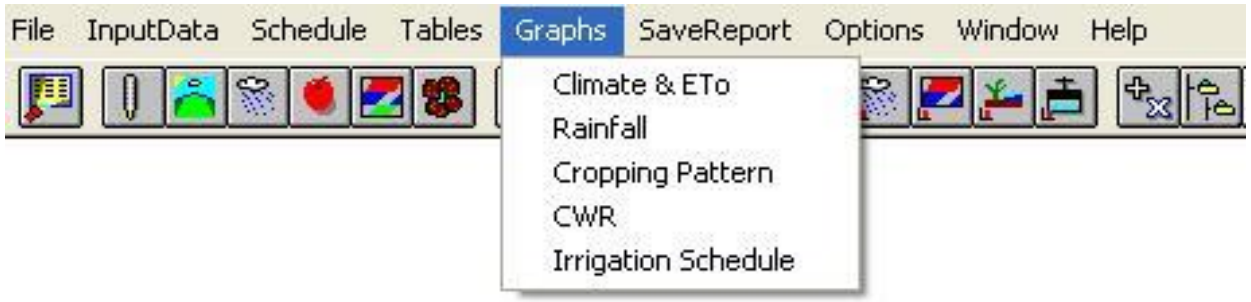
عن طريق الشريط الفرعي والذي يضم عدة أيكونات (تعريف) كل منها تحتوي على ما سبق ولكن يظهر مباشرة عند الضغط عليها وهي تضم
(المناخ – الأمطار – نمط النبات أو المحصول – التبخر نتح – التربة).



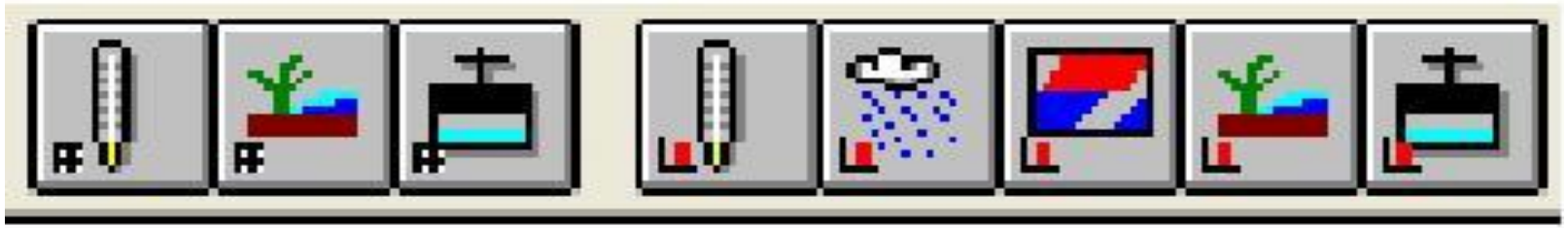
الضغط على الشكل المراد إظهار النتائج به من القائمة الرئيسية

١- Tables جداول

٢- Graphs منحنيات أو أشكال خطية.

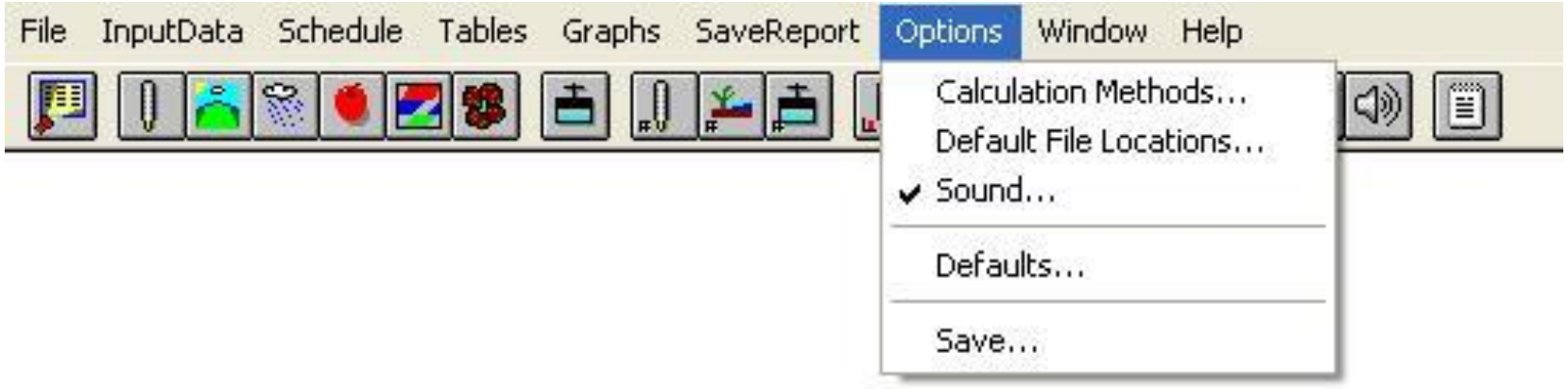


أو عن طريق الشريط الفرعي والضغط على الأيكونات المحددة لهذه النتائج وهي تظهر بالشكل التالي



جـــداول منحنـــيـــات

ومن ثم يتم تحديد مواصفات العمليات عن طريق الضغط على (options) أو اختيارات في الشريط الأساسي وتحتوي على(طريقة الحساب – ومكان الملفات الأساسية – وخصائص الصوت)



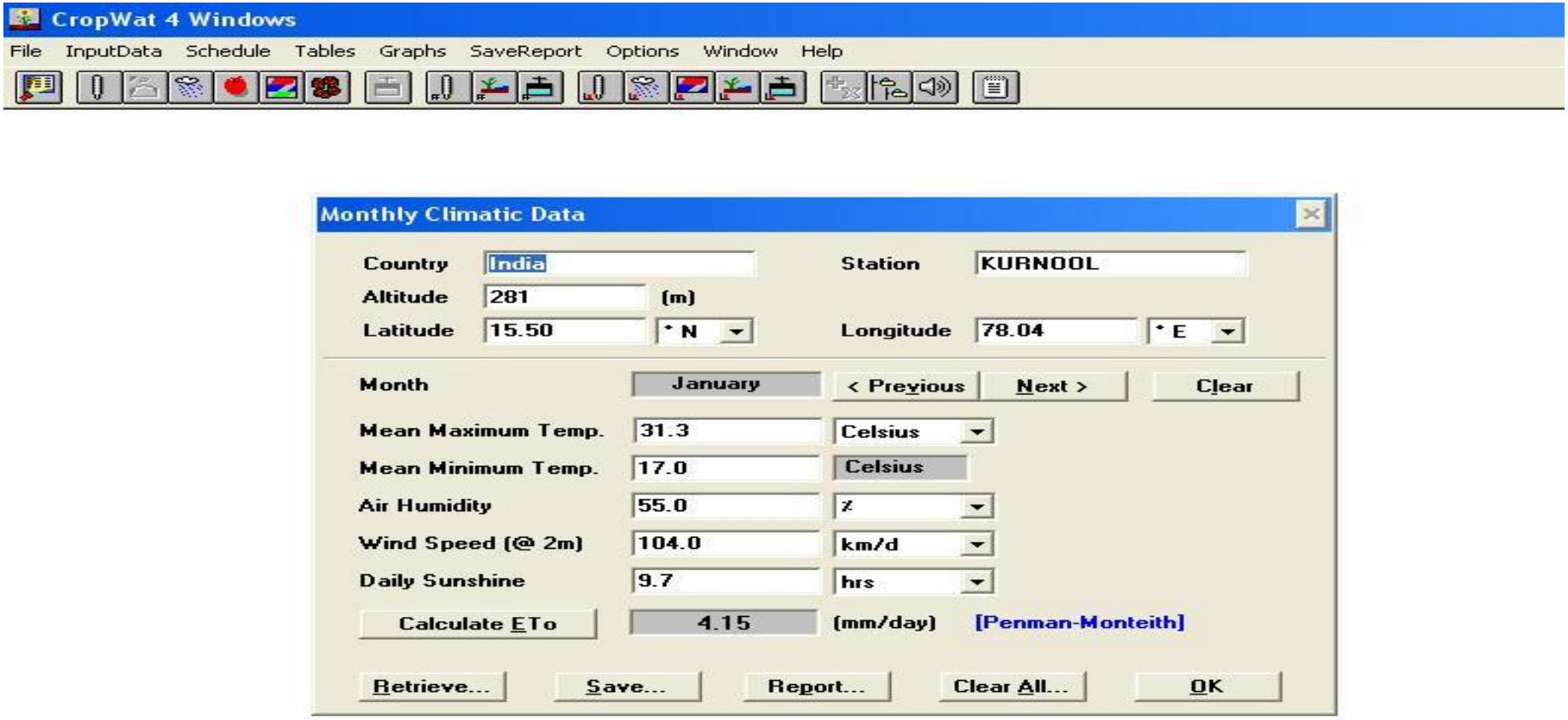
عن طريق اختيارهم من الشريط الفرعي

ومن ثم يمكن سلسلة طريقة العمل بالبرنامج كالآتي مثلاً

[١] إدخال بيانات المناخ لمنطقة معينة(الإسكندرية) وهي ملفات تم تنزليها من طريقة منظمة الفاو FAO وهي تعبر عن متوسط ٢٠ سنة ماضية (١٩٨٥-٢٠٠٥)

وذلك عن طريق الضغط على أيكونة المناخ أو الضغط على Input Date ثم اختيار Climate والضغط على (Enter/Modify)

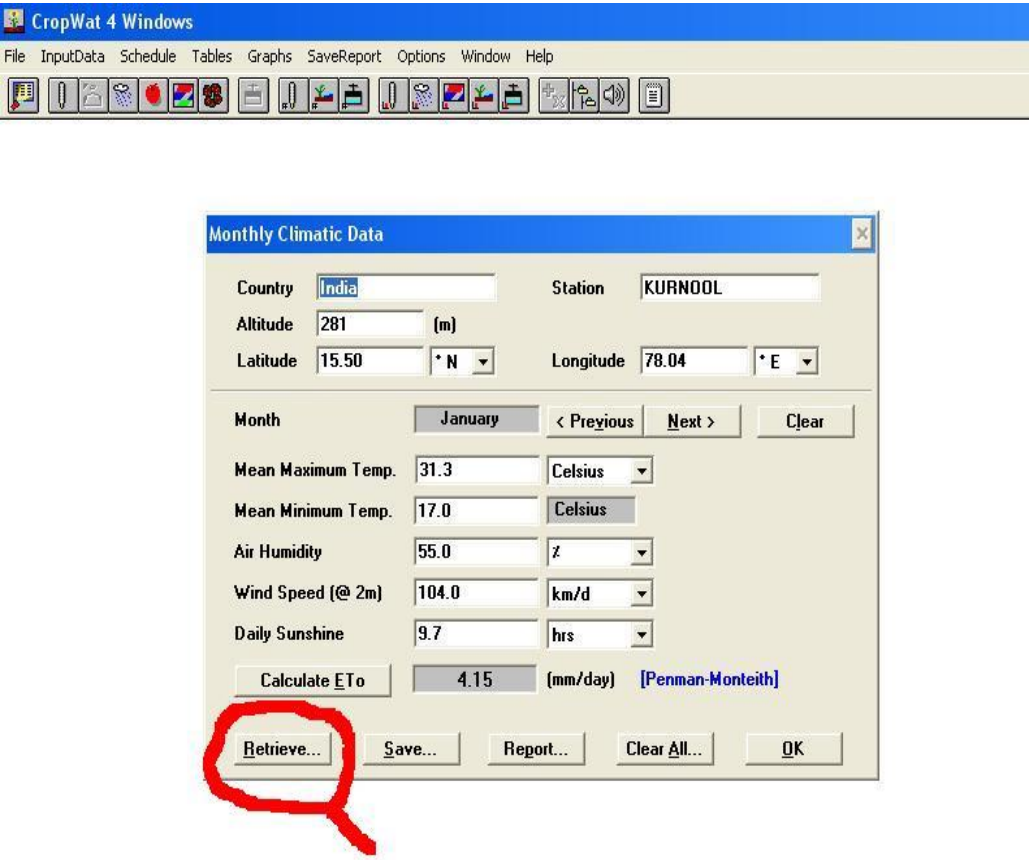
وتظهر النافذة التالية



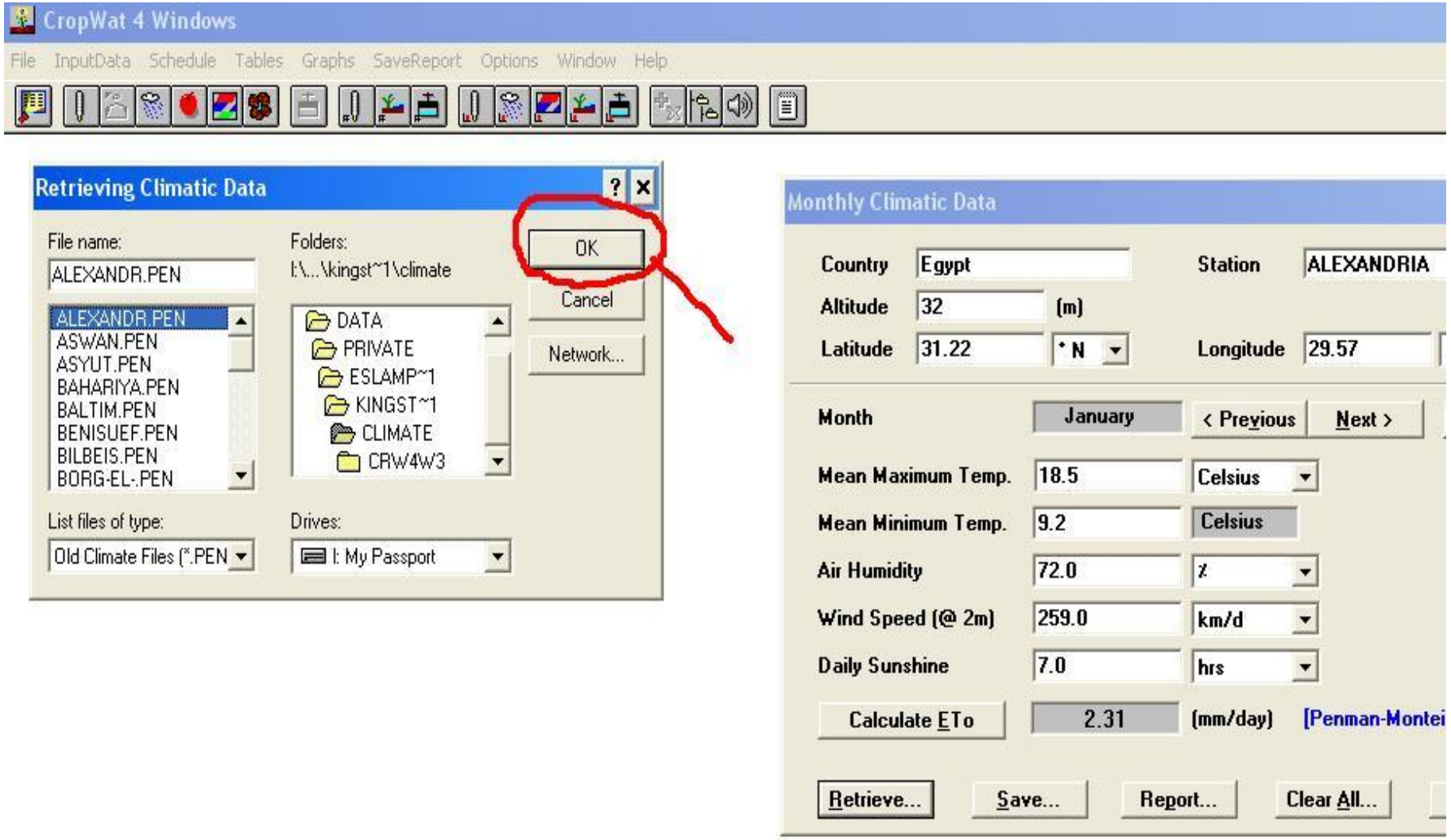
ويتم من خلالها تعريف أسم البلد ومحطة الأرصاد الجوية المستخدم منها قياسات المناخ

ويتم إدخال البيانات يدوياً أو عن طريق استرجاعها إذا كان سبق وتم إدخالها أو تخزينها في صورة ملف بيانات امتداده(PEN. *)

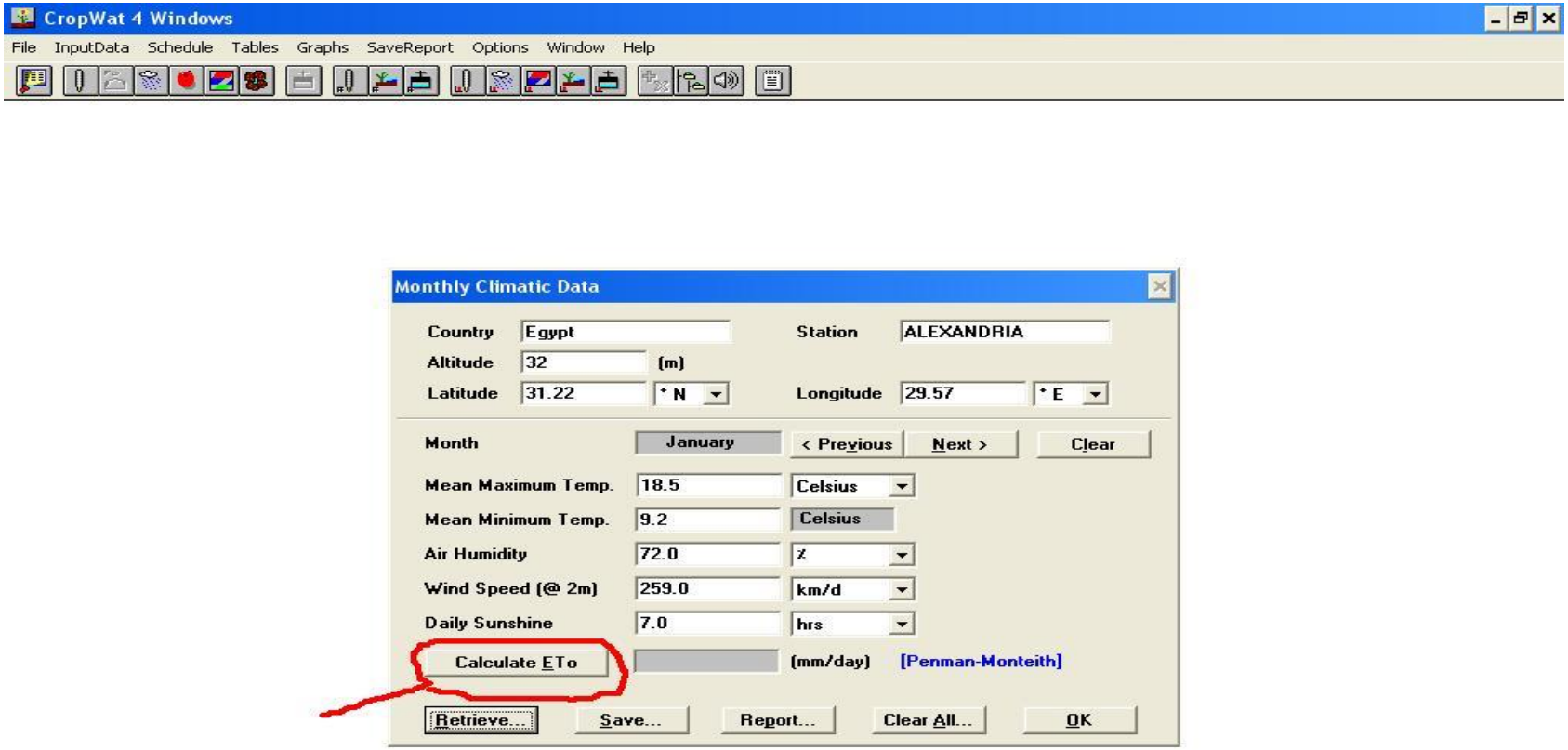
وذلك عن طريق الضغط على (Retrieve) من النافذة أو عن طريق الشريط الأساسي InputData ومن ثم Climate ثم الضغط واختيار(Retrieve).



ويتم تحديد الملف واختياره من مكان تخزينه والضغط على (ok) في نافذة الاختيار.



إذا لم تكن متوافرة بيانات البخر نتح فيمكن حسابه عن طريق الضغط على (Calculate ETO) في نافذة إدخال بيانات المناخ لكل شهر بجانب إدخال البيانات من ثم يتم حساب قيمة البخر نتح اعتمادا على معادلة Penman-Monteith أتوماتيكياً من قبل البرنامج.

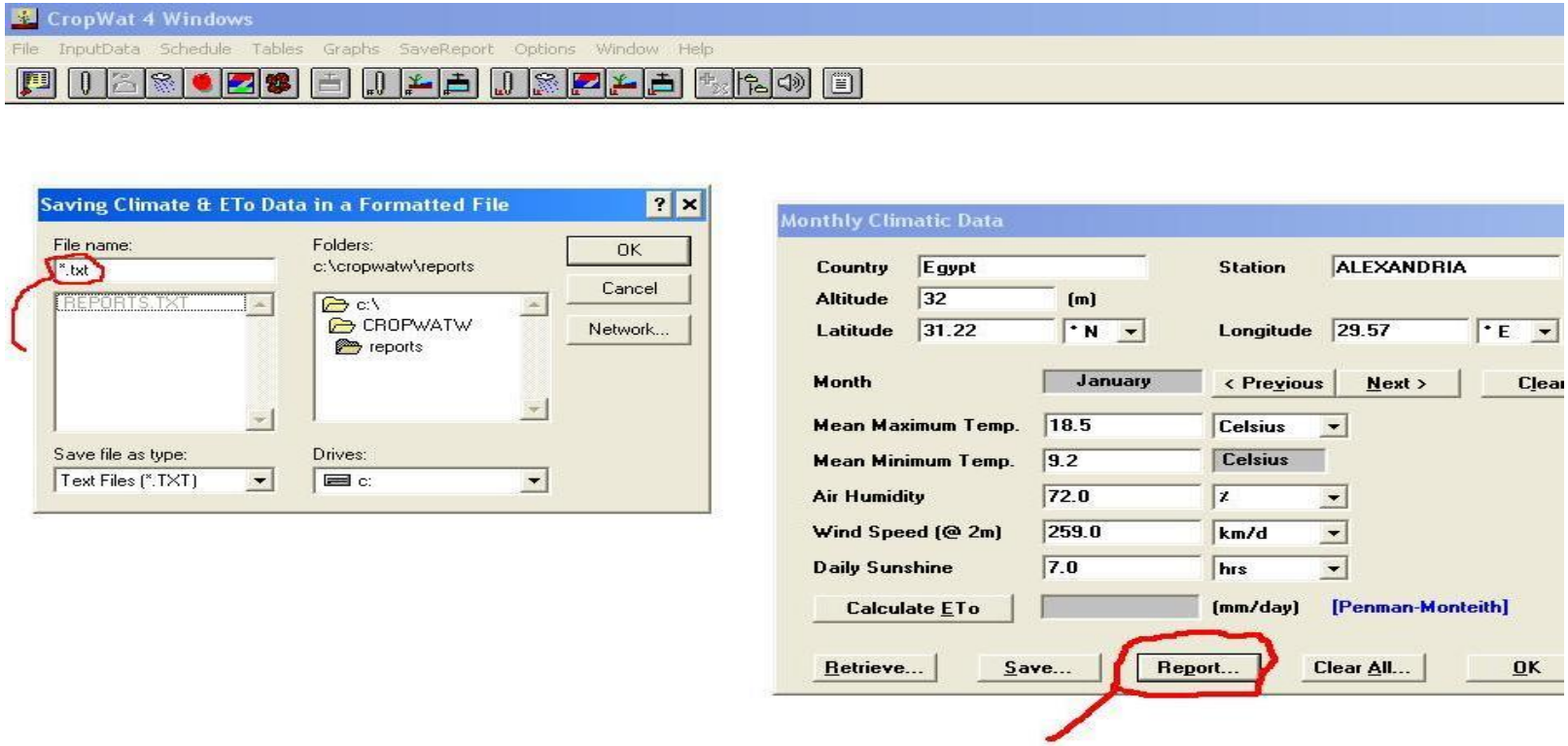


ويمكن بعد ذلك أما حفظ أو تخزين البيانات في صورة ملفات نصية أو منحنيات يتم طباعتها.

ملحوظة:

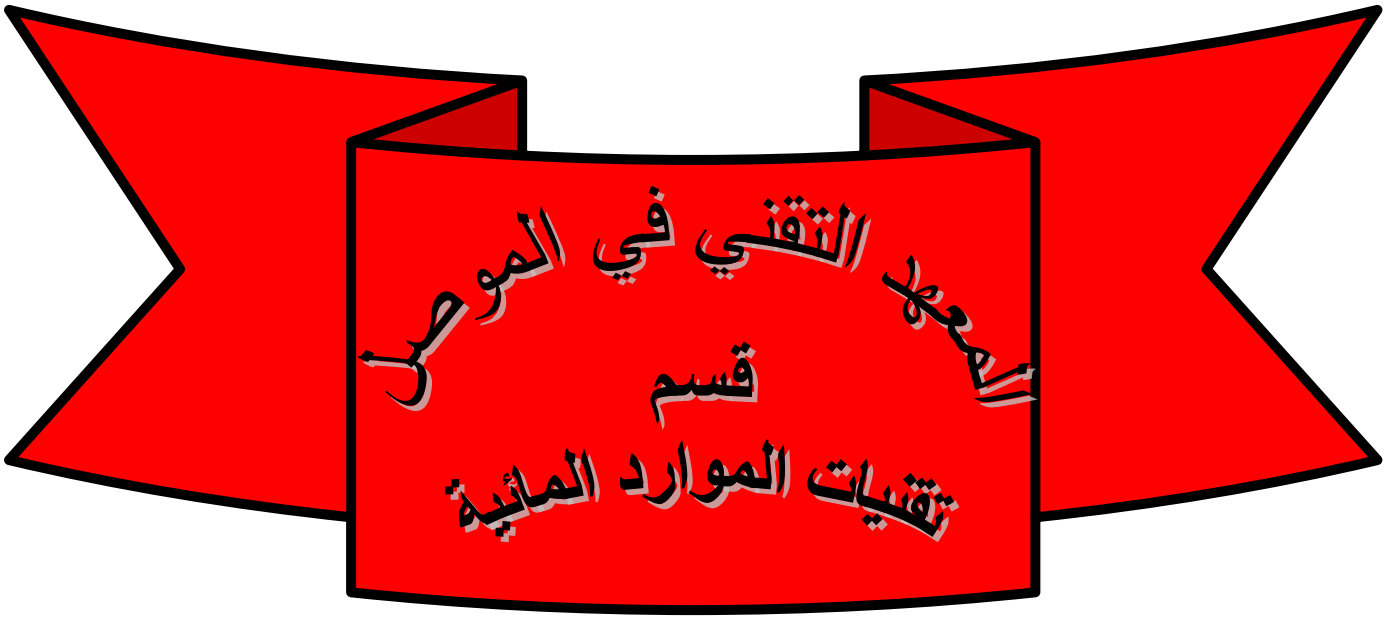
إذا تم الضغط على (Save) أو حفظ يتم تخزين البيانات في صورة ملفات امتدادها (PEN) لا يتم فتحها إلا عن طريق (Crop Wat)

إذا تم الضغط على (Report) أو تقرير يتم حفظ البيانات في ملفات امتدادها (TXT) وهي ملفات نصية تحتوي على البيانات لاستخدامها استخدام آخر



شكرا لحسن استماعكم

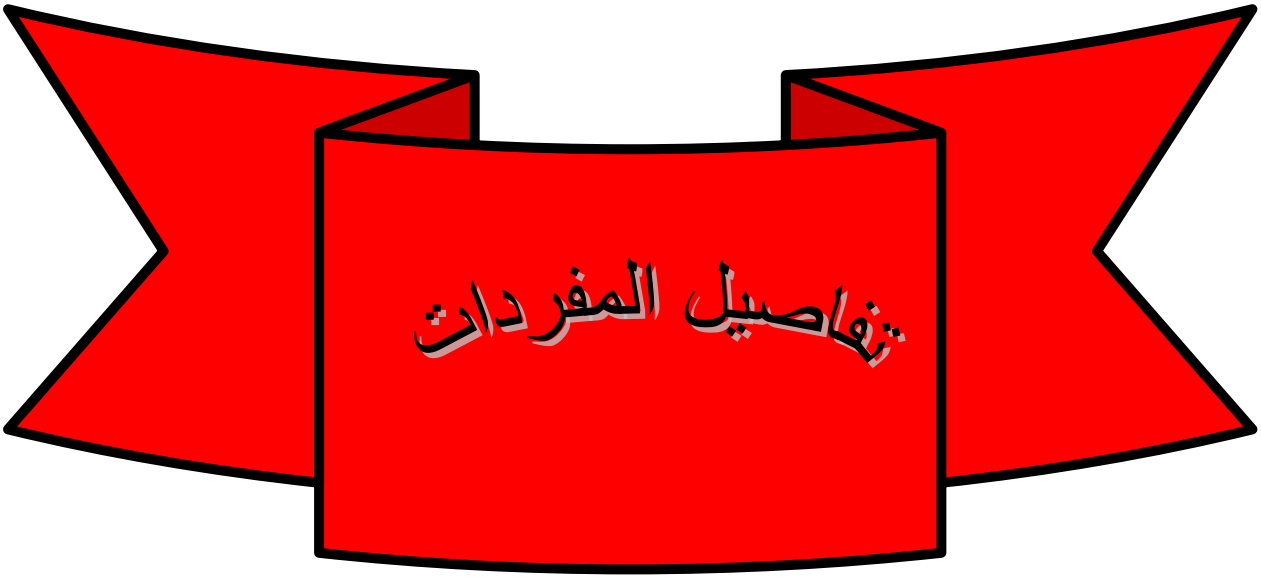
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ العراق
هيئة التعليم التقني
المعهد التقني/ الموصل



الحقيبة التعليمية
E-Packag e

لمادة مبادئ الري/ المرحلة الأولى

إعداد
الدكتورة افتخار عبد الجواد العاني
أستاذ مساعد



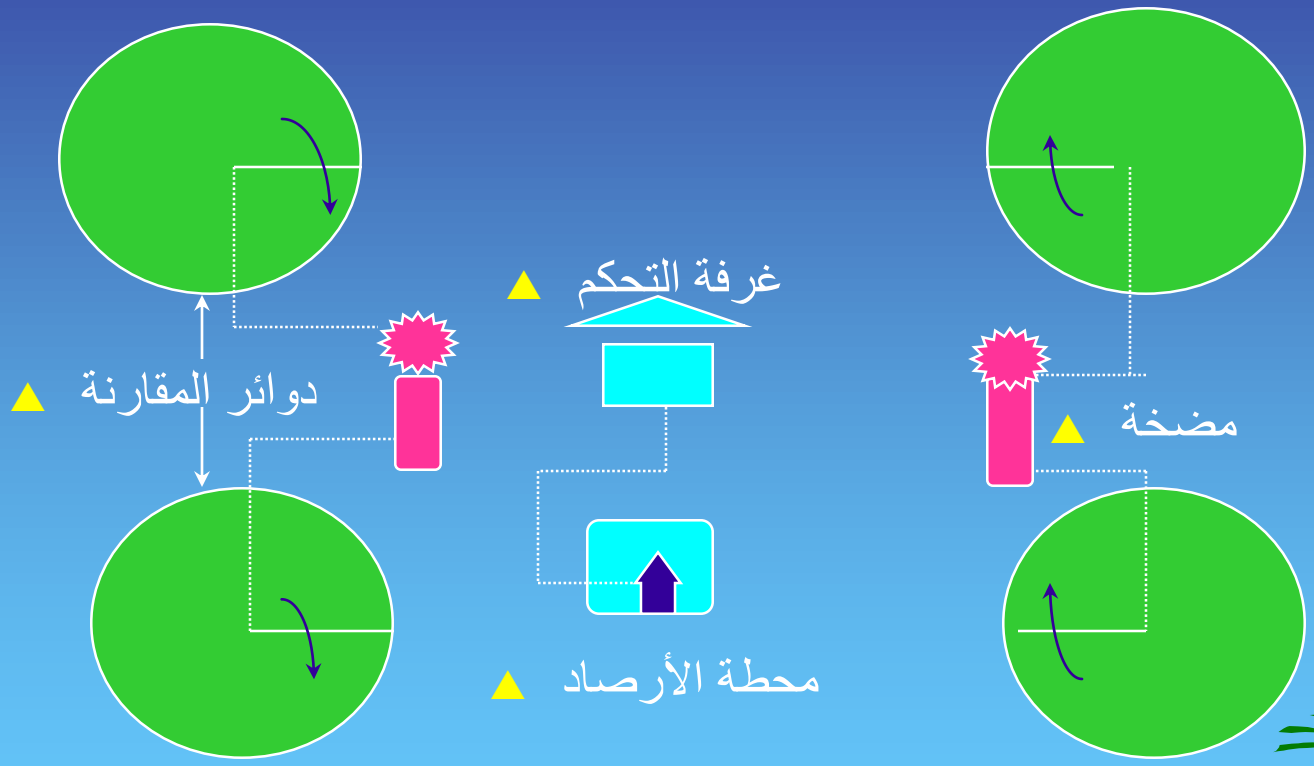
المفردات النظرية

الأسبوع	تفاصيل المفردات
الأول	علم الري، تعريفه، فوائد الري، فكرة عن أنواع الري
الثاني - الثالث	التربة ، الصفات الفيزياوية للتربة ، أنواع المياه في التربة ، قابلية التربة لحفظ المياه ، تصنيف التربة
الرابع	السعة الحقلية، نقطة الذبول، الإشباع، الماء المتوفر وغير المتوفر
الخامس	رطوبة التربة وطرق قياسها
السادس - السابع	غيض الماء والتسرب ، علاقة التربة بالغيض ،تجهيز مياه الري
الثامن - التاسع	الاستهلاك المائي وطرق قياسه
العاشر –الحادي عشر	المقنن المائي ، حساب العمق الاروائي ، تحديد عمق وفترات الري ، كفاءة الري
الثاني عشر – الثالث	حساب المقاطع للقنوات المفتوحة والتصريف باستخدام

عشر	معادلات (مانك ، شيزي ، دارسي ، المقطع الهيدروليكي الامثل
الرابع عشر – الخامس عشر	المسوح الحقلية لمشاريع الري والبزل . التخطيط العام لشبكات الري والبزل
السادس عشر – السابع عشر	مناسيب القنوات المفتوحة ، رسم المقاطع الطولية والعرضية للقنوات
الثامن عشر	الرشح من القنوات
التاسع عشر - العشرون	تطبيق القنوات ، فوائده ، أنواع التبطين ، المواد المستعملة في التبطين
الحادي والعشرون-الثالث والعشرون	أعمال التعديل والتسوية للأراضي (حساب أعمال الحفر والردم)
الرابع والعشرون-الخامس والعشرون	الري السطحي
السادس والعشرون	الري الشريطي
السابع والعشرون – الثامن والعشرون	الري بالمروز
التاسع والعشرون – الثلاثون	تطبيقات الحاسبة حول مادة الري

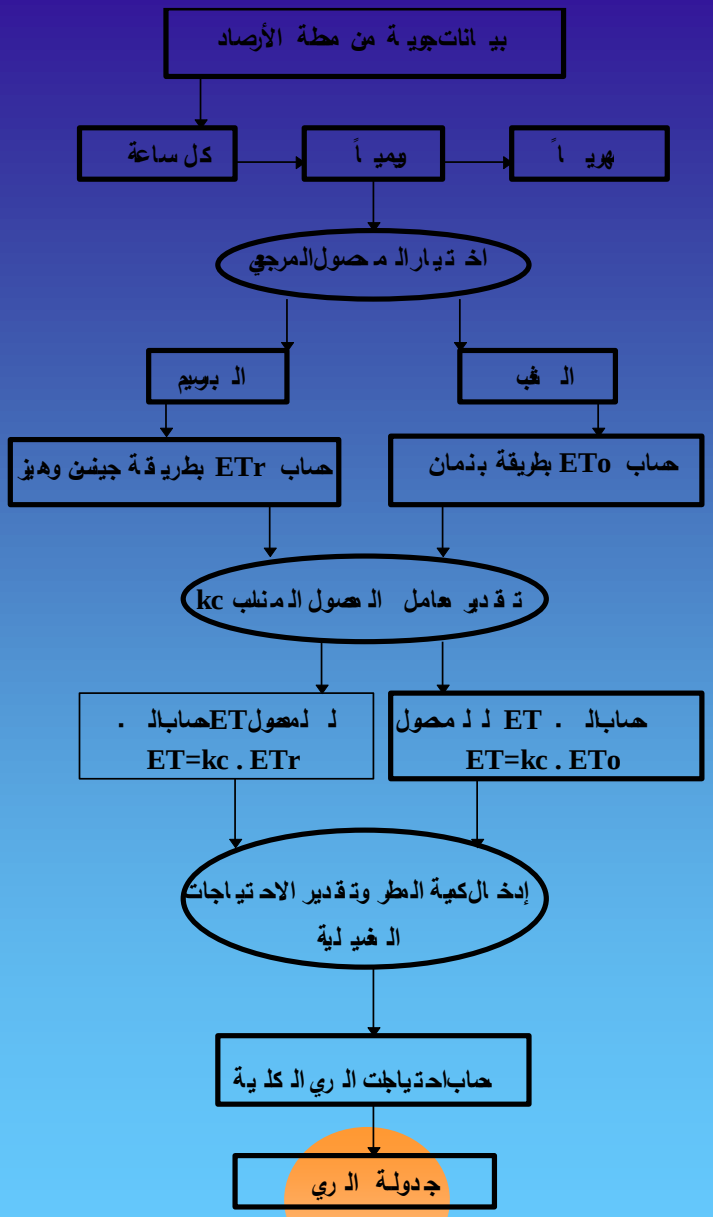
جدولة الري

جدولة الري باستخدام محطة الأرصاد الآلية



طريقة جينسن و هيز لتقدير التبخر - نتح المرجعي ETr

$$ET_r = 0.245\left(\frac{t + 10.03}{595 - 0.51t}\right)R_s$$


بيانات جوية من محطة الأرصاد
كل ساعة
يومياً
شهرياً
اختيار المحصول المرجعي
الحقل
البوسيم
حساب ETo بطريقة بنمان
حساب ETr بطريقة جينسن وهيز
تقدير عامل المحصول المنسلب kc
حساب ET للمحصول
ET=kc . ETo
حساب ET للمحصول
ET=kc . ETr
إدخال كمية المطر وتقدير الاحتياجات الفعلية
حساب احتياجات الري الكلية
جدولة الري

وظائف برنامج الحاسوب المطور

- جمع البيانات ومعالجتها-
- استرجاع البيانات لغرض حساب ETo
- اتخاذ قرارات البدء أو ايقاف عملية الري
- رصد البيانات الجوية وتهيئتها بشكل تقرير
- التحكم في تشغيل المضخة

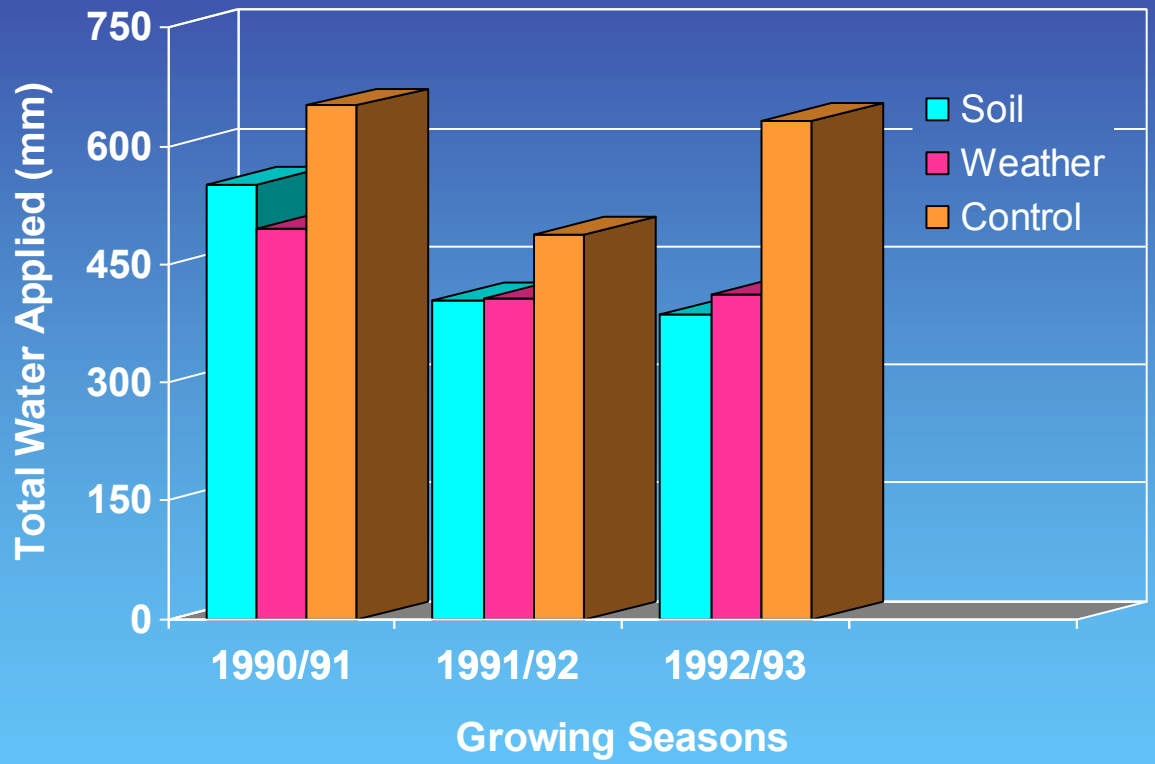
بعض النتائج والمؤشرات

- عدد الريات بالجدولة المعتمدة على البيانات الجوية =٣٣
- متوسط ساعات تشغيل الرشاشات ١٤٦٣ بينما في دوائر المقارنة كان ١٨١٨ ساعة
- متوسط المحصول بواسطة البرنامج كان ٧,٤ طن/هكتار بينما في دوائر المقارنة كان ٦,١ طن/هكتار
- الرطوبة في مقطع التربة ولعمق متر واحد كانت موزعة بانتظام على امتداد المقطع طيلة موسم الزراعة

خلاصة لبعض الاستنتاجات

- يوفر هذا النظام كميات كبيرة من المياه
- يمكن اتباع نظام جدولة ري ملائمة باستخدام التقنية الحديثة والبسيطة لقياس العوامل اللازمة في تحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل بطرق غير مباشرة
- اظهرت معادلة بنمان بملائمتها لجدولة الري تحت الظروف الجافة
- تعتمد دقة هذه المعادلة على مدى دقة أخذ القياسات للعناصر الجوية

كميات المياه المضافة للمعاملات الثلاث



معادلة بنمان المعدلة (FAO)

- Eto = {w.Rn+(1-w).f(u).(es-ea)}

$$w = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$$

$$f(u) = 0.27(1 + U / 100)$$

$$es = e^{17.27(T+237.3)}$$

$$ea = es.Rh / 100$$

$$C = 0.6817 + 0.0028RH_{\max} + 0.01877.Rs - 0.0682.U_{day} + 0.0097.U_{day} \times (U_{day} / U_{night}) + 0.43025 \times 10^{-4} \times RH_{\max} \times Rs$$

ايجاد التبخر- نتح للمحصول (Etc)

- ETc = ETo . Kc

$$Kc = K_{cb} + (1 - K_{cb})[1 - (t / t_d)^{0.5}]$$

$$t_d = 1.1428 + 0.02381.TAW$$

طريقة الجدولة

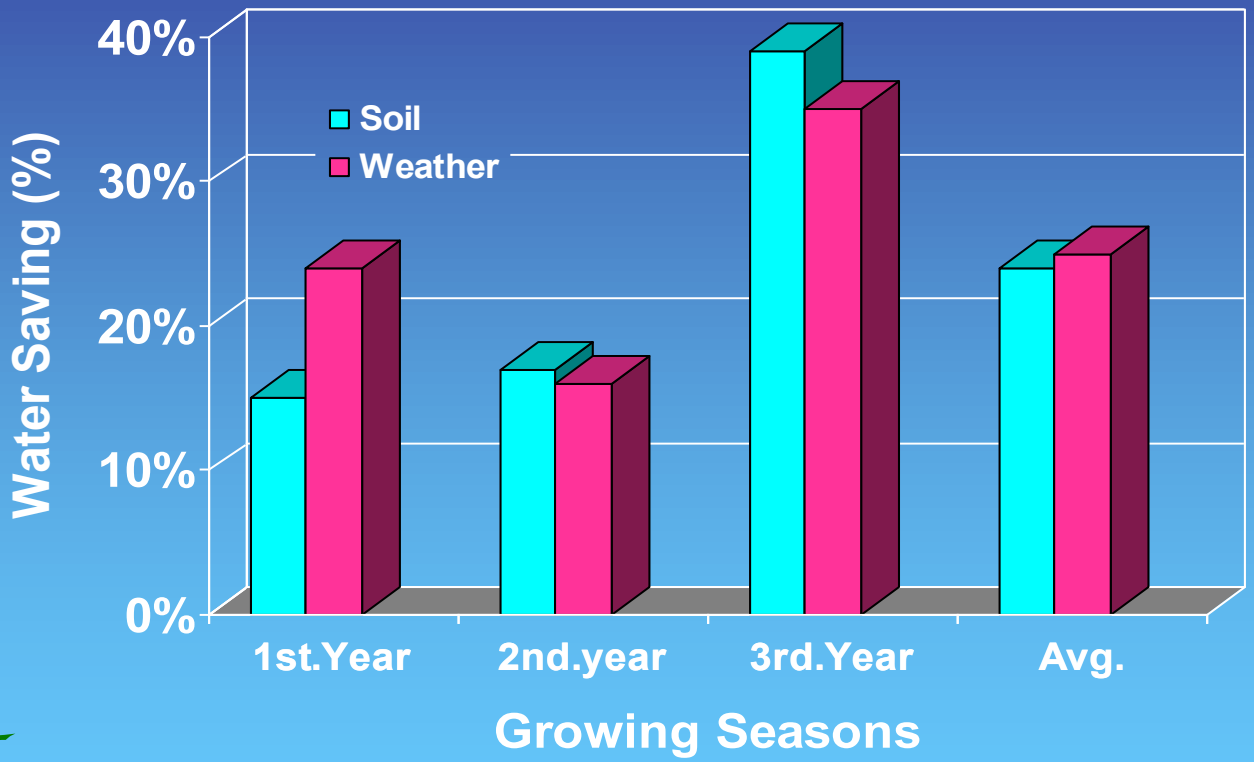
$$D_{(i)} = D(i-1) + ETc - I(i) - P(i)$$

$$D(T) = \sum_{i=1}^{n} D(i)$$

$$RAW = TAW \times MAD$$

$$N_{at\ speed\ x} = 0.4 D_n . x$$

نسبة وفر الماء بالمقارنة مع الري التقليدي



أهداف الدراسة

- تطوير برنامج لجدولة الري بالرشاشات المحورية باستخدام البيانات الجوية تحت الظروف المناخية الجافة
- مقارنة الاستهلاك المائي وإنتاجية المحاصيل بهذه الطريقة مع الطريقة المتبعة في المنطقة
- دراسة التوزيع المائي في قطاع التربة نتيجة لتطبيق الجدولة المطورة بهذه الطريقة
- مقارنة واختيار المعادلات المناسبة لظروف المنطقة